

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS HATÁRTERÜLETEI

CSUHAJ VARJÚ ERZSÉBET
DOBROWIECKI TADEUSZ
DOMBI JÓZSEF
DÖMÖLKI BÁLINT
EGRI-NAGY ATTILA
ÉRDI PÉTER
FEKETE ISTVÁN
FUTÓ IVÁN
GERGELY TAMÁS
GREGORICS TIBOR
GULYÁS LÁSZLÓ
ISTENES ZOLTÁN
JELASITY MÁRK
KAMPIS GYÖRGY
KUTOR LÁSZLÓ
LŐRINCZ ANDRÁS
MÉRŐ LÁSZLÓ
MOLNÁR BÁLINT
MONOSTORI LÁSZLÓ
PRÓSZÉKY GÁBOR
RUTTKAY ZSÓFIA
SÁNTÁNE-TÓTH EDIT
SZEPESVÁRI CSABA
SZEREDI PÉTER

INTERJÚK KUTATÁSSAL

F. (szerk.) Mesterséges
ia és határterületei
al közös kiadás)

usztus



AKADÉMIAI KIADÓ

**MESTERSÉGES INTELLIGENCIA
ÉS HATÁRTERÜLETEI**



MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS HATÁRTERÜLETEI

INTERJÚK KUTATÓKKAL



AKADÉMIAI KIADÓ

Szerkesztette Kömlődi Ferenc
Az előszót írta: Tatai Gábor

ISBN 978 963 05 8218 6

Kiadja az Akadémiai Kiadó
az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 19.
www.akkrt.hu
www.szakkonyv.hu

Első magyar nyelvű kiadás: 2007

© AITIA International Zrt., 2007
© Akadémiai Kiadó, 2006

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás,
a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát,
az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó igazgatója
Nyomdai előkészítés: AITIA Design Stúdió
A nyomdai munkálatokat a Kaloprint Nyomda Kft. végezte
Felelős vezető a Kaloprint Nyomda Kft. ügyvezető igazgatója
Kiadványszám: KMA4-138
Megjelent 21,45 (A/5) ív terjedelemben

Tartalomjegyzék

Előszó.....	7
<i>Csuhaj Varjú Erzsébet</i> Multi-ágens rendszerek formális nyelvi alapon.....	9
<i>Tadeusz Dobrowiecki</i> Méréstechnikai alkalmazások, orvosbiológiai informatika.....	16
<i>Dombi József</i> Fuzzy rendszerek, adatbányászat, döntések modellezése.....	26
<i>Dömölki Bálint</i> Az M3-tól a magyar informatikai stratégiáig.....	38
<i>Egri-Nagy Attila</i> Mesterséges élet és megértés.....	45
<i>Érdi Péter</i> Interdiszciplinaritás, komplex rendszerek.....	51
<i>Fekete István</i> Algoritmusok és adatszerkezetek az oktatásban.....	60
<i>Futó Iván</i> A számítógépes szimulációtól az elektronikus aláírásig.....	67
<i>Gergely Tamás</i> Kognitív rendszerek, alkalmazott logika.....	76
<i>Gregorics Tibor</i> Keresési algoritmusok, programozási módszertan.....	82
<i>Gulyás László</i> Szimuláció, önszerveződés, multi-ágens rendszerek.....	89
<i>Istenes Zoltán</i> Lego-robotok, robotfoci.....	96
<i>Jelasity Márk</i> Autonóm számítások, önmenedzselő rendszerek, pletyka.....	103
<i>Kampis György</i> Természetes és mesterséges szerveződések.....	112

<i>Kutor László</i>	
Mesterségesintelligencia-oktatás.....	121
<i>Lőrincz András</i>	
Neurobiológia, intelligens rendszerek és alkalmazások.....	129
<i>Mérő László</i>	
Kereső algoritmusok, memetika, játékok.....	137
<i>Molnár Bálint</i>	
Ismeretalapú rendszerek.....	143
<i>Monostori László</i>	
Intelligens gyártási és üzleti folyamatok.....	153
<i>Prószéky Gábor</i>	
Számítógépes nyelvészet.....	158
<i>Ruttkay Zsófia</i>	
Interaktív virtuális emberek.....	167
<i>Sántáné-Tóth Edit</i>	
Zeneiskolától a szakértő rendszerekig.....	175
<i>Szűcs Csaba</i>	
Gépi tanulás.....	183
<i>Szeredi Péter</i>	
Prolog, deklaratív programozás.....	191
<i>Tatai Gábor</i>	
Reaktív rendszerek, érzelmi modellezés.....	199
<i>Vámos Tibor</i>	
Számítástudomány filozófiai alapokon.....	211
<i>Vámosy Zoltán</i>	
Mobil robotok, robotlátás.....	217
<i>Váncza József</i>	
Technológiai tervezés, terméktervezés.....	224
<i>Varga László Zsolt</i>	
Elosztott rendszerek, ágenshálózatok.....	230
<i>Vicsek Tamás</i>	
Fraktáloktól a viselkedésmodellezésig.....	236

Előszó

A mesterséges intelligencia területén nemzetközi színvonalú kutatás-fejlesztési munkát végző magyar tudósok interjúkötetét tartja kezében a kedves olvasó.

A kötet célja a mesterséges intelligencia aktuális helyzetének közérthető áttekintése, a magyar kutatók eredményeinek és életének bemutatása, továbbá fiatalok és idősök inspirálása, hogy foglalkozzanak a témakörrel.

A mesterséges intelligencia tudományterülete múlt század közepén történt keletkezése óta mindig is az általános érdeklődés fókuszában volt. A gép és ember versengése: „Legyőzi-e a gép az embert?“, „Okosabb lesz-e a gép, mint az ember?“, „Átveszik-e a robotok az uralmat a földön és ha igen, mikor?“ és hasonló kérdések még régebb óta adnak témát tudományos-fantasztikus regények íróitól kezdve, filozófusokon és társadalomtudósokon át a köznapi beszélgetésekig sokaknak. Ebben a könyvben a fenti kérdésekre nem kap választ az olvasó.

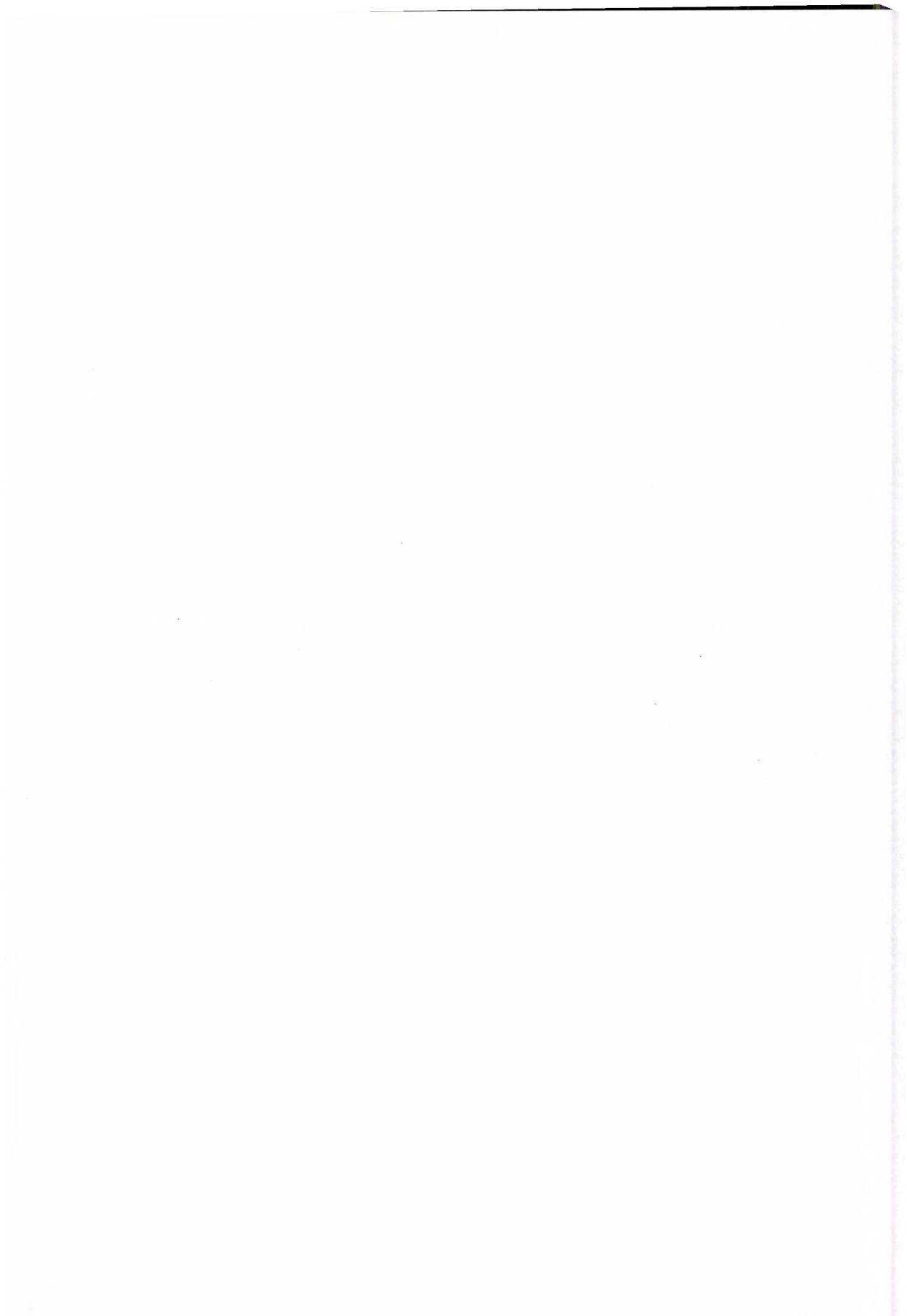
A közhiedelmeket, az általános jövőképet jórészt a hatásvadász média formálja. Kevés lehetősége van a tényleges kutatást végzőknek a széles körű szemléletformáló megjelenésre. Ezért ez a hiánypótló könyv arról szól, hogy hol tart valójában a mesterséges intelligencia és mi az, amit ténylegesen várhatunk tőle a következő években. A bemutatást az teszi hitelesebbé, hogy aktív kutatók saját élettörténetükön, gondolataik fejlődésén keresztül villantják fel a legfontosabbnak tartott területeket. Mindezt a laikus számára is érthetően, de a szakértők számára is érdekesen teszik. Ebben segít az interjú kicsit szabadabb műfaja is, melyet Kömlődi Ferenc jövőkutató és újságíró gyakorlott tolla (billentyűzete) terelt mederbe. Mindehhez a mesterséges intelligencia és a jövő technológiák eredményeit népszerűsítő Ágens-portál – www.agent.ai – adott lehetőséget.

Kötetünkben igyekeztünk megszólaltatni azokat a magyar kutatókat, akik valamilyen okból nagy hatással voltak erre a területre napjainkban. Mint minden válogatás, ez is esetleges. Természetesen – és szerencsére – sokan mások is számos eredményt tudnak felmutatni ebben a tudományágban. Ezúton is köszönöm mindazoknak, akik vállalkoztak az interjúra, és a többi kollégának is az eddigi és jövőbeni munkáját.

A kedves olvasónak pedig sok inspirációt kívánok ehhez az intellektuális kalandtúrához.

Tatai Gábor

Cambridge, 2006



Csuhaj Varjú Erzsébet

Multi-ágens rendszerek – formális nyelvi alapon

Csuhaj Varjú Erzsébet a KLTE matematikus szakán végzett 1977-ben. 1993-tól a matematikatudomány kandidátusa, 2003-tól az MTA doktora. 1979 óta dolgozik a SZTAKI-ban. Jelenleg az intézet tudományos tanácsadója, az Elméleti Számítástudományi Kutatócsoport vezetője. Érdeklődési köre szerteágazó, a formális nyelvtől a természet által motivált kiszámítási modellekig az elméleti számítástudomány több határterületére kiterjed. Ezek némelyike a mesterséges intelligencia kutatást is érinti.



Matematikusként kezdte. Mennyire határozza meg a matematikusszemlélet az MI területén folytatott kutatásait?

Engedje meg, hogy először pontosítsak. Nem az MI területén végeztem és végzek jelenleg is kutatásokat, hanem többek között az elméleti számítástudomány olyan részterületein, amelyek indíttatásul az MI egyes, az érdeklődés középpontjában álló problémái állnak. Így például foglalkozom multiágens rendszerek formális modellezésével, az osztott kooperatív rendszerek és viselkedésük szintaktikai jellemzőinek vizsgálatával. Mint matematikus törekszem arra, hogy minél egzaktabb megközelítéseket adjak, illetve hogy minél pontosabban és meggyőzőbben írjam le absztrakt eszközökkel ezen rendszerek lényegét, általános és/vagy közös jellemzőit. Így nemcsak matematikusként kezdtem, hanem az is vagyok, olyan matematikus, akinek szakterülete az elméleti számítástudomány és annak egyes határterületei.

Érdeklődési körként a formális nyelvek elméletét, a multiágens, illetve az osztott és kooperatív rendszereket, a természetmotivált számítástudományt, valamint a természetes nyelvek gépi feldolgozását jelölte meg. Milyen pontokon kapcsolódnak ezek egymáshoz?

A formális nyelvek elméletén keresztül, amelynek eszköztárát használom multiágens rendszerek, valamint biológiai indíttatású rendszerek és viselkedésük leírására, illetve ezen eszközök használhatóságát szeretném tanulmányozni a természetes nyelvek matematikai (formális) modellezésében.

A formális nyelvek elmélete a számítástudomány egyik legrégebbi, tradicionális ága. Talán megengedik nekem azt az egyszerűsítést, hogy azt mondjam, ez az elmélet szimbólumsorozatok – azaz szavak –, a belőlük alkotott halmazok – azaz nyelvek –, valamint nyelvosztályok leírásával és tulajdonságaival

foglalkozik. A nyelvek meghatározása többféle módon történhet. Például Turing-gépek segítségével, ez esetben a Turing-gépek által elfogadott nyelvekről beszélünk, de történhet ún. grammatikák segítségével is, amikor egy véges elem-ből álló szabályrendszert adunk meg, amely szabályok megfelelő alkalmazásával egy adott szóból kiindulva a nyelv minden egyes szavát előállíthatjuk, de más, a nyelvhez nem tartozó szavakat nem.

Ezek a grammatikák vagy szabályrendszerek a nyelv meghatározásának egyik természetes módját jelentik. Gondoljunk csak arra, hogy a természetes nyelvek sajátosságaiból kiindulva vonatkoztatta el Noam Chomsky a generatív grammatika fogalmát, amely mint felismerés és fogalomalkotás a formális nyelvek tudományágának egyik kiindulópontja lett. Könnyen mondhatja valaki erre, hogy valóban, a természetes nyelvek modellezésében elképzelhető valamiféle létjogosultsága ennek a megközelítésnek. De miféle alapja lehet annak a gondolatnak, hogy multiágens rendszerek leírására használjunk nyelveket és grammatikákat? A válasz erre a következőkben foglalható össze.

Az ágensek, amelyek lehetnek tudásforrások, biológiai egyedek vagy egyéb más, viselkedést mutató entitások, leírhatók, modellezhetők az őket működtető szabályok együttesével.

(Természetesen ezek a szabályrendszerek sohasem a teljesség igényével adóttak, hanem valamilyen szempontból elvonatkoztatott, egyszerűsített szabályokról van szó). A szabályhalmazok, azaz a grammatikák működésük során szavakat határoznak meg, amely szavakat úgy tekintjük, mint az ágensek és adott környezetük viselkedésének leírását. Ily módon szintaktikai eszközökkel jellemezni tudjuk egy ágensközösség, egy multiágens rendszer viselkedését, le tudjuk írni sajátosságait.

Meg kell jegyezmem, hogy a szabályokat a legáltalánosabb értelemben vesszük: a programnyelvek utasításaitól kezdve a biológiai egyedek fejlődését, illetve viselkedését leíró (egyszerűsített és formalizált) szabályokat is beleértve.

Ez a gondolat, vagyis hogy a multiágens rendszereket, illetve viselkedésüket leírhatjuk együttműködő grammatikák segítségével, vezetett a formális nyelvek „grammatikarendszerek” elnevezésű elismert tárgykörének kiépítéséhez. E terület egyik elindítója és meghatározó művelője voltam, és jelenleg is vagyok. Azt mondhatjuk, hogy a grammatikarendszerek elmélete nem egyéb, mint a multiágens rendszerek elméletének formális nyelvi, szintaktikai megfelelője.

Milyen kutatásokat végzett a formális nyelvek, valamint a természetesnyelv-feldolgozás terén?

A természetes nyelvek gépi feldolgozása területén konkrét kutatásokat nem végeztem, bár tervezek kutatásokat a jövőben. Néhány dolgozatot írtam a természetes nyelvek matematikai modellezése tárgykörében. Szerzőtársaimmal

együtt azt vizsgáltam, hogyan alkalmazhatók az előbb említett „grammatikarendszerek” tárgykör eszközei a pragmatikában, a dialógusok, illetve az együtt élő kulturális, nyelvi közösségek viselkedésének modellezésében.

A formális nyelvek elméletében kiterjedt kutatásokat végeztem.

Mint már az előbb említettem, egyik elindítója voltam a grammatikarendszerek elméletének, amelyet számos modellel és meghatározó eredménnyel gazdagítottam szerzőtársaimmal együtt.

Az elmélet kiindulópontjául az általam és Jürgen Dassow szerzőtársam által 1988-ban bevezetett kooperatív osztott grammatikarendszer fogalmát tekinthetjük, amely nem egyéb, mint az MI-kutatásból jól ismert tábla-architektúra egyik formális modellje. A tábla típusú problémamegoldó rendszerek esetében független, egymással közvetlenül információt nem cserélő ágensek úgy oldanak meg egy kitérőt problémát, hogy egy együttműködési protokoll előírásait követve felváltva módosítják egy közös adatbázis, az ún. tábla tartalmát. Ez az adatbázis tartalmazza minden időpillanatban a problémamegoldás folyamatára, illetve a megoldásra vonatkozó információkat. Az általunk bevezetett modellben az ágenseket grammatikákkal, a tábla tartalmát egy, a grammatikák által az együttműködési protokoll szerint időről időre módosított szóval jellemezzük.

A kooperatív osztott grammatikarendszer fogalma inspirálólágg hatott más kutatókra is, ami új modellek, kutatási irányok megjelenéséhez vezetett. Az eszköztár használhatónak bizonyult tudáshálózatok szintaktikai jellemzésére, de általa egyszerű reaktív rendszerek, vagy a mesterséges élet különböző paradigmái is modellezhetők voltak formális nyelvi eszközökkel. Jürgen Dassow mellett meg kívánom említeni Gheorghe Paun, Jozef Kelemen, illetve Alica Kelemenová kollégáinkat, akiknek tőlünk függetlenül vagy velünk együtt kidolgozott alapvető modellek létrehozását köszönhetjük, és akik számos fontos koncepcionális eredménnyel járultak hozzá a terület fejlesztéséhez. Ugyancsak meg szeretném említeni Vaszil György kollégámat, korábbi PhD-tanítványomat, aki jelentős munkásságot fejtett ki a grammatikarendszerek hálózatokat modellező részterületén.

A grammatikarendszerek elméletét egy nagyobb nemzetközi közösségen belül fejlesztettük ki elismert tárgykörre. Az érdeklődő olvasó csoportunk honlapján talál hasznos információkat (<http://www.sztaki.hu/tcs/>).

A történeti hűség kedvéért meg kell jegyezmem, hogy a kooperáló grammatikát mint terminológiát 1978-ban Grzegorz Rozenberg és Robert Meersman használta először, többszintű grammatikák, illetve konkurens operációs rendszerek modellezésére egy nemzetközi konferencián publikált dolgozatukban. A kutatásokat azonban nem folytatták. 1988-ban észrevettem, hogy az általuk bevezetett fogalom általánosítható, alkalmazható az osztott kooperatív rendszerek modellezésére. Ez a felismerés vezetett a kooperatív osztott grammatikarendszer fogalmának bevezetéséhez.

Az utóbbi időben a molekuláris számítástudomány modelljeivel is foglalkozom. Így például a DNS rekombinációs viselkedését utánozó műveletekre alapozott osztott struktúrák, a kémcsőrendszerek elméletével és a membránkiszámítások elméletével. Ez utóbbi egy rendkívül dinamikus fejlődő, nagyon pozitív nemzetközi visszhanggal rendelkező terület, amelyet Gheorghe Paun indított el 1998-ban. E kutatásokat vele és más külföldi társainkkal műveljük Vaszil György kollégámmal együtt.

Nagy megtiszteltetés számomra, hogy mind a DNS-kiszámításhoz kapcsolódóan, mind pedig a grammatikarendszerek egyes hálózat típusú modelljeinek területén együtt dolgozhatom Arto Salomaa professzorral, aki az elméleti számítástudomány, a formális nyelvek elméletének kimagasló, meghatározó alakja – többek között a Magyar Tudományos Akadémiának is tiszteletbeli tagja.

Munkásságom a formális nyelvek elméletén belül még egy nagyobb tárgykörhöz kapcsolódik: az úgynevezett leírási bonyolultság (*descriptive complexity*) elméletéhez, amely azt vizsgálja, hogy a nyelvosztályokat meghatározó eszközök – grammatikák vagy automaták – mennyire tömör leírását tudják adni a vizsgált nyelvosztály elemeinek. Megpróbálom a nyelvosztály elemeit előállító grammatikák paramétereit minimalizálni – ha ez lehetséges egyáltalán –, meghatározni, mire van szüksége a megfelelő grammatika osztálynak az adott kiszámítási erő eléréséhez. Ezek a kérdések azért érdekesek a multiágens rendszerek elmélete szempontjából, mert tulajdonképpen azt vizsgáljuk, hogy nagyon egyszerű, korlátozott méretű ágensek együttese mennyire bonyolult nyelvet, viselkedést tudnak meghatározni. Mennyire egyszerűsíthető le az ágens formális modellje ahhoz, hogy még alkalmas legyen bonyolult viselkedésű ágensközösségek leírására?

Mennyire?

Attól függ. A grammatikarendszerek elméletében számos nagyon érdekes eredmény található. Ilyen például Lucian Ilie és Arto Salomaa eredménye, amely kimondja, hogy a véges automatáknak megfelelő reguláris grammatikák bizonyos típusú – utasításra szűrőkön át információt cserélő komponensekkel rendelkező – hálózataik esetében már a három együttműködő grammatikából álló rendszerek is alkalmasak a Turing-gépek kiváltására. A reguláris grammatikák pedig köztudottan rendkívül egyszerűek. Ha az információcseré nem utasításra, hanem igény szerint történik, akkor is hasonló a helyzet. Vaszil György kollégámmal megmutattuk, hogy a párhuzamosan dolgozó és igény szerint kommunikáló környezetfüggetlen grammatikák hálózatai a Turing-gépekkel egyenlő erejű kiszámítási eszközök, sőt, még olyan grammatikákból álló csoportok is képesek ezt az erőt felmutatni, ahol a grammatikák legfeljebb hét szabállyal rendelkeznek. Ha a szabályok számát nem korlátozzuk, akkor a hálózat elemeinek számát korlátozhatjuk egy kis konstanssal. A környezetfüggetlen grammatikák szintén viszonylag kiszámítási erőt képviselnek.

Ön vezeti a az Elméleti Számítástudományi Kutatócsoportot, korábbi nevén Multiágens Rendszerek Modellézése Kutatócsoportot.

1997-ben adódott az önálló csoport létrehozásának lehetősége. Volt tanítványommal, a kiváló kutató Vaszil Györggyel jelenleg ketten vagyunk törzstagok, de a csoport létszáma időről időre változik, hiszen hazai és külföldi PhD-hallgatók csatlakoznak hozzánk.

Így kitűnő tanítványom és munkatársunk volt Csima Judit, aki ma a Műegyetemen adjunktus, María Dolores Jiménez-López, aki jelenleg a tarragonai Rovira I Virgili Egyetem (Spanyolország) tanára, valamint Maurice H. ter Beek Hollandiából, aki először mint diplomamunkáját író végzős egyetemi vendéghallgató, majd mint ERCIM ösztöndíjas posztdoktor dolgozott csoportunkban. Jelenleg a pisai CNR kutatóintézetben tudományos munkatárs.

Csoportunk kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszerrel rendelkezik, külföldi kollégáink rendszeresen ellátogatnak hozzánk hosszabb-rövidebb időre közös kutatás céljából. Nagyon fontosnak tartom, hogy ne csak a hazai kutatók utazzanak külföldi tanulmányutakra, hanem fordított irányú áramlás is legyen, azaz építsünk ki olyan kutatóhelyeket, teremtsünk olyan feltételeket, hogy a külföldi kutatók is örömmel látogassanak el hozzánk. Különösen fontos ez most, hogy hazánk az Európai Unió tagja lett. Természetesen intenzív kapcsolatban állunk a hazai kutatóhelyekkel, egyetemekkel is. Időről időre tanítunk, jómagam pedig az ELTE Informatikai Doktori Iskolájában is aktívan tevékenykedem, tagja vagyok a doktori tanácsnak, és egyike vagyok az iskola külső alapító tagjainak.

Mely eddigi projektjeit tartja a legjelentősebbeknek?

Minthogy alapkutatóval foglalkozunk, talán nem használnám a projekt szót, beszéljünk inkább támogatott kutatási programokról. Munkáinkat támogatta, és jelenleg is támogatja az OTKA, tagjai vagyunk egy ún. EU-támogatott tematikus hálózatnak a molekuláris számítástudomány tárgykörében, és több kétoldalú kormányközi egyezmény alapján meghirdetett kutatási támogatásban is részesültünk. Intézetünk 2000-ben megkapta az EU Centre of Excellence címet, és ebben a kutatási programcsomagban is részt veszünk egy résztéma erejéig.

Legjelentősebbnek azt tartom, hogy a grammatikarendszerek tárgykörét sikerült a formális nyelvek elméletének elismert területévé fejlesztenünk, és hozzájárulnunk a formális nyelvek elméletének fejlődéséhez számos értékes és érdekes modellel, eredménnyel, olyan eredményekkel, amelyek kapcsolódási pontot jelentenek és jelenthetnek más tudományágakhoz, így a mesterséges intelligencia kutatásához is. Ugyancsak fontosnak tartom a molekuláris számítástudomány területén kifejtett munkásságunkat.

Hogyan látja az ágens kutatás jelenlegi helyzetét, illetve az önök szerepét ebben a helyzetben?

Az ágens kutatás egészére nincs teljes rálátásom. Úgy gondolom viszont, a mi

kutatásainkban még számos lehetőség rejlik. Rendkívül egyszerű – és ezáltal akár egyszerűen megtanulható, felfogható – gépek vagy szoftverek alapjait igyekszünk meghatározni, az esetek egy részében mégis rendkívül bonyolult feladatokat lehet segítségükkel megoldani. Így kutatásainknak nemcsak az elméleti vonalában látok perspektívákat, hanem az alkalmazásaiban is. Szorosabb együttműködés más tudományterületek, például az evolúciós számítástudomány, a robotika művelőivel pontosabb modellek megalkotásához vezetne, és megnyitná az utat a számukra is közvetlenül használható eszköztár kiépítéséhez. Ugyanez vonatkozik a természetes nyelvek gépi feldolgozására, például a többnyelvű környezetben való kommunikációt támogató szoftverek kiépítésére.

Vizsgálataink új típusú kiszámítási modellek létrehozásához járulnak hozzá, ami inspirálólag hathat a más tudományágakkal foglalkozó kutatókra.

Hadd említsem meg, hogy a formális nyelvek elméletében egészen a nyolcvanas évekig általában, sőt majdnem kizárólagosan arra törekedtek, hogy egy nyelvet egy eszközzel – grammatikával vagy automatával – határozzanak meg. Ez a felfogás megfelelt annak az elképzelésnek, hogy a kiszámításokat egy nagyon hatékony processzor, kiszámító eszköz segítségével vigyék végbe. Így látható, hogy a formális nyelvek elméletében az a gondolat, hogy esetleg több grammatika együttműködve és egymással információt cserélve határozzon meg egy nyelvet, koncepcionálisan újszerű volt. A fogalom kialakítását és elfogadtatását azonban nagyban inspirálta és segítette az a tény, hogy megjelentek a számítógép-hálózatok, realitássá vált a számítógépen végzett, osztott, kooperatív munka.

Jelenlegi projektjeikben – MolCoNet, biológiailag inspirált számítások, molekuláris számítások elosztott modelljei – fontos szerepet játszik a biológia.

A biológiai indíttatású kiszámítási modellek a jelenkori számítástudomány érdeklődésének homlokterében állnak. Céljuk az, hogy az élő szervezetek vagy azok alkotórészeinek működési elveit, viselkedését utánozva nagy hatékonyságú, a hagyományostól eltérő elveken működő kiszámítási eszközöket hozzanak létre, illetve új megvilágításba helyezve azt, a kiszámítás fogalmának pontosabb megértéséhez jussanak.

Két fő témakörrel foglalkozunk ezen a területen. Az első terület az úgynevezett membránkiszámítások elmélete, amely az élő sejt felépítését és működését utánozni próbáló kiszámítási modellek elmélete. A kiszámítási eszköz, az ún. membránrendszer egy osztott architektúra, amelyben az egyes komponensek és szabályaik formális nyelvi műveletekkel vannak reprezentálva. Az architektúra felépítésében megfelel a sejt membránstruktúrájának, az egyes komponensek pedig szabályaik segítségével szavakból álló multihalmazokon végeznek műveleteket. (A multihalmaz esetében egy szó több példányban is előfordulhat a szavakból álló együttesben). A szavak (bio-)kémiai alkotórészeknek, a műveletek

kémiai reakcióknak felelnek meg. A szavak közlekednek az egyes komponensek között, hasonlóan a sejtekben lezajló folyamatokhoz.

A DNS-kiszámítás területén ugyancsak végzünk kutatásokat. A DNS szét-törésének és újrakombinálásának elveit imitáló formális nyelvi műveletekre alapozott kiszámítási eszközöket hozunk létre, és vizsgáljuk tulajdonságait. A DNS-szálak szavakkal is reprezentálhatók, így a formális nyelvi megközelítések megalapozottak. Elsősorban úgynevezett kémcsőrendszereket, azaz ezen eszközökből épített osztott rendszereket tanulmányozunk, amelyek egy része a Turing-gépekkel egyenlő kiszámítási erejű eszközt képvisel.

Bár kiindulásukban különböznek, sem a membránrendszerek, sem a kémcsőrendszerek nem különböznek alapvető konstrukciós elveikben a grammatikarendszerektől – osztott architektúrák, amelyek komponensei formális nyelvi műveletekre alapozott kiszámítási eszközök.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Csak az alapkutatás területén végzett kutatásokról tudok nyilatkozni, de megvalómlom, nem szívesen teszem. Már az is kérdéses, mikor mondhatjuk, hogy egy alapkutatás sikeres. A sikeresség feltételei között feltétlen ott van az újszerű gondolat és/vagy látásmód, az elmélyült gondolkodás, a kitartó munka, és a szerencse. Természetesen ebben az esetben a sikeresség rövidtávon nem ítélnél meg.

Ha visszamehetnének az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben kutatási területben látna komoly perspektívát?

Hogy mivel foglalkoznék legszívesebben, nem tudom, mivel ehhez bele kellene illeszkednem egy mai fiatal gondolkodás- és érzésvilágába. Viszont minden egyetemistának szívesen ajánlom figyelmébe szakterületemet, az elméleti számítástudományt és határterületeit, mert olyan érdekesek. Az utóbbi évtized számos izgalmas új terület megjelenését hozta magával, de nem szeretnék az e területek hosszú távú jövőjét illetően jóslásokba bocsátkozni.

Csuhaj Varjú Erzsébet

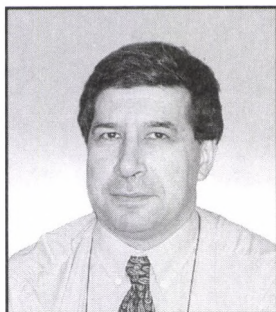
MTA SZTAKI Elméleti Számítástudományi Kutatócsoport

1111 Budapest, Kende u. 13-17.

<http://www.sztaki.hu/reszleg/TCS>

Tadeusz Dobrowiecki

Méréstechnikai alkalmazások, orvosbiológiai informatika



Tadeusz Dobrowiecki a BMGE mérés-technika és információs rendszerek tanszékének munkatársa, a mesterséges intelligencia mérés-technikai alkalmazásainak, az intelligens mérés-technika-knak a kutatója. Érdeklődési köréhez tartozik még az orvosbiológiai informatika és a nemlineáris rendszeridentifikáció. Hobbija a katonai repülés története.

Hogyan vázolná fel kutatói, oktatói pályáját?

A Villamosmérnöki és Műszaki Informatika Karon eleve igen tudásintenzív problémákkal foglalkozunk. Ha a feladatok automatizálása megüti a kellő bonyolultsági szintet, akkor magától értetődően már MI-típusú témákról kezdünk beszélni. Viszont nem alapkutatóként, nem grandiózus kérdések megválaszolásával, hanem elsődlegesen az alkalmazás szempontjából. A mérés során ugyanis tudásintenzív modelleket kell alkotni, elemezni, implementálni, rá kell jönni, hogy hol és milyen információ hiányzik. Ha a feladat túlmutat az alapproblémán, gondolkunk itt például komplex orvostechnikai diagnosztikai problémákra vagy intelligens riasztásra ipari létesítményeknél, akkor a hagyományos számítógépes rendszertechnika már nem fog választ adni a fejlettségénél megjelenő minden kérdésre. A szükséges szervezési elveket, architektúrákat, információfeldolgozási módszertant viszont sokszor csakis az MI területén találjuk meg, ezért halad mindenki abba az irányba ezen a tanszéken és a kar más tanszékein is. Elérkeztünk ahhoz a komplexitási szinthez, ahol már be kell vonni ilyen módszereket.

Pályafutásom így tökéletesen azonos más tanszéki kollégáim pályafutásával. Ugyanerre utal, hogy az MI tantárgyként bekerült az informatika alapoktatásába. Viszont nem az a lényeg, hogy valamilyen módon meg szeretnénk ragadni az emberi intelligenciát, hanem az, hogy ez a terület hasznos új rendszertechnikai módszereket, rendszerintegrálási ötleteket ad meg, és így egyre bonyolultabb informatikai rendszerek építését teszi lehetővé. Bruce G. Buchanan, az Amerikai MI Társaság elnöke szerint az MI bizonyos részeinek – mint a szimbolikus és egyben heurisztikus számítási modelleknek – a számítógépes tudományok között van a helyük. Ha az MI-től elpártolnánk, akkor számos területre és feladatra nem lenne megfelelő eszközünk. Mivel nagyobb méretű rendszerekről is kellett beszélni előbb-utóbb, nem volt elég, hogy csak az alap-mérés-technikát oktassuk. Fel kellett

készíteni a hallgatókat a nagyobb problémák elemzésére, nagyobb rendszerek tervezésére. Kulcsfontosságúvá vált a mérőrendszerek tantárgy, ahol foglalkoztunk azzal, hogy a rendszer intelligenciáját hogyan kell fokozni abból a szempontból, hogy a feladatot miként írjuk le benne, és hogy a rendszer egyre autonómabb módon legyen képes eligazodni az információkeresésben. Az MI-ből akkor a szabályalapú rendszereket, a szakértő rendszereket vettük át, és vittük bele a tananyagba. Végül kialakult egy intelligens mérőrendszer architektúrája. A szokásos analitikus, numerikus rendszerre fektettünk rá egy szimbolikusan következtető, okosabb, a rugalmasságot és a feladatvégző képességet fokozó rendszert.

A tantárgyat addig fejlesztettük az intelligens rendszerek irányába, hogy szükségessé vált azokról is külön beszélni. Közben a karon megváltozott az oktatás jellege, szakirányok, mellékszakirányok keletkeztek. Lehetővé vált, hogy nem csupán egyetlen egy tárgyban, hanem tárgyak csokrában gondolkodjunk. Elkezdtünk olyan tárgycsokrokat képezni, mint tudásalapú architektúrák, hibrid és tanuló rendszerek, „puha” számítási módszerek és így tovább. Több tanszék is összeállt, mert annyira szerteágazóak a témák, hogy egy tanszéken belül nem tudjuk, illetve nem is volna szerencsés mindezt lefedni.

Milyen kutatások folynak most a tanszéken?

Korábban nagyon szoros kapcsolatban álltunk a Medicorral. Mielőtt a cég bajba került, intelligens orvosi rendszerek területén végeztünk alapkutatást és prototípusfejlesztést. Dolgoztunk ipari rendszereken, riasztórendszereken is, például a Dunaújvárosi Vasműnek. Mindez a nyolcvanas évek elején történt. Utána mi is – mint mindenki – átértük az internet térhódítását és az informatika arculatának megváltozását. Alkalmazkodni kellett. Bizonyos témák természetesen továbbélnek, mint például az orvosi, diagnosztikai problémák. Esetleg az internet által új dimenziót kapnak. Ugyanakkor bejönnek új kutatási területek is. Ezeket megkísérlem témák, illetve eszközök szerint csoportosítani.

Kezdjük a téma szerint. Fontos a rendszermodellezés magasabb fokon való művelése, tehát bizonyos intelligens megoldások, az alapvetően numerikus módszerek megválasztásába történő bevetése. Mert ugyan sok numerikus módszer alkalmas lehet az adott feladatra, de hogy melyiket kellene leginkább alkalmazni, ahhoz már intelligens lépés kell. Ha van egy ismeretlen rendszer, a tőle származó információt többféle módszerrel lehet kimérni, feldolgozni, és az eredmény nyilván nem lesz mindig ugyanaz. Viszont a legpontosabb képet szeretnénk kapni az adott körülmények között.

Az orvostechikai témák a tanszéken maradtak, és két irányban fejlődnek. A képdiaagnózis terén most a mammográfiával foglalkozunk. Egyelőre alacsony szintű (numerikus) feldolgozás van terítéken, hogy fel lehessen mérni, mi fogható meg fogalmilag. A diagnosztika erre épül rá. A mozgásanalízis téma szintén az MI határán van. Újdonságként elkezdünk foglalkozni bizonyos bioinformatikai kérdésekkel is. A közelmúltban szintén foglalkoztunk ipari diagnosz-

tizálási problémákkal, ahol a létesítmény olyan bonyolult, hogy semmiféle analitikus modellje nem hozható létre. Lényegében attól működőképes, hogy a kezelőszemélyzet heurisztikusan, „hasra ütve” kezeli a dolgokat. Itt az automatizálás útjában csak az MI-módszereket vonultathattuk fel.

Az informatika arculatváltásával a nagyon bonyolult rendszerek biztonságtechnikája is megoldandó problémaként jelent meg, ahol az MI szintén alkalmazható, az adatbányászat eredményeire alapozva. Érdekes az ún. *any time* módszerek kutatása: ezeket az információfeldolgozó módszereket bármikor megszakíthatjuk, mindenképpen eredményt fognak adni. Viszont minél később, annál jobbat. Itt a szimbolikus módszerek jelentik a tétet, hiszen logikai bizonyítást bármikor nem szakíthatunk meg. A logikai következtetéseket felhasználó intelligens rendszerek viszont valójában mindig valós időben működnek, és kell, hogy tudjanak alkalmazkodni a működésük ilyen korlátozásához. Az olyan alapvetően MI-témák, mint a logikai tudásreprezentációban való következtetés vagy a tervekészítés tudománya, egyelőre nem tudnak *any time* jellegűek lenni. Ez komoly gátat szab az intelligens rendszerek valós fizikai környezetbe történő beágyazásának. Az internet büne, hogy megváltozott az információkezelés jellege. Hol található most az információ? Többé nem az adatbázisokban, hanem a világhálón, szabad, természetes nyelvű szövegekben. Ez az információ óriási mértékben változik, senki nem vállal felelősséget érte, egybegyűjtve netán ellentmondó, inkonzisztens is, a nyelvi problémákról nem is beszélve. Erre az információra kell alapozni, bizonyos intelligens rendszerek számára az ilyen információ jelenti a tudásbemenetet. Új módon kell tehát megoldani a régi kérdéseket. Kiemelkedő fontosságúvá válik az eltérő helyen vagy szerzőtől keletkezett információknak az összehasonlítása, fuzionálása. Ha az eszközök oldaláról nézzük, régebben alapvetően hagyományos, tehát szabályalapú rendszerekkel dolgoztunk, amiket próbáltunk valós időbe beágyazni. Komoly kutatási munka volt ez. A piaci módszerek nem voltak alkalmazhatók, így kellett és sikerült kialakítani saját eszköztárat (itt például valós idejű LISP változatot, tudáskompilálással kiegészítve).

A hagyományos termékek szempontjából a fő csapásirány a mesterséges neurális hálók kutatása, elsődlegesen a fizikai rendszerek modellezése szempontjából. Foglalkozunk fuzzylogikai eszközökkel, főként *any time* szempontból, adatbányászati módszerekkel, valószínűségi hálókkal főleg orvosi diagnosztikai alkalmazásokban, valamint az orvosi szakirodalom feldolgozásában. Tehát nemcsak a numerikus információ feldolgozásában, hanem egybekötve a szimbolikus információval is. Továbbá az interneten található szöveges információ esetében kutatjuk a magyar nyelvű ontológiákat, alapvetően a fogalmi rendszerek összehasonlítása, logikai kiértékelés szempontjából.

Hogyan látja az MI jelenlegi helyzetét?

A mostani helyzet bizonyos szempontból nem különbözik attól, ami jellemző volt például az ötvenes évekre, más szempontból viszont nagy változás állt be.

Hajdanában a kezdetleges számítástechnika megértése olyan távlatokat nyitott, hogy az emberek fantáziája már akkor meg tudta alkotni azokat az alapötleteket, melyeket ma sem vagyunk képesek túlszárnyalni. Sem a számítástechnika, sem a fiziológiai megismerés továbbfejlődése nem hozott annyi új eredményt, hogy a régi kérdésvetéseket át lehessen értékelni. Az akkor megválaszolatlan alapproblémákat ma sem lehet nagyon megválaszolni. Ilyenek például az MI és a valós idő, az MI és a missziókritikus feladatok kérdése, az MI-rendszerek formális verifikálhatósága, a rendszerintegrálási, hibrid rendszerek kérdése a multimodális következtetések fúziója szempontjából. Az intelligencia kutatása, például a humorérzék és emocionális állapotok irányába már akkor elkezdődött, de továbblépni nem tudtak. Látszólag számtalan módszer alkalmazható a hiányos, bizonytalan tudás leírására, viszont jó ideje nem keletkeznek újak, pedig tudjuk, hogy a régiek több ponton hiányosak, és mindegyiknek eltérő a szemantikája, tehát igazából vegyíteni sem lehet. A régi kérdés az intelligens rendszer igazi reflexivitása, hogy a saját cselekvéseit magasabb szinten képes értékelni és befolyásolni. Ugyanakkor óriási változás állt be az informatikában, s ezért nagy átértékelés várható, amiből kifolyólag az MI „informatikai” része szintén megváltozott. Régebben a cél maga egy intelligens rendszer megalkotása volt. Most az intelligens rendszer csak eszköz, mert inkább a hasznos szolgáltató rendszer a cél. Nem biztos, hogy a szolgáltatás egyáltalán az intelligenciával kapcsolható össze, viszont a megvalósításához valamilyen MI-komponenst bele kell vinnünk a rendszerbe. Az MI akkor már nem öncélú, hanem csupán eszköz. Termékből technológiává, láthatóból burkolttá, különlegesebből szokványossá vált. Többé nem MI-rendszereket szeretnénk építeni, hanem MI-módszereket felhasználni emelt szolgáltatások létrehozásához. Kialakulóban van az átható számítástechnika (*pervasive computing*): a számítógép mint különálló doboz megszűnik létezni. A PC például beépül a vasalóba, amit továbbra is vasalóként fogok használni. Hiába lesz ügyesebb a vasalóm, nem az intelligenciáját fogom értékelni, hanem a vasalás minőségét. Nem is fogom látni vagy tudni, hogy akár egy teljes MI-rendszer van benne. A viselhető számítástechnika ma már létezik: egyenruhába varrt PC, GSP, vezeték nélküli *ad hoc* hálózatok... Milyen intelligencia szükséges, hogy összeálljon és működjön egy ilyen rendszer? Beszélhetünk tovább az ún. „információs terekről”: „intelligens szoba”, „intelligens hajó”, „intelligens épület”, „intelligens gépkocsi”, „intelligens úthálózat”... Itt az ember lényegében az intelligens rendszer belsejében helyezkedik el, az intelligens rendszer egyik komponense. A miniatürizálás révén az MI egyre inkább beágyazott komponens lesz. Talán rövidesen ténylegesen meg is valósul a „rajintelligencia”: picurka repülőgépek, robotok rajai... Az információs szupersztráda – ez az ágensekhez is kapcsolódik – első ízben hozta létre az emberi társadalomhoz hasonló komplexitású olyan kommunikációs környezetet, ami ugyanazzal a könnyed információátvivő képességgel rendelkezik, mint az emberek verbális párbeszéde. Fontos kérdés a kontrollált, nem kontrollált infor-

máció – internet általi – megjelenése. Az eddigi hangsúly az ember-gép kapcsolaton volt. Az új környezetben a gép-gép kapcsolat lesz túlsúlyban, és elemi erővel jelenik meg a döntés/felelősségkihelyezés kérdése. A csupán empirikus verifikálhatóság az eddigi MI-rendszerek kellemetlen vonása. A szokásos, formális verifikálhatósághoz képest ez kevés, főleg missziókritikus feladatok körében.

Végül egy nagyon fontos dolgot kell megemlíteni. Az MI-vel több kutatási terület foglalkozik, miközben a laikus társadalom is találkozik vele: fontos tényező a társadalom reakciója. Berobban egy előzmények nélküli, teljesen újszerű ötlet, egy intelligens számítógépes rendszer. Nemcsak a laikusok, a finanszírozó szervek, hanem néha a tudósok sem tudják igazából, mibe kezdenek. Jóhiszeműen ígérek fűt-fát, és mindenki az eredményeket várja. Ha kiderül, hogy a módszer nem váltja be a hozzáfűzött túlzott reményeket, sokszor elutasítják. A bukásból az átértékelést, a reális képességek felmérését kell kihozni, azt, hogy ezek a módszerek milyen szinten képesek valójában sikeresen működni. A szakértő rendszerek, a neurális háló, a fuzzy logika, a gépi fordítás stb., minden újdonság végigjárta ezt az utat. Az a gyanúm, hogy a következő „csodagyereknél”, az ágens kutatásnál nagyon sok szempontból még mindig összekeverednek a reális és a túlfűtött elvárások.

Mit gondol az ágens technológiákról?

A karon – nem alapszinten, hanem később – van ágensekkel foglalkozó tantárgy: a kooperatív rendszerek, amelynek lényegében az interneten lévő ágensek a tematikája. Maga az alapötlet – tehát az, hogy egy rendszer csak környezetébe ágyazottan, a környezettel kölcsönhatásban tud működni, kihat a környezete stb. – nagyon reális. Annyira elemi dolog ez, hogy egy intelligens rendszer tulajdonképpen nem is lehetne más, mint egy ágens. Igen ám, csak hogy a világháló akkora lökést adott az intelligens ágensek fejlesztésének, hogy a számtalan lehetőség mellett számtalan probléma is megjelent. Egyelőre nem látom, hogyan lehet hosszú távon megoldani ezeket. Nagyon sok rendszer van a világhálón, könnyen kommunikálnak, autonómok, ám közösek az informatikai-tudásforrásai. Triviális felismerés, hogy ezek a rendszerek konfliktusokba keverednek, és hogy a konfliktusok ellenére együtt kellene működniük. Kérdés, hogy az együttműködés módszertana hogyan fest a tudomány mai állása szerint. Ezt a területet két ló húzza előre, és úgy tűnik, egyelőre hasonló irányba húznak, ám azért akadnak köztük feszültségek. Az egyik az, hogy minél több humán analógiát bírunk munkára. Az emberi és a gépi környezet sokban analóg: nagy közösség, sokan vannak, könnyedén tudnak kommunikálni, intelligensek, közösek az érdekeik. A másik, hogy a fejlesztett (ágens)rendszereket mire szeretnénk felhasználni, és hova akarunk kilyukadni? Az ember ennek a környezetnek a határán helyezkedik el. Belül, a világhálón van a gépi rendszerek zöme. Akármi történik, akárki inicializál egy feladatot, előbb-utóbb elveszíti felette a teljes kontrollt. Viszont ebben a környezetben a károk mértéke, a károk

és az ártalmas helyzetek lehetséges következményei nagyságrendekkel komolyabbak lehetnek minden korábbinál, ami eddig a gépi rendszerek hatókörébe került. Vannak missziókritikus feladatok, amiket még nem bíznak intelligens rendszerekre, ilyen például az atomreaktorok operátori feladatköre. Nemcsak a teljesítőképesség a kérdés, hanem már az első orvosi diagnosztizáló rendszereknél is megjelenő felelősségi probléma: ki a felelős büntetőjogilag, ha a rendszer kárt, katasztrófát, hibát okoz, ha a páciens meghal? A kérdés máig nincs megoldva. Az analógiák mellett a másik fontos tényező az olyan formális ágensmodellek, ágensközösség-modellek létrehozása, ahol kézben tudjuk tartani a kommunikációs nyelvet, az architektúrát, a belső folyamatokat. Sok probléma adódik, mely meghatároz egy-egy kutatási irányzatot. Ezeket kellene ötvözni, az eredmények viszont még nem integrálhatók az olyan átfogó architekturális, nyelvi megoldásokba, amikről remélhetjük, hogy ha azok révén a rendszereinket a világhálós környezetbe kihelyezzük, azok jók és megbízhatók lesznek.

Lássuk a főbb problémaköröket.

Az ágensek logikai modelljei. Egy ilyen rendszer tudásanyagába nemcsak a feladatra, hanem a saját és mások képességeire vonatkozó tudást is be kell vinni, különben az ágens nem tud együttműködni, nem tudja felmérni, mire érdemes a másikat felkérni. Tudásról nyilatkozni logikai rendszeren belül szétfeszíti az elsőrendű logikának a lehetőségeit, megjelennek a modális logikák. Logikai szinten kell modellezni különböző „emberi” fogalmakat: hiedelmet, szándékot, akaratot stb.

Együttműködési, konfliktusfeloldási protokollok. Számtalan ötlet létezik. Van, amit nagyon jól lehet formalizálni, mást csak hozzávetőlegesen, empirikusan lehet megfogalmazni. Folyamatosan felbukkan a formalizmus kérdése: ha valami le van írva formálisan, az átvihető lesz a rendszer specifikációjába, és akkor biztosak lehetünk abban, hogy a rendszer működése közben ezt reprodukálni is fogja.

Ágenskommunikációs nyelveknél megjelenik az emberi kommunikáció egyik alapvető eleme, az ún. beszédaktusok. Ha két ember kommunikál, a másik nem a nyelvi, nyelvtani közlésre válaszol, hanem lényegében a beszélő megértett szándékára. Ez azért nagyon érdekes és hasznos az ágensek szintjén, mert jósolhatóvá teszi a másik rendszer viselkedését, ami megnöveli a következtetés hatékonyságát, és garanciát ad arra, hogy a két rendszer működése konvergál a közös cél megvalósítása felé. Többféle ötlet, többféle nyelv van alakulóban, ám igazából a közös megoldás még nem körvonalazódik.

Nagyon érdekes a szabványok kérdése. Megjelent az ágens FIPA-szabvány, de az ágensek és az internet világa még alakulóban van. Szabványosításra két megoldás adódik. Az egyik: várni. Ennek az a veszélye, hogy valamilyen nagy konzorcium olyan átütő erővel és súllyal jelenik meg a megoldásával a piacon, hogy mindenki kénytelen azt elfogadni. Ám a megoldást nem fontolták meg, és nem gondolták végig, hogy valóban ez a legjobb, vagy sem. Az ilyen megoldás majd hosszú évekre meghatározza a fejlődés irányát. A másik: a korai szab-

ványosítás. De mi legyen a tárgya? Érdekes itt a FIPA hozzáállása: a szükséges minimumot próbálják szabványosítani. Egy nagy környezetben, ahol a rendszerek inkonzisztens, hiányos információkat kezelnek, az alapvető információhiány az, hogy ki „hol” van, milyen „nyelven” ért, és mivel foglalkozik. Mindig ki kell tudni építeni a közvetítők hálózatát, mert túlságosan nagy az információ volumene, a földrajzi határok. A FIPÁ-ban tulajdonképpen éppen a közvetítő ágens fogalmát szabványosítják.

Számomra nagyon érdekes és különben is nagyon fontos a biztonság kérdése. Rendszertechnikailag akármennyire megoldható is az ágensek mobilitása, a rendszeremet nem fogadják el, ha a megfelelően biztonságos működését nem garantálom. Fordítva is áll a dolog: nem küldöm el a rendszeremet oda, ahol a környezet nem biztonságos. A rendszereket úgy kellene specifikálni, felépíteni, hogy ne okozhassanak bizonyos alapkárhelyzeteket a környezetükben. Viszont nagyon nehéz a kár fogalmának formális megalkotása, a káros működés logikai megfogalmazása és annak megtervezése, hogy miként lehet megkerülni ezt. Ha ugyanis képes vagyok megfelelően formalizálni, akkor a szükséges ismereteket beviszem a tervekészítési technikákba, az ágensek specifikációjába, és akkor a szoftverágensem – mielőtt rámozdulna a hálózatra – megszervezi magának, mit kell tennie, úgy, hogy a cselekvési sorozata garantáltan nem lesz veszélyes senkire és semmire. De ez még sajnos messze van a megvalósítástól. Olvashatók érdekes írások e témakörben, melyek felhozzák például Asimov robottörvényeit, hiszen most azokat kell biztosítani. Amíg csak egyetlen robot létezett, és az is őserdőben sétált, sci-fi kérdése volt az egész. Azóta vált komollyá a kérdés, mióta a gépi rendszer körül, hozzáférhető távolságban számtalan létesítmény és ember tevékenykedik.

Érdekes az emóciók problémája is. Ha egyre több humán analógiát – nyelvi közlést, együttműködést stb. – próbálunk kiaknázni, formalizálni, rá kell eszmélnünk, hogy az embereknél az emóciók óriási információtömörséget biztosít, nagyon jól működő állapotváltozók. Látom, hogy valaki „ideges”, ami arról ad számomra információt, hogy ő, mint rendszer, nincs megfelelő munkapontban. Tehát, ha segítséget, munkát átvállaló személyt keresek, őt inkább megkerülöm, mert talán nem lesz alkalmas rá. Viszont ha „felszabadultnak”, „vidámnak” látom, akkor felé fordulok. Egy olyan bonyolult rendszert, mint egy embert, le tudok tehát írni egyetlen fogalommal, és ezt képes vagyok felhasználni a következtetési folyamataimban. Az interneten is vannak hihetetlen bonyolultságú rendszerek, és az emóció analógiája hasznos lehet. Csak itt már nem az emóció kérdése az igazi kérdés, hanem hogy az emberek az emocionális állapotokat nem verbálisan, azaz nem azon a kommunikációs csatornán érzékelik, amit az interneten könnyű lenne reprodukálni. Képesek-e a szoftverágensek észrevenni saját emocionális állapotukat? Ha képes lennék láttatni velük, erre alapíthatnám a protokollokat, ami feltehetően nagyon hasznos volna, mert az ágensrendszereket még jobban össze tudnám fogni a közösség szintjén.

Örökölt rendszerek kérdése. A világ már tele van létesített informatikai rendszerekkel. Az új ágensvilág vagy leválik, vagy – és inkább ez a társadalmi igény – mégis valamilyen kapcsolatban marad velük.

Létezik még egy, szintén megoldatlan probléma, sőt, számos kutató szerint igény sincs rá, mert a megoldását reménytelennek tartják. Ha képes vagyok egy rendszerről rendszerként beszélni, entitásnak látni, akkor jó lenne, ha valamilyen absztrakciós szinten le is tudnám írni. Egy szoftverágenst le tudok írni rendszerként. De ha egy ágensközösség, mint egész, egymással összehangoltan, kollektívaként végez egy feladatot, rendszerszinten szeretném ezt entitásnak látni, kezelni. És ennek nincs egyelőre tudománya.

Kiket tart az MI-történelem kiemelkedő alakjainak?

Csak a régiekről érdemes beszélni, hiszen az összes alapkérdést már a kezdet kezdetén sikerült megfogalmazni. Tíznél kevesebb nevet sorolok fel magamban; mindegyik mellett tudok érvelni.

Nagy kérdés számomra, hogyan alakult volna Alan Turing további pályafutása. Miként ítélte volna meg, mondjuk tizenöt év elteltével, a saját cikkét, a Turing-tesztet. Ha viszont egyetlen nevet kellene mondanom, John McCarthyé lenne az. A terület egyedüli meghatározó nagyja, mindmáig képes alkotni, és még most is vannak kreatív ötletei. Érdekes Marvin Minsky is. Izgalmas személyiség, hiszen ő indította el például a neurálháló-kutatásokat, később viszont azok leállítására is az ő „érdeme” volt. Herbert Simon felelőtlen kijelentései mellett Nobel-díjas, és igazából ő az egyik alapítója az ágensek világának. Allen Newell szimbolikus fizikai rendszer hipotézise még mindig használatos és irányadó. Megemlítem – bár nem az első nagyok egyike – David Hofstadtert: ő írt úgy az MI-ről, ahogy tette. Nagy kérdőjel Doug Lenat, aki heurisztikákat kezdett kutatni, és valahogy megállt. Nem találtam a nyomát az irodalomban, hogy milyen falnak ütközött, hiszen a heurisztikus tudás továbbra is kulcsfontosságú kérdés. „Gyerekének”, a CYC-nak valahogy még mindig nincs eredménye. Egy biztos: nem aknázott ki végig egy nagy lehetőséget. Claude Shannon hasonló személyiség. Előbb foglalkozott MI-vel, mint információelmélettel. Sakkprogramozással próbálkozott, kibernetikus robotokat gyártott, megcsinálta az első labirintusban utat kereső egeret, aztán valahogy kiugrott a zsebéből az információelmélet, és elment abba az irányba. Utolsó talán a felsorolásban a MYCIN-rendszert megalkotó Ted Shortcliff. Az övé volt az első olyan sikertörténet, mely a laikus közönség számára közérthetővé tette az eredményeket.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Egy projekt sikerének több kritériuma van, attól függően, hogy kinek a perspektívájából nézzük. Betartott határidők, hiánytalanul letett mérföldkövek az adminisztratív siker komponensei.

Az, hogy a projekt elegendő intellektuális kapacitást hozott létre, hogy beszélni lehessen maradandó hatást gyakorló konferenciajelenlétről, publikációkról, PhD-disszertációkról stb., a tudományos siker része.

Humán siker, ha az adminisztráció nem (túl)terhelő, ha a papírmunka kevés és átlátható, ha a kötelezően leteendő tudományos eredmények természetes módon, mondhatni spontánul keletkeznek a projekt során, ha a projekt sok-sok olyan ötletet „gyárt”, ami igazából nem tartozik a projekt szigorúan vett témájához, azonban további kutatásoknak lehet a kiindulópontja, és így biztosítja a kutatás folytonosságát.

Ahhoz, hogy ezek a tényezők találkozni tudjanak egy projekt élete során, tulajdonképpen csak egy recept létezik. Olyan K+F-projektekkel lehet vagy lenne szabad csak pályázni, melyek eredményei (részben, nem kidolgozottan, informálisan, még nem publikáltan, ám) már a kutató fiókjában „porosodnak”. Különbösen komoly eredmények elérésére (például egy PhD-disszertáció kidolgozására) záros időn belül nincs esély.

Az élet persze ennél bonyolultabb, és nem minden projekt ilyen.

A teljesen előzmények nélkül indított projekteknek azonban nagy a szerencsefaktoruk.

Beszélni kellene itt még egy projekt hosszú távú sikeréről, az olyan temporális perspektíváról, amely a projekt lezárását követő szokásos elbíráláson messze túlmutat. 1945-ben a Manhattan-projekt sikerét a borzalmas áldozatokat követelő atomrobbanásban mérték. 2004-ben a Manhattan-projekt sikere a megértett és a polgári energiatermelésbe bevont fizikai folyamatok.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

A kérdésben zavar az „egyetemista” szó, mert egy egyetemistának magától nincs még rálátása, hogy mi perspektivikus, és mi nem. A feltárt, megértett, kötelező anyagot tanulja. Rátermett, nagy tudású, a saját területén nem begyepesedett, emberi kapcsolatokban nyílt tanár kell ahhoz, hogy a hallgató ízelítőt kapjon, vajon milyen érdekes dolgok léteznek a „tananyagon túl”.

A másik zavaró szó a „perspektíva”, mert igazából semmitmondó.

Ha tehát időben vissza tudnék menni, és a kötelező egyetemi anyagon kívül megkaptam a tanáraitól ezt a szélesebb rálátást is, valamint a perspektívát, az ahogyan melyik terület fontos azért, mert elméleti „megragadása” más területek számára leíró modelleket és elméleteket jelentene, hol van szükség még lényegi áttörésre, ahol várhatóan akár koncepcionális nehézségeink is vannak még, ahol az egyes problémák megoldása rövid és hosszú távon más területeken jelentene hasznos alkalmazási tudást, akkor egyértelműen a nagy bonyolultságú rendszerek kutatását választanám.

Ez a terület gazdag a drasztikusan eltérő módon megoldott részproblémákban

(soroljunk csak fel néhányat: számítógépes hálózatok, emberi/állati populációk, internetes szoftverágensek, légköri folyamatok, együttes hardver-szoftver rendszerek, emberi szervezet részei stb.), azonban az alapelvek, a szintézis még messze nincs meg.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A kérdésre azért nehéz válaszolni, mert a csúcstechnológiai kutatásoknak sok olyan aspektusuk van, melyeknek eltérőek az igényei, esélyei és a realitásuk.

Csúcstechnológiai kutatások kapcsán beszélhetünk alapkutatásról, alkalmazott kutatásról, fejlesztésről, implementálásról, alkalmazásról. Mindegyik tud nem triviális problémákat teremteni egy kutató vagy fejlesztőmérnök számára.

Azt, hogy milyen elveket érdemes képviselni, úgy értem, hogy milyen elveket kell vállalni a fiatal kutatók, fejlesztők képzésében. A válasz itt nem egyértelmű, mert a csúcstechnológiák területén az alapkutatásnak és az alkalmazásnak mások az igényei.

Az alapkutatáshoz, ahol sokszor át kell lépni az interdiszciplináris határokat, ötletekben gazdag, nyitott gondolkodású, széles laterális tudású, az analízis/szintézis tudományában jártas fiatalok szükségesek.

Az alkalmazáshoz mélyebb vertikális tudás szükséges, jól kell ismerni a csúcstechnológiák titkait, gyakorolni kell az ilyen technológiák használatát.

Az egyetemi tananyag kisebb-nagyobb sikerrel igyekszik mindkét lovat meglovagolni, hiszen a hallgatót a végzés után azonnal bevethető tudással kell ellátni, de olyan tudással is, amely a technológiák váltásakor nem avul el, és éppen a váltásokban jelent majd számára segítséget.

Az egyetlen alapelv, amelyre teljes általánosságban gondolni tudnék, a „jó mérnök” elve, olyan valakié, aki a környező világot jól megalapozott rendszer-technikai szemléletben vizsgálja, „látja” maga körül vagy az általa művelt területen a rendszerek gazdagságát, komplexitását, kölcsönhatását, azonkívül jártas az absztrakciós szintek váltásában, az ortogonális megközelítések alkalmazásában, az optimum/kompromisszum/erőforrásigény/komplexitás kérdéseiben.

Dobrowiecki Tadeusz

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

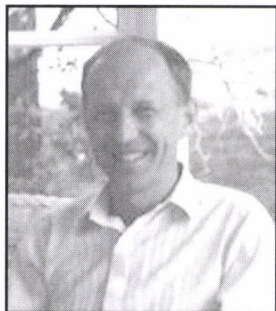
Méréstechnikai és Információs Rendszerek Tanszék

1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

<http://home.mit.bme.hu/~tade>

Dombi József

Fuzzy rendszerek, adatbányászat, döntések modellezése



Dombi József a Szegedi Egyetem matematikus szakán végzett 1972-ben, és ott is dolgozik. Még a végzés évében Szentpétervárott (akkori nevén Leningrádban), majd Lipcsében folytatta tanulmányait. 1979-ben DAAD-ösztöndíjat kapott, és a németországi Aacheni Egyetemen végzett kutatásokat. 1986-ban megkapta a Humboldt-ösztöndíjat, és Németországban folytatta megkezdett kutatásait. Több külföldi intézményben töltött el hosszabb-rövidebb időt vendégelőadóként. A kutatási eredmények gyakorlatban való megvalósítására cégeket alapított, melyek jelentős nemzetközi elismerésben részesültek. Érdeklődési köre rendkívül szerteágazó.

Adatbányászat, adatvizualizáció, döntéstámogatás, fuzzy, neurális hálók, genetikus algoritmusok... Melyiket emelné ki a sok kutatási területe közül?

Nehéz lenne bármelyiket kiemelni. Nemcsak azért, mert bármelyik fontosabb volna a másikinál. Most még ez nem eldönthető. Idő kell, hogy rálássunk, melyik is lesz fontos a jövőben. Úgy jellemezhetnénk mindegyik területet, hogy szorosan kötődik a heurisztikához, ami probléma, mert a matematikában, és egyáltalán a tudomány területén, szeretnénk állítani valami bizonyosat, amit tételek garantálnak. A heurisztika segítségül hívása egyfajta kényszer, mert nagyon sok olyan probléma merül fel a mérnöki tudományokban, amelyre az MI-nek választ kellene adnia, és a mai tudásunk szerint nem boldogulunk. Ezért a természethez fordulunk, és ötleteket lesünk el, amelyek a jelek szerint jól működnek, és így kapjuk az említett heurisztikus közelítéseket. Első látásra úgy tűnik ezek mind különbözőek, de szerintem egy még csak körvonalazódó, új egységes irányzat elemeiről van szó. Közös bennük, hogy mindegyik a természethez fordul segítségért, és próbálja ellesni titkát: a genetikus algoritmus és az evolúciós programozás Darwin világától, a neurális hálózatok pedig az agykutatástól lesnek el fortélyokat. Az immunrendszer működésének is van már megfelelője az informatikában. A hangya algoritmusok a közösségek optimalizáló tevékenysége alapján működnek, a fuzzy rendszerek pedig az emberi szóhasználat pontatlanságából csinálnak erényt.

A számítástechnika megköveteli, hogy a feladatokat lehetőleg rövid idő alatt oldjuk meg. Ehhez az informatika hardver oldalról mindent megtesz, és itt nincs is gond, mert a számítógépek sebessége rohamosan nő. A gép azonban önmagában kevés, hatékony algoritmusok is szükségesek. Ha száz várost kell meglátogatnunk úgy, hogy közben a legrövidebb utat tegyük meg az összes lehetőségek

száma $1*2*3*4*...*100$ (az első száz számot kell összeszorozni, ez matematika nyelvén 100 faktoriálisnak mondjuk): ez nagyobb szám lesz, mint a 10 a 155. hatványon. Ez olyan nagy szám, hogy ha a ma létező leggyorsabb számítógépet tekintjük, amely egy másodperc alatt egymilliárd művelet végez el, akkor az összes lehetőség kipróbálása 10 a 147. hatványon évig tartana. Tehát sokkal hosszabb ideig, mint amióta a világmindenség létezik. Becslések szerint tizenhárom milliárd év a világmindenség kora, és ez eltörpül e szám mellett.

Az elméleti matematika felvetette a kiszámíthatóság problémáját: milyen algoritmusoknál van remény arra, hogy reális időn belül eredményt kapjunk? Kiderült, hogy a problémák nagy része nem ebbe az osztályba tartozik. Ellenben a fentihez hasonló feladatokat meg kellene oldani a mindennapokban. Száz benzinkút ellátása például nem akkora dolog, és az optimum megtalálása mégis lehetetlen. A természet azonban valahogy megoldotta ezeket az összetett problémákat. Például az emberi szemnek nagyon nagy a komplexitása. Nehezebb egy szem optimális tervezése, mint a száz város közti legrövidebb út megtalálása. Ha megnézzük, hogy véletlenszerűen vagy próbálkozásos kísérletekkel mennyi idő alatt alakulhat ki a szem, amely viszonylag minimális energiaellátással kvantum tartományban képes működni, akkor azt mondhatjuk, hogy ennek a problémának a matematikai vagy számítógépes megoldása még hosszabb időt venne igénybe. Tehát ki se alakulhatott volna, és mégis itt van, hiszen látom a világot. A nehéz feladatra jó példa a génszekvencia megfelelő sorrendjének kitalálása. A heurisztikus algoritmusok közelítik az optimumot, és kísérletekkel meg lehet vizsgálni jóságukat. Ha 95%-os pontossággal megelégszünk, akkor egy PC-n az algoritmus fél perc alatt talál jó megoldást a száz város meglátogatásának problémájára. Ezek az eljárások az utóbbi évek eredményei.

Több évtizede foglalkozik a fuzzyval.

Nagyon érdekes Zadeh gondolata (ő vezette be a fuzzy fogalmát): a hétköznapi életben a beszédmód, az utasításaink elég nagy lazaságot mutatnak a matematikai szigorhoz képest, ahol a pontos definíció nélkül nem tudnánk tételeket bizonyítani, a mindennapokban mégis nagyon jól elvagyunk vele. A számítógéppel való kommunikáció a robotok irányítására azért sem jó, mert nem tudjuk ezeket a teljesen laza szavakat használni. A fuzzyt – leginkább talán elmosódott határu halmaznak lehetne fordítani. Hogy pontosabban érthető legyen, mit is takar ez, nézzünk néhány példát: a „magas” szót használhatom valakire, de egy hegyre vagy az árfolyamra is. Beszélhetünk fiatal kollégáról és fiatal akadémikusról, vagy mondhatjuk, hogy gyakran járok moziba. Mi a pontos definíciója a magasnak, fiatalnak, a gyakrannak? Kérdés, hogy lehet-e matematikai formalizmussal leírni ezeket a lazaságokat, és így segíteni a kommunikációt? Ez eleve ellentmondás. Lehetséges-e a lazaságok szigorú modellezése? Pedig milyen jó lenne, ha azt kérhetném egy adatbázistól, hogy keressen egy közepes árfekvésű diesel autót, aminek nagy a csomagtere, és fogyasztása na-

gyon kicsi. A robotot pedig úgy vezérelhetném, hogy most lassabban kell menni, mert egy kicsit csúszós út következik. A fuzzynak a természetes nyelvben meglévő fogalmak matematikai modelljéről kellene szólnia, illetve ennél kicsit többről is, mert nem biztos, hogy nyelvünk képes minden lazaságot kezelni, ahogy az se, hogy mindenre van szavunk. Például mindennap lemegyünk különböző lépcsőkön, ha arra kerül sor, és a lépcső laza definíciójához alkalmazkodnak izmaink, és vezérlik a testet, miközben szavakkal nehéz leírni a járás utasításait.

Visszatérve a fuzzyra, létrejöttét egyrészt az ember és a humán oldal motiválta, másrészt az, hogy bizonyos dolgokat össze kell foglalni, hogy ne vesszünk el a részletekben. A túl sok információ, számadat megnehezíti a dolgunkat.

A fuzzy rendszerek szorosan kapcsolódnak még a többértékű, folytonos logikákhoz. Már a harmincas-negyvenes években – elsősorban Lengyelországban – elkezdődött ennek a kutatása. Az általánosítás szerint nem csak igaz és hamis érték létezik, hanem az igazságértékek a 0 és 1 közötti bármely számot felvehetik. Itt a 0 jelenti a hamisat, és az 1 az igazat. Úgy is mondhatnánk nem csak feketében és fehérben kell látni a világot. Létezik egy spektruma az igazságértékeknek.

Mindez azt jelentette, hogy új tudományterület született, amely különböző valóságokkal tűzdelve a mai napig éli az életét.

Kandidátusi értekezését is a többtényezős döntések és a fuzzy kapcsolatából írta.

Nem egyszerű véleményt alkotni a fuzzy kutatásokról. Fontosnak tartom, hogy a felvetett problémára választ adjunk, de nem értek egyet minden próbálkozással. A publikációs kényszer miatt mindenféle kérészéletű próbálkozások is születnek, és aztán pillanatok alatt eltűnnek. Néhány év, és senki sem emlékszik rájuk. Nem egyértelmű, milyen szerepet fog betölteni a későbbiekben a fuzzy. Az is kérdés, melyik irányzat lesz a fuzzyn belül életképes. A fuzzy rendszerekre vonatkozó kutatás szálla volt az elméleti matematikusok szemében. Az első időszakban az elméleti matematika és az informatika is elég agresszíven lépett fel ellene. Mi köze a tudománynak a pontatlansághoz, a pontatlanság modellezéséhez? Évtizedekkel ezelőtt hasonló volt a helyzet a mára már teljesen elfogadott valószínűség-számítással is. Kialakulásakor, amikor fő alkalmazói csak a vásári játékosok, a kártyások és egyéb szerencselovagok voltak, nem foglalkozhatott vele a tiszta matematika. Ki emlékszik már azokra az időkre, amikor paradoxonokat gyártottak, hogy elriasszák a komoly kutatókat ezekről a kétes vizekről. Ma pedig már nem lehet kísérleti eredményeket elfogadtatni anélkül, hogy statisztikai megbízhatósággal ne támasztanak alá az eredményeket. A fuzzyelméletben – ellentétben a valószínűség-számítással – nem jelentek meg a paradoxonok, ami nem tett jót, mert jobb lett volna pontosan látni már a kezdeteknél a hiányosságokat. A legtöbb tudós elvetette, és nem vette komolyan. A Mesterséges intelligencia folyóirat húsz évig egyetlen cikket se volt hajlandó

közölni ebből a témából. Az elmúlt években jelentek meg csak az első cikkek. De nem kell azt gondolni, hogy fórum nélkül maradt volna ez a tudományterület. Az interneten egy kereső most 3,5 millió választ ad a fuzzy kulcsszóra, míg a mindent felölelő mesterséges intelligencia témákra csak 3 milliót. Az is egyfajta legitimációt biztosít a tudományterületnek, hogy ilyen sokan foglalkoznak a fuzzyval.

De nézzük meg egy kicsit alaposabban ezt az elméletet. Ha a 0 és az 1 értéket felvevő logikát egy spektrummal egészítjük ki, akkor sokan azt gondolják, hogy ez a logika egyfajta általánosítása. Közel sincs így, mert nem két pontra, hanem egy folytonos függvény összes belső pontjára kell bizonyos tulajdonságoknak teljesülniük. Ez pedig jóval szűkebb halmaz, mint amikor csak a határpontokon követelem meg a tulajdonságok teljesülését. Nincs egyetlen olyan folytonos kiterjesztés sem, ami az összes Boole-azonosságot teljesítené. Tehát azt is mondhatjuk, hogy a fuzzy nem egyfajta általánosítása a logikának, hanem leszűkítése, és nagyon kevés olyan struktúra tesz ennek eleget, amellyel jól lehet dolgozni.

Elég egyszerű megmutatni, hogy nem az összes, hanem már négy-öt azonosságot megadva, egyetlen folytonos logika se konstruálható. Ez egyfajta lehetetlenségi tétel, és ezért mondható az, hogy a kiválasztott tulajdonságok szerint más-más fuzzylogikát lehet felépíteni. Az egységes elmélet különböző irányzatokra szakadt szét.

Most már az a kérdés hogy miként lehet egy jó fuzzyelméletet kiválasztani. A válasz: lehetőleg sok jó tulajdonsága legyen és/vagy negációműveletnek, az implikációnak. Felsoroljuk a megkövetelt tulajdonságokat, amiket fontosnak tartunk és egy gyakorlatban alkalmazható számítási eljárást konstruálunk.

A fuzzy a humán kommunikációtól akar ellesni trükköket, de nyelvünk elég bonyolult egy egységes használható modellhez. A szavak nagyon sokfélék. A fiatal, a gyakran, a körülbelül igaz stb. teljesen más fogalmak – egész más funkcióik vannak a nyelvben, nehéz egységes közös alapra hozni ezeket. Különbözik minden szavunk tartalmaz egyfajta fuzzyságot. Nemcsak az előbb említett tulajdonságjelzők, hanem a fogalmaink is pontatlanok. Mi az, hogy szék? Mi az, hogy csomag? Ezek is lehetnek fuzzyfogalmak, mert homályos elképzelésünk van róluk. A definíciós kényszer azonban tévútra is vezethet. A mindennapi életben állandóan áthágjuk a definíciókat. A jogalkotás például kénytelen definíciókkal dolgozni, és ezért állandóan kivételek sokaságát kell kezelniük. Ha a széket úgy definiálom, ahogy szoktuk, akkor például a favágók az erdőben a kivágott fák tönkjeit nevezik széknek, melyekre ráülnek, és azt nevezik asztalnak, amin esznek. De ha másnap az asztalra ülnek, az lesz szék, és a szék asztal lehet. A világnak a fogalmi meghatározása mellett a funkcionalitás jellegű meghatározása is létezik. Azt kérdezzük ilyenkor, hogy mire jó, mire használható? Ezt egyfajta intenciónak, intencionalitásnak lehet nevezni, amivel Dennettre és Pinkerre szeretnék utalni.

Mire lehetne használni egy fuzzy rendszert? iz Internet révén lekérdezésekként

éljük meg a világot. Olyan kérdéseket kell generálnunk, melyekre megfelelő válaszokat kaphatunk. A keresések alapvetően csak szavakra vonatkoznak, holott a világban adatbázisok sokasága létezik, amelyekben ma még nem tudunk turkálni. Jó lenne ezeket megszólítani. A számok helyett a mondatok az emberi kommunikáció elemei. Az időjárás-jelentés jó példa erre. Ahelyett, hogy hektopascal, Celsius, fedettség százalék és csapadék-valószínűségérték adatok tömegét zúdítanák ránk, azt mondják: kissé borongós idő várható helyenként heves zivatarral. Hogyan fordítjuk le ezeket a számokat mondatokká? Ez a technika nagyon sok helyen jól jönne, például a gazdasági elemzések standardizált elemzésében.

A megoldandó feladat a következő: vannak numerikus értékeink, változóink – árfolyam, befektetés mértéke, létszám –, amelyekhez fogalmakat kell rendelnünk. A fogalmak hozzárendelése azt jelenti, hogy megfelelő kategóriákra kell bontani ezt a változót. Mikor mondjuk, hogy jó a kategóriára bontás? Ha a gépkocsikat a köbcentijük alapján csoportosítom, akkor az 1300, az 1500, az 1600, a 2000 köbcentik a jó határok. Egy programnak olyannak kell lennie, hogy éppen ezekre a határookra találjon rá, amihez bizonyos intelligens algoritmusok szükségesek. A diszkretizálást még kontextusfüggővé is kell tennünk, mielőtt szavakat rendelnénk a tartományokhoz. Például az elvárható profitnak más tartományi felosztása jó a bankok, és más a mezőgazdasági tevékenység esetén. Itt egyfajta intelligenciát kell bevezetni, és ezekre nagyon jók az elmosódott határu halmazok.

A másik alkalmazás a lekérdezések rugalmassá tétele. Az SQL kérdésekhez a határokat rögzítve nagyon gyakran vagy kapunk ötezer választ, vagy semmit se, mert nincs olyan alternatíva, amely a feltételeknek eleget tesz. Egyikkel se tudok sokat kezdeni, mert a jó válaszhoz valahogy még fel kell térképeznem az adatokat, és ilyenkor egy iteratív játék szokott kezdődni, amivel elmegy a fél napom... Azt kell elérni, hogy ha lehetetlen kérdést teszek is fel, akkor is kapjak valami választ. Mivel több érték áll a rendelkezésemre, a fuzzylekérdezés alapvetően képes a rákérdezett alternatívák sorrendjének meghatározására, aszerint, hogy a feltételeimnek mennyiben tesznek eleget az alternatívák.

A kutatásaimra jellemző, hogy mindig speciális, egyszerű feladatot vizsgállok. Az általánosítást ezekből az egyedi esetekből keresem meg. Az általánosabb formalizmussal gyakran egyszerűbb is belátni a tételt.

Hogyan helyezi el önmagát a fuzzykutatásban?

Más irányzatot képviselek a fuzzyn belül, mint a kutatók többsége. Mik a fő elvek? Ha a klasszikus logikát nem tudjuk leírni folytonos logikákkal, legalább készítsünk olyan logikát, hogy egyre jobban megközelítsük azt. Ha nem igaz is az azonosság a folytonos esetben, legyen egy bizonyos sorozat révén egyre inkább megközelíthető.

Szintén lényeges, hogy a fuzzylogikában nagyon fontos szerepet játszó ún. halmazhoz tartozási függvény, ami leírja, hogy egy-egy elem mennyire tartozik az

adott halmazhoz, legyen jól definiált. Mivel a fuzzyelmélet mind a mai napig nem válaszolta meg a szemantikus jelentését ennek a függvénynek, erős támadási felületet hagyott az ellenzőknek. E nélkül olyan az egész, mintha a valószínűség-számítást úgy építenénk, hogy el akarunk feledkezni az eloszlás-függvényekről. Pedig statisztika a nélkül nem lehetséges. Aszerint, hogy milyen halmazhoz tartozási függvényt definiálunk, más-más területre merészkedünk. Az approximációs elvből kiindulva ez a függvény olyan lehet csak, ami egy halmaz kétértékű karakterisztikus függvényét közelíti. A határon jelezve, hogy éppen a határon vagyunk, δ -et vesz fel. Nem kell olyan nagy problémát csinálni belőle, egyszerűen választani kell egy közelítőfüggvényt, ami a logisztikus vagy más néven szigmoid, és az ehhez tartozó operátorokat kell jól meghatározni, ami már nehezebb feladat.

Ezen a területen született az első jelentősebb cikkem, amiben az operátoroknak a DeMorgan-azonosságához való viszonyát vizsgáltam. Egy példát is adtam arra, hogyan lehet ilyen operátort konstruálni. Az élet csalafintaságaihoz tartozik, hogy a későbbiekben nem a cikk, hanem a példa bizonyult igazán érdekesnek. Ma Dombi-operátornak hívják, és rengetegen használják. Japánban a mosógépek vezérlésében – tudtommal – Dombi-operátor szerepel. A mosógépnek náluk azért van jóval kifinomultabb elektronikája, mert tilos a magas hőmérsékleten való mosás, nincsenek olyan gépek, amelyek hatvan vagy kilencven fokon mosnának. Harminc-negyven fok a maximális hőmérséklet, és ez egészen más-fajta technológiát követel meg.

Az Aachenben végzett kutatásaim is megmutatták, hogy csak a logikai operátorok keveseknek bizonyultak a fuzzyban. Amikor döntéseket hozunk, nem csak „és”-ben és „vagy”-ban gondolkodunk, hanem aggregáljuk valahogy az értékeket. Az aggregációról írtam egy másik, viszonylag jelentősebb cikket. Végül visszatértem a halmazhoz tartozási függvényre egy harmadik cikkben, ami közelebből a módosítószók általános leírását adja. A tulajdonságjelzők elé tett „nagyon”, „többé-kevésbé” stb. módosító transzformációkat adom meg.

Van itt tehát három különböző terület: a logikai műveletek világa negációval, az aggregáció világa – amihez mai kutatásaim szerint még egy fogalmat hozzá kell tenni: a többértékű vagy folytonos preferenciát –, és az említett a módosítószók modellezése. A cikkek után öt-hat évvel, egy rendszerezési munka után jöttem rá, hogy mind a három tudományos munka – melyeket egymástól függetlenül gondoltam – közös alakra hozható. Ezt a világot pliant, más szóval flexibilis rendszernek neveztem el. Jól lehet számolni vele, egyfajta kalkulus. Olyan, mint az összeadás, szorzás, osztás a mindennapi életünkben. A koncepció közel áll a fuzzy eredeti intencióihoz is.

Az adatbányászatban szintén fontos eredményeket ért el.

Amellett, hogy egyetemen dolgozom, cégeket is irányítottam. 1992-ben kidolgoztam egy vizualizációs rendszert és eljárást, ami a kontextusfüggő lekérdezést

támogatja, s amire egy belga kutatótársam 1995-ben azt mondta, hogy „adatbányászat”. Akkoriban kezdett ez a terület lábra kapni. A négyfős Cygron cég (melynek alapítója és többségi tulajdonosa voltam) a kifejlesztett programért '97-ben megkapta az Európai Információtechnológiai Díjat, amelyet Brüsszelben az EU akkori elnöke, Jacques Santel adott át. Mivel itthon nem nagyon volt igény ilyen technológiákra, külföldi megrendelésekkel tartottuk fenn a céget. A kilencvenes években még nagyon nehéz volt fennmaradni, és a cég eladása látszott kiútnak, hogy fenn tudjuk tartani az eredeti koncepciót. A Cygron amerikai-szingapúri tulajdonba került, miközben továbbra is vezető szerepet játszottam irányításában. A nagy siker ezután jött: 1999-ben, már ebben az új formációban az Év Szoftverdíját kaptuk meg Las Vegasban a COMDEX kiállításon ugyanannak a terméknek a továbbfejlesztett változatáért.

A díjnyertes DataScope koncepció lényege, érdekessége és szépsége abban volt, hogy teljesen újfajta vizualizációt valósított meg. A későbbiekben tovább is fejlesztettük, melynek lényege abban állt, hogy a számítógépen szinkronban és párhuzamosan látni lehetett a különböző folyamatokat. Ha valamelyik grafikonon kijelöltem valamit, az összes grafikon szinkronban megmutatta, mire vonatkozik. A komputer – ellentétben az emberrel – gyorsan el tudja végezni ezt.

Később az amerikai vállalat vezetőségében és az igazgatóságban is részt vettem. Majdnem egy évet dolgoztam még náluk.

Úgy gondoltam, hogy ezeknek a technológiáknak egy másik, már nem feltétlenül az adatbányászathoz kötődő, hanem a koncepciót továbbvivő aspektusával kell foglalkoznom. Ekkor alapítottam az Adixót, két évet töltöttem vele. Utána hoztam létre a jelenlegi, adatelemzésen alapuló optimalizálással foglalkozó társaságot, a Dopti céget. Most már elég jelentősek a sikereink.

Visszatérnék az adatbányászatra. A *data mining* kifejezésnek olyasmi a viszonya a világhoz, mint a fuzzynak. Nagyon sokan erről is úgy gondolják, hogy egyfajta univerzális eszköz, és fontosnak tartják a mielőbbi bevezetését, de valahogy az alkalmazás során kiderül, hogy nem csodaszer. Jól lehet érzékelni a változást megítélésében: 2000-ben még meghatározó szerepe volt, míg az utóbbi években már csak egy-két cég hirdeti magát adatbányászattal. Divatok jönnek, divatok mennek.

A világon rengeteg adatbázis készül. Ha bedugjuk a kártyánkat a bankautomatába, eszméletlenül sok adat generálódik. Pár éve az a mondás járta, hogy nyolc hónapon belül duplázódik meg az adat mennyisége. Lehet, hogy ma már fél év ez az idő. Emberi szem nem látja az adatok 90-95%-át. Nem is olvassuk el, nincs is rá időnk. Ki olvassa át részletesen a számláit? Senki. A rengeteg adat felhalmozásával a tárolókapacitás mennyisége vagy mértéke nem tud lépést tartani, s akkor bizony ki kell selejtezni. Ez néha automatikusan is megtörténik, mert a technológiai váltás miatt nincs idő és energia az új hordozóra való átmenésre, lásd nagy és kis floppy esete. Mielőtt leselejteznénk a felgyülemlett ada-

tokat, végig kell gondolni, ki kell-e dobni mindet, vagy van benne valami értékes. A felhalmozott hatalmas mennyiségből ki kellene keresni az értékeket. Álljunk neki, hátha találunk benne valamit. Ez az adatbányászat *l'art pour l'art* megfogalmazása. Igazából nincs sok értelme, mert nagyon nagy az energiaráfordítás. Az adatbányászathoz jó adatok kellenek. Adatáruházat kell csinálni hozzá. Egy év biztosan rámegegy, és aztán kezdődhet az elemzés. A világ pedig gyorsan változik, a korábban értékes adatok esetleg már nem is értékesek.

Az adatbányászattal ellentétben egy vállalati vezetőnek a folyamatokat kell látnia. Erre szolgált a DataScope koncepció. Egy másik újítás értelmében szakítottunk azzal, hogy az időben változó adatokat a nyomtatás hagyományait követve statikus grafikonokként kell megjeleníteni. A számítógépen vannak játékok, amik mozognak. Miért ne lehetne az adatokat animálni és mozgatni, ha azok időben változnak? Erre dolgoztunk ki eljárást, és ilyen jellegű dolgokat is fejlesztünk.

Adatvizualizáció?

Mind a cégeknél, mind a kutatásaimban rettentő erős volt az adatbányászat és az adatvizualizáció kapcsolata.

De mi történt az adatbányászattal? Kiderült, léteznek jól meghatározott szegmensei: például a CRM, ami abban áll, hogy vannak ügyfeleim, és őket szeretném elemezni, napra készen akarom tudni, hogyan szólítsam meg őket, milyen ajánlatot tegyek nekik, mert szeretném mindegyiket individuálisan kezelni. Itt a fuzzynak jut megint szerep. Az ügyfélről kaphatok egy természetes jellemzést. Tehát nemcsak a lekérdezés oldalt lehet erősíteni, hanem a mondatgeneráló funkció is munkára fogható. Az adatbányászat egy másik hasznos és továbbélő szegmense a Churn-analízis: egy telefontársaságtól átvándorolnak az ügyfelek a másik telefontársasághoz, ami nagy kárt okozhat, különösen akkor, ha új ügyfél már nincs is nagyon a piacon. Tehát erre a negatív folyamatra kell figyelni, miután telítődött a piac. Hogyan tudnám az adatokból megjósolni, hogy kik azok, akik a közeljövőben elhagyják a céget? Képes vagyok-e ajánlatokkal, kedvezményekkel megtartani őket? Úgy tűnik, az adatbányászat *l'art pour l'art* jellege helyett annak feladatorientált transzformációja megy végbe napjainkban. Azokra a területre kell koncentrálni, amelyek konkrétan hasznot fognak hozni a következő időszakban.

Az adatbányászat létrehozott és létrehoz eszközöket. Ezek az eszközök – például az osztályozás, a tanulás koncepciója, a vizualizáció koncepciója – olyanok, mint egy nyomozónak az eszközei: a nagyító, a háttérlabor stb. Amikor adott egy konkrét feladat, akkor ezek az eszközök bevetethők, és egy szakember segítségével megoldhatóvá válik a feladat.

A statisztika és az adatbányászat egyaránt adatelemzéssel foglalkozik. Az előbbi attól szenved, és az a fő problémája, hogy egy szűk minta áll rendelkezésre, és

abból kell következtetéseket levonnia. (Lásd a gyógyszer-hatékonysági vizsgálatoknál a humán tesztek esetét.) Az adatbányászatnál pont fordított a helyzet, mert például a telefonbeszélgetésekről terrabájtnyi adatunk van. Hogyan kezelhető ez a hatalmas adatmennyiség? Az algoritmus hatékonysága nagyon lényegessé válik. Egészen más technológia szükséges a két területhez.

Hogyan kapcsolódnak a fuzzy és az adatbányászat terén végzett kutatásai az MI-hez?

Úgy látom, hogy azok az eljárások, melyekkel az MI foglalkozik – genetikus algoritmusok, hangyaalgoritmusok, a neurális hálózatok legkülönbözőbb paradigmái – heterogén és szerteágazó területek. Mint amikor a fizikában különböző dolgokat fedeztek fel, viszont nem sikerült kialakítani egységes elméletet. Ez várat még magára. Reménykedem benne, hogy többek között a pliant segít ennek a létrehozásában. Bizonyos dolgokat sikerült felfűznom rá: klaszterezési algoritmusokat, a fuzzy egyes részeit, neuronmodelleket. A formális hasonlóság mellett nehezebbnek tűnik a közös szemantikus gyökér megtalálása.

Az MI mindig olyan tudományterület volt, hogy amikor valami újba, vagy új megközelítésbe fogott az ember, rögtön azt mondta: ez az MI. Az új diszciplínák belekerülnek ebbe a nagy bugyorba, aztán – miután megerősödtek – leválnak. Kicsit hasonló a helyzet, mint a filozófiában. Az is egy hatalmas olvasztótégely, aminek megvan a saját szerepe. De ebből az is kiderül, hogy mindkét diszciplína állandóan változik. Az egyetemek MI tanszékei nehéz helyzetben vannak, mert minden oktatásnak bizonyos értelemben kanonizálnak kell lennie, ami elég nehéz az állandóan változó tárgyak esetében. A nyolcvanas évek közepe, vége felé az akkori kutatók, oktatók nagy része úgy döntött, meg tudja határozni, mi az MI, és azt mondták, hogy az MI a szakértői rendszerekkel és a logikai programozással azonos. A rendszer megmerevedése lett a következmény: nem volt hajlandó válaszolni az újabb kihívásokra. Ezért fordulhatott elő, hogy se a fuzzy, se a genetikus algoritmusok nem kerülhettek be sokáig az MI körébe. De a neurális hálóktól mind a mai napig teljesen elzártak az MI folyóiratok.

Elmondhatom, hogy 2000-ben Jelasity Márk PhD-hallgatómmal sikerült egy genetikus algoritmussal foglalkozó cikket elfogadtatni a *Mesterséges intelligencia* folyóirattal: ez volt az első ilyen publikáció, ami itt megjelenhetett.

Mára már a szakértői rendszerek, a PROLOG nyelv is levált az MI-ről. Külön tárgyak keretében oktatják őket. Ugyanúgy történt, mint a programozási nyelvek vagy az alakfelismerés esetében. De a példák sorolhatók tovább. A Szegedi Egyetemen az MI-t két lépcsőben oktatjuk. Az alapozó kurzusban a logika, a játékok és a keresési stratégiák szerepelnek, a második lépcsőben az új diszciplínák jelennek meg: fuzzy, genetikus algoritmusok, neurális hálók, döntési fák világa adatbányászattal és vizualizációs eljárásokkal. De helyet kapnak többtényezős döntések eljárásai is. Ezt az általánosabb koncepciót próbálom továbbadni a hallgatóknak.

Említette a neurális hálókat. Hogyan látja az ezekkel foglalkozó kutatások jelenlegi helyzetét?

A genetikus algoritmusokhoz hasonlóan itt is a biológia segítségül hívása érhető tetten. Nem nagyon fogjuk fel, mennyivel nagyobb teljesítményű az agyunk a számítógépnél amikor azt látjuk és tapasztaljuk, hogy a számítógépek segítségével az interneten óriási virtuális lexikonokat tudunk kezelni. Erre az agyunk képtelen. Vagy az áruházakban a számítógépek pillanatok alatt összeadják az ötszáztizenkét cikk árát. Bizonyos területeken az emberi agynál gyorsabbak a számítógépek, ám az agy hatékonysága nagyságrendekkel nagyobb. Ilyen a szem esetében az adaptáció: a szem és a digitális kamerák között százezres nagyságrendnyi az eltérés a szem javára. A másik példám a szúnyogról szól. Csak mikroszkóp alatt érzékelhető, milyen kicsi is a feje. Úgy gondoljuk, a neurális hálózata se túl nagy egy számítógép processzorához képest. Viszont rendkívül jól tud manőverezni, akárhova leszáll, megfordul, képes menekülésre stb. Van látórendszere, szaglórendszere, speciális fűrórendszere, amit működtet. Ha az ember által létrehozott legmodernebb helikopterhez hasonlítom, az jelenleg sincs hasonló fejlettségi szinten. Az energiafelhasználásról nem is beszélve. Rettentő nehéz feladat lenne egy szúnyog funkcióinak megvalósítása számítógépen futtatott algoritmusokkal. Azaz a valódi neurális rendszerek nagyon jók, nagyon hatékonyak, energiaigényük se nagy, ezért érdemes ellesni a természettől, hogyan is működnek. A kutatásaimhoz ez is kapcsolódik. Itt is digitális jelek, impulzusok vannak, amelyek igazából ingerületeknek felelnek meg. Csomópontokban kapcsolódnak össze, és bizonyos műveletek elvégzése után továbbítódnak. A valódi hálózatok komplexitása óriási. Ez azonban még mindig nem ad magyarázatot arra, hogy miért ilyen hatékony a gondolkodásunk, látásunk, érzékelésünk. Képzeljünk el egy óriási kapcsolási rajzot: ha fel-le kapcsolatok ebben a rendszerben, mindig mechanikus dolgok történnek. Tehát kell lennie valami másnak is, ami ezt a rendkívüli plaszticitást létrehozza.

Asztroglíának nevezzük az agynak egy másik struktúráját, ami szintén az idegsejteket kapcsolja össze. Több mint négy éve érdekel ez az idegsejtkörnyezet. Itt analóg folyamatok mennek végbe. Koncentrációk változnak, és visszahatnak az impulzusokra. Az agy és a neuronok hatékonysága talán azzal magyarázható, hogy kétfajta – egy analóg és egy digitális – rendszer szimbiózisaként működik. Az analóg jellegű számítások nagyon masszív párhuzamos számítások, melyek a molekulák szintjén történnek, míg a digitális jellegűek a neuron hálózat impulzusai.

Az alacsonyabb rendű élőlényeknél alig fordul elő glia. Itt ösztönszerű „behuzalozott” működésről van szó. A magasabb rendű élőlényeknél viszont annál nagyobb szerepet játszik a glia sejt, melynek száma a neuronénak többszöröse. Az érdekel mostanában, hogy miképp lehetne ilyen jellegű rendszereket készíteni. Az analóg számításnál nehéz a peremfeltételek megadása. Utána viszont pillanatokon belül végbemennek a számítások. A digitális eljárások lassúak, de az inputot könnyű megadni. Egyfajta komplementeritást tapasztal-

hatunk, ha összehasonlítjuk az analóg és a digitális világot. A gondolkodásban szintén létezik ez a kétfajta megközelítés. Az egyik esetében hosszan állítgatjuk az inputot, aztán elengedve a folyamatot kapunk egy jó eredményt. A másik esetében megadjuk az inputot, és hosszan várunk, míg az algoritmus kiszámolja az eredményt. Ma mindenki a digitalizációról beszél, ám a számolások szempontjából úgy látszik, vissza kell térni az analóg világra. Mert ott pillanatokon belül kaphatunk eredményt. A robot nem tudna átkelni az úton, ha minden szituáció elemzésére egy órát kellene fordítania.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

A legfontosabb, hogy azok is kapjanak projektet, akik innovatív újszerű megoldásokat képesek létrehozni. A pályázatok elbírálása mindenképpen kritikus pont ebből a szempontból. A tapasztalatok inkább negatívak. A kevés pénz se megfelelően kerül elosztásra.

A siker másik fontos tényezője a valós problémák megoldása. Ha nincs tudományos válasz a jelen feszítő kérdéseire, jó megoldások helyett legjobb esetben is csak kevésbé rosszak születnek. A baj ezekkel nem is az, hogy messze vannak az ideálistól, hanem hogy a jövőre is rányomják a bélyegüket.

A megoldandó feladat túlságos specializált volta sem kedvez a sikernek. A siker ne legyen kéréséletű. Egy olyan kutatási megoldást, amelyről látszik, hogy pár év múlva más technológia helyettesíti majd, nem szabad tudományos eredménynek tekinteni.

Végezetül a siker segít, de az, aki sikerorientált, könnyen elfeledkezhet igazi feladatáról. Lehet-e fontosabb a siker az eredményes kutatásnál? Igen, és ez baj. A feladat: tenni a dolgunkat, és a siker, elismerés legyen ráadás.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Egyetemista korom a Z 80-as gépek kora, tehát azok a dolgok, amik ma fontosak, nem is jelenhettek még meg. Ha most lennék egyetemista, akkor a mostani kutatási területem nagyon is megfelelő. De azért meg tudnék nevezni más területeket is. A logika numerikus módszereit szívesen vizsgálnám. A kognitív pszichológia eredményeinek matematikai alkalmazása is érdekelne. Az evolúció modelljei, különös tekintettel a komplexitás növekedésének kérdésére, nagyon érdekes terület. Végül ott van az analóg és digitális folyamatok kölcsönhatása alapján működő rendszer.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Azonos területen dolgozó emberek összefogásának az elérése. Mindenki jól

tudja, ki, illetve kik azok, akik jók az adott területen, ahol dolgozik. Egy közös cél érdekében való összefogás elérése mégis szinte lehetetlen. A projektek kikényszeríthetnék az összefogást, mint ahogy ez működik is egyes országokban, de nem megy itthon. (Még az EU-ban sem megy nagyon.) A pénzek megszerzése a lényeg, és a kutatási jelentéseken való keresztülvergődés után kezdődik a következő projekt összekalapálása.

Maga a pályáztatás se jó. Hogyan fedezhette volna fel például Kolumbusz Kristóf Amerikát, ha a király attól teszi függővé támogatását, hogy pontosan kitölt-e egy pályázati csomagot, megfelelő gazdaságossági számításokkal, megtérüléssel stb. Mit kell arra válaszolni, hogy mennyi ideig tart az út? Mennyi arany és egyéb érc várható?

Az adminisztráció sok értékes időt vesz el az effektív kutatástól. A jelentések valóságtartalma pedig nehezen ellenőrizhető.

Csúcstechnológiában koncentrált erőforrással, nagyon jól kiválasztott projektekkel lehet sikert elérni.

Érdemes lenne az utolsó tíz év pályázatainak utóéletét megvizsgálni. A sikeresség szempontjából a bírálókat, az értékelőket minősíteni, nem utolsósorban pedig magukat a résztvevőket újraértékelni.

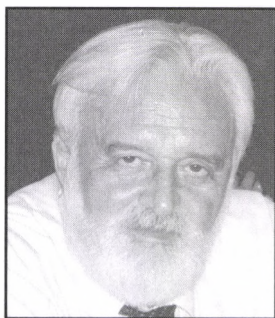
Dombi József

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Informatikai Tanszékcsoport,
Számítógépes Algoritmusok és Mesterséges Intelligencia Tanszék
6720 Szeged, Árpád tér 2.

<http://www.inf.u-szeged.hu/~dombi>

Dömölki Bálint

Az M3-tól a magyar informatikai stratégiáig



Dömölki Bálint a magyar informatika egyik „nagy öregje”. Az ELTE matematika-fizika szakán végzett, majd friss diplomásként részt vett az első hazai számítógép, az M3 1957 és 1960 közötti fejlesztésében. Az ötvenes évek vége óta dolgozott a Kibernetikai Kutatócsoportnál, a Számítástechnikai Központban, az Infelornál, a SZÁMKI-nál, az SZKI-nál, az IQSOFT-nál. 1985 és 1990 között a Neumann János Számítógéptudományi Társaság elnöki teendőit látta el. A magyar informatikai stratégia kidolgozásában szintén aktív szerepet vállalt. Az Informatikai Érdekegyeztető Fórum (Inforum) alelnöke. A szakma az első hazai szoftvermérnöként tartja számon.

Ismertetné részletesen az M3 fejlesztését, illetve jellemezné a komputert?

Abban a szerencsés helyzetben voltam, hogy éppen az egyetem elvégzése után, 1957 augusztusában értesítettek: elfogadták az Akadémia akkor újonnan létesítendő Kibernetikai Kutatócsoportjába beadott pályázatomat. Matematika-fizika szakos tanárként végeztem, és Tatabányán már meg is volt a középiskolai tanári állásom. Azonban hiába voltam tanár szakos, sohasem tanítottam.

Az elejétől benne voltam a magyar számítástechnikában, negyedéves egyetemista koromtól kezdve érdekel a téma. Akkor hangzottak el ilyen tárgyú előadások; elsősorban Tarján Rezső és Kalmár László foglalkoztak az akkoriban még nagyon újdonságnak számító – korabeli nyelvhasználattal – „számológépekkel”. Az egyetemen Péter Rózsa professzor tanított matematikai logikát; így kezdtem el tanulmányozni a számítástechnikához kapcsolódó automataelméletet. Ez volt érdeklődésem alapja.

A kutatócsoport 1957 nyarától működött. Mindenhol hallottuk, hogy léteznek ezek az újfajta masinák. Azon gondolkoztunk, mit lehetne tenni Magyarországon. Viták folytak arról, kell-e nekünk vagy nem ilyen gép. Aztán az Akadémia eldöntötte, hogy igen. Arról szintén vitáztak, hogy mi legyen – mert, ha máshol, úgy itt is nyilvánvalóan akadnak okos emberek, akik képesek létrehozni számítógépet. Volt olyan elgondolás is, hogy esetleg tervezzünk egyet. A vásárlásnak politikai akadályai voltak.

Így jött az elhatározás, hogy a kettő között kellene megoldást találnunk: csinálni valamit, de nem teljesen saját találmányt, hanem megvenni egy, már kidolgozott gép teljes dokumentációját, és az alapján felépíteni a miénket. Partnerként természetesen a Szovjetunió adódott. Egy már éppen sorozatgyártás előtt álló fejlesztési modellnek a dokumentációját szereztük meg. Ez lett az M3.

Három nagy ruhásszekrényt tett ki, elektroncsövekből épült fel. Már nem tudom

pontosan, hány százból, de sokból. Mai mértékkel mérve teljesítményét harminckét bites szavakkal működött, tehát négy bájt volt egy szó. Az első változatban volt 1024 darab, összesen négy kilobájtnyi memória. Az adat mágnesdobon volt, ami henger körül forgott; háromezer fordulatot tett percenként. Egy cím kikeresése tíz millszekundumot vett igénybe. Egy utasítás végrehajtásához átlagosan három címet kellett kikeresni. Így jött ki, hogy körülbelül harminc műveletet végzett másodpercenként, ami nagyon nagy eredménynek számított akkor. Egy-két évvel később sokkal gyorsabb memóriával lett kiegészítve, sebessége másodpercenkénti száz műveletre emelkedett. A memória szabott határt a megoldandó feladatoknak.

Érdekes szerepem volt: matematikusként kerültem oda, és az volt a hozzáállás, hogy a mérnökök készítsék, a matematikusok pedig programozzák a gépet. Amikor az oroszoktól ömlesztve megkaptuk a jó néhány ládányi dokumentációt, a vezetés rájött, meg kellene érteni, miként lesz a szép áramköri rajzokból utasításrendszert végrehajtó és programozható számítógép. A különben nagyon jó és szintén frissen végzett mérnök kollégák nem voltak erre felkészülve, mert tudták ugyan, hogyan működnek az elektroncsövek és az áramkörök, de azt már nem tanulták, miként végezhető műveletek, hajthatók végre utasítások velük. Tehát olyan embert kerestek, aki meg próbálja érteni a gép működését, mai terminológiával az architektúráját, és valamilyen módon tolmácsol a mérnököknek. Erre a feladatra választottak ki, és ezt tettem a gép építése alatt, 1957-től az 1960 eleji első normális életjelekig. Igen érdekes volt; előtte senki nem foglalkozott ilyesmivel. Megismételhetetlen, mert manapság a gyártókon kívül senki nem ismeri a komputereket ennyire intim módon. Kiment a divatból, hogy a szerelők, rendszergazdák a gépbe belenyúlva javítsanak.

Én vezettem az üzemelés első időszakát, majd utána visszamentem programozónak.

Miket tart még az eleinte Tarján Rezső szellemi irányításával fémjelzett Kibernetikai Kutatócsoport főbb eredményeinek?

Magával az elnevezéssel nem érdemes túlzottan foglalkozni, akkor ugyanis még nem létezett a számítástechnika fogalma. Új szóval próbálták illetni, így találták ki az Európában a számítástechnika szinonimájaként használt kibernetikát. Nagyon gyakorlatiasan közelítettük meg: létre kellett hozni egy komputert, és meg kellett nézni, hogyan lehet használni.

Rendkívül fontos volt, hogy létrejött egy ilyen gép, amely aztán nyilván hamar elavult. Később már hozzá lehetett jutni fejlettebb, professzionális módon előállított masinákhoz. Akkor is megfigyelhető volt, hogy ha akármilyen műszaki berendezést veszünk, már a vétel pillanatában elavult. Az M3 jelentősége abban áll, hogy egyrészt felnevelt egy szakmai gárdát, másrészt általa kezdtünk el rátalálni a csak számítógéppel megoldható feladatokra. Először a könnyebbik vonalon, a műszaki számítások vonalán – például a MOM számára is dolgoztunk lencserendszereken.

Még érdekesebbnek bizonyultak azonban a gazdasági jellegű alkalmazások. A

Tervhivatalban dolgozó kollégák hamar rájöttek, hogy jól tudnák használni a gépet. A közgazdászok akkor kezdtek el foglalkozni az ágazati kapcsolatok mérlegével. Ez olyasmiről szólt, hogy a gazdaságban létezik, mondjuk, ötven ágazat – szénbányászat, közlekedés stb. –, és mindegyiknél megállapítható: mennyi hozzájárulásra van szükség a többiektől az egységnyi termeléshez. Nagy négyszög alakú mátrixot lehetett felrajzolni: minden pontban megvolt, mennyi szén kell az elektromos áram előállításához, de az is, mennyi elektromos áram kell egy kiló szénhez. Mindezeket hagyományos eszközökkel nem lehetett végigszámolni; kvalitatív becsléseket végeztek. Viszont a nagy mátrix invertálásával egzaktul meg lehetett csinálni. De ezen kívül is létezett több alkalmazási terület, ahol megtaláltuk azokat, akik hamar rájöttek, hogyan használható fel az új eszköz. Például Kornai János is akkoriban ismerkedett a közgazdaságtan számítástechnikai alapjaival.

Kiemelném még Aczél István tevékenységét. Sajnos korán meghalt. Ő volt az alkalmazási társaság vezetője; aki a legtöbb gazdasági jellegű alkalmazást kezdeményezte.

1965-től az Infelornál dolgozott.

1957-től 1965-ig dolgoztam a Kibernetikai Kutatócsoportnál, majd átkeresztelve az Akadémiai Számítástechnikai Központnál. Mivel nem akadémiai berkekben szokásos kutatásokat folytattunk, mindig felemás maradt az Akadémiához való viszony.

1965-ben indult egy érdekes kísérlet. Már több helyen voltak számítógépek: minisztériumokban, intézetekben, a statisztikai hivatalban. Kezdett felvirágozni a terület. Az a gyakorlat uralkodott, hogy ha volt egy minisztériumnak egy szervezési intézete, bizonyos idő után átkeresztelték szervezési és számítástechnikai intézetté. Ha a minisztérium vagy az ágazat területén probléma merült fel, akár értettek hozzá, akár nem, az ő kötelességük volt megoldani. Nem volt igazi piaca a dolognak; igaz, verseny se volt.

Valaki kitalálta, hogy alapítani kellene egy félig-meddig üzleti alapon, feladatokot szabadabban megoldó intézményt, azaz egy „partizáncsapatot”, amely vállalja el azt, amit jól meg tud oldani. A KSH vezetősége, amely a számítástechnikai alkalmazásoknak valamiféle ágazati irányítója volt, lett ebben partner. Ambiciózus és koncepciózus volt a vezetőségük. Előbb főosztályvezetőként, később elnökhelyettesként Pesti Lajos vezette a „birodalmat”. Vele került kapcsolatba az a fiatal közgazdász, aki kitalálta, hogy valami ilyesfélét kellene tenni. Megkapta a jogosítványt, és az intézmény kezdetben a KSH Információfeldolgozási Laboratóriuma nevet viselte. Később ezt úgy szervezték át, hogy vállalati formában működött. Akkor jött az egyik kollégának az a szenzációs ötlete, hogy rövidítsük Infelorra a nevet.

Ezt a fiatalembert Rabár Ferencnek hívták, és egy negyedszázaddal később az Antall-kormány pénzügyminisztereként találkozhattunk vele. Ő volt az Infelor

lelke, az ő gondolatain, lelkesedésén és szervezőképességén múlt, hogy tényleg sikerült. És azon, hogy akkoriban már elkezdtek fújni az „új gazdasági mechanizmusként” ismert, 1968-hoz kapcsolódó szelek. A szocializmus keretein belül próbáltunk a piaccgazdasághoz közelíteni. (A hetvenes évek elején azonban jött a politikai ellenszél.)

Az „új gazdasági mechanizmus” viszont mindenképpen adott az Infelor számára egy lökést, és tényleg meg lehetett tenni, hogy összejött harminc-negyven lelkes fiatalember – hálózatokat tanulmányozó mérnökök, közgazdászok, többek között operációkutatással foglalkozó elméleti közgazdászok, adatfeldolgozók –, és különböző területeken kerestük a megoldható feladatokat. Működött. Viszont az Infelor természetéből adódóan nem volt kutatóintézet. Kifejezetten gyakorlati feladatok megoldására szolgált.

Én magam a programozási társaság vezetőjeként dolgoztam. Ügyfelünk elsősorban maga a kezdődő magyar számítástechnikai ipar volt. A sashalmi EMG-ben, az Elektronikus Mérőkészülékek Gyárában mindenféle mérőberendezéseket készítettek. Megvolt a szakmai alaptudás, és egy idősebb mérnöknek, Klacsmányi Árpádnak egyszer eszébe jutott: miért ne csináljanak ezekből az alkatrészekből számítógépet? Belekezdtek a tervezésbe, gyártásba, és csomó világviszonylatban is újdonságnak számító megoldással álltak elő. Ha tőkeerősebb gyár lett volna... Szóval, nekik készítettünk programozási, szoftverfejlesztési feladatokat, aztán egy szakmapolitikai döntés következtében a téma az EMG-ből a Videotonba került, ahol komoly számítástechnikai részleg fejlődött ki. Velük dolgoztunk együtt; természetesen beszálltunk az alkalmazási feladatokba is.

Ez 1965-től a hetvenes évek elejéig tartott. 1975 táján az Infelor SZÁMKI-vá, Számítástechnikai Kutatóintézetévé keresztelődött át. Ezzel egy időben ajánlottak Rabár Ferencnek rendkívül kedvező munkát egy – szovjet-amerikai együttműködés keretében létesült – Bécs körüli alkalmazott rendszerelméleti kutatóintézetben, Laxenburgban. Még most is létezik az intézet. Rabár a Föld élelmi-szerellátásának makroökonómiai modelljét kidolgozó projektet vezette.

Távozása után, 1976 végén én is eljöttem a SZÁMKI-tól. A vállalat története azonban folytatódott: az Infelor és a SZÁMKI után – még mindig a KSH fennhatósága alatt – három nagyobb cég egyesítésével létrejött a Számalk, amely ma is létezik.

1968-ban ESZR (Egységes Számítástechnikai Rendszer) néven beindult a KGST-tagországok számítástechnikai együttműködése.

Felismerték, mennyire fontos ez. Az együttműködés célja az volt, hogy bőségesen legyenek korszerű gépek ezekben az országokban. Egyidejűleg a magyar vezetés is elhatározta: központi fejlesztési programot indít. Én az Infelor színeiben kapcsolódtam bele, mi vállaltuk el a szoftveres séma képviselőjét. Létrehozták a Számítástechnikai Koordinációs Intézetet, az SZKI-t, amelynek az együttműködést kellett koordinálnia. Nárai Zsolt volt a vezetője, aki hamarosan felis-

merte, hogy ha csak koordinál, nem jönnek értelmes emberek, így az SZKI kutatásfejlesztő intézetté alakult át, ami a nevében is megnyilvánult. Akkor mentem oda, amikor úgy éreztem, elegendem van az Infelorból és a SZÁMKI-ból. 1977-ben létrejött a furcsa nevű, kicsit fából vaskarika Elméleti Laboratórium. Az volt az elképzelés, hogy figyeljük, mi van a világban, nézzünk át és dolgozzunk fel témákat. Túl jól sikerült a valóságban: ha egy-egy témát találtunk, inkább mi csináltuk meg, és nem adtuk tovább a többieknek.

Milyen témákon dolgoztak?

Négy nagyobb témával foglalkoztunk. A legjelentősebb a logikai programozás, a PROLOG világa volt. Tulajdonképpen menedzseri munkát, és nem aktív tudományos tevékenységet vállaltam benne. A magyar PROLOG fejlesztése nem is az SZKI-ban, hanem a NIM-IGÜSZI-ben indult. Akkor próbáltuk az SZKI keretében folytatni, amikor üzleti jellegűvé kezdett válni. A NIM-IGÜSZI bedolgozott, egyes emberek – például Szeredi Péter – átjöttek. A mai világ számára is tanulságos: ahhoz, hogy egy jól működő programból eladható termék legyen, legalább annyi munkát kell ráfordítani, mint az eredeti fejlesztésébe. A PROLOG nemzetközi forgalmazása a nyolcvanas évek elején kezdődött. Értünk el ugyan sikereket, de egy idő múlva kezdett elhalványulni a nemzetközi jelentősége. Továbbá kiderült, egy ilyen terméket nem lehet Magyarországról támogatni és forgalmazni, mert lényegesen nagyobb erőforrásokat igényel.

A másik nagy téma egy fordítóprogram-fejlesztés volt. Valamikor a hetvenes évek végén, nyolcvanas évek elején az amerikai hadiipar kitalálta, hogy elsősorban beágyazott rendszerek számára kellene könnyen kezelhető programokat írni. Nemzetközi pályázatot írtak ki, amit franciák nyertek meg. Ők definiálták az ADA nyelvet, ami elkezdte élni az életét. Akkor jött itthon az ötlet, hogy fordítóprogramot kellene csinálni rá. Az embargó miatt nem lehetett megvásárolni, a specifikáció viszont nyilvános volt. Hozzáfogtunk, és az az érdekes konstrukció állt elő, hogy az akkori öt vezető számítástechnikai kutatásfejlesztő társaság – a Számalk, a SZTAKI, az SZKI, a KFKI, a Videoton – „pillanatnyi elmezavar” következtében közös projekt indítása mellett döntött. Engem bíztak meg a projekt vezetésével. Elkezdtük, lassabban ment, mint szerettük volna, de születtek eredmények és üzleti sikerek is. Az oroszoktól és a csehektől is kaptunk megbízást. A vasfüggöny mögött voltaképpen ez volt a legfejlettebb ilyen jellegű kísérlet. A fejlesztés magja fokozatosan az SZKI-ba tömörült. A rendszerváltás után viszont okafogyottá vált: a harmadik nagy projektből szintén külföldön árusított termék lett. Szoftverminőség-ellenőrző eszköznek nevezték.

A legnagyobb karriert befutott fejlesztésnek a RECOGNITA bizonyult. Egy-két emberes projektként indult az Elméleti Labor keretében, aztán önálló céggé vált, amely a jelentős világsikerek után jelenleg egy vezető multinacionális cég fejlesztő részlegeként működik Magyarországon.

A nyolcvanas évek végén, kilencvenes évek elején, amikor látszott, hogy többé

már nem terem sok babér a nagy állami kutatóintézetek számára, az SZKI vezetése kiírt egy pályázatot a saját lábukra álló részlegeknek. Mi is beadtuk a pályázatunkat. Két másik társasággal együtt megkaptuk a lehetőséget, és akkor jött létre részvénytársasági formában az IQSOFT. Az SZKI mellett egy osztrák és egy magyar bank, valamint a dolgozók voltak a részvényesek. Az Elméleti Laborból a PROLOG-os kutatókat vitte magával. De hamar kiderült, hogy magából a PROLOG-ból nem lehet megélni. Elkezdtünk minden mással foglalkozni. Az Oracle forgalmazása bizonyult a legfontosabbnak. Jó induló lökést adott. 1993-ig tartott, akkor jött be a cég Magyarországra.

Próbálkoztunk mindenféle mással is, például az objektumorientált eszközök itthoni terjesztésével, forgalmazásával. Az IQSOFT viszonylag jó hírű hazai szoftverfejlesztő céggé vált.

Részt vett a magyar informatikai stratégia kidolgozásában is.

1994-ben az akkori iparügyi miniszter tulajdonképpen annak megbeszélésére hívott össze néhány szakembert, hogy gondolják végig, miként kezelje az ország az informatikát. Ekkor már látszott a világban (és az Európai Unióban is), hogy az informatikára és alkalmazásaira az államoknak is oda kell figyelniük. Létrejött egy Nemzeti Informatikai Stratégia nevű tanulmány: kicsit szervezettebb formában, nagyobb keretben folytatták. 1996-ra készült el egy fejlettebb változat.

Az 1998-ban hatalomra került kormánynál indultak stratégiakészítő tevékenységek, majd 2000-ben megalakították az informatikai kormánybiztosságot, amelynek keretében kidolgozták a Nemzeti Információs Társadalom Stratégiát.

2002-ben jött a mostani kormány, és Bakonyi Péter vezetésével megcsinálta a Magyar Információs Társadalom Stratégiát, amibe én is bekapcsolódtam. A lényegi mondanivaló, hogy az információs társadalom megvalósítása nem az állam, hanem a magánszféra feladata. Ez rendben is van, de az államnak valamilyen értelemben mégis katalizálnia kell: segítenie kell az üzleti alapon nem kifizetődő fejlesztéseket, hogy a korszerű dolgok hamar bejöjjenek az országba, a megfelelő támogatást, a szabályozó légkör kialakítását. Teremtse meg az emberek bizalmát az ilyen eszközök iránt: higgyenek abban, hogy ha egy rendszer ma működik, holnap szintén működni fog, és kapják meg a szükséges szolgáltatásokat. A szabályozás fontos része a személyiségi jogok védelme, a tiltott vagy nem kedvelt tartalmak elleni küzdelem. Az államnak rengeteg feladatban van szerepe. Ezeket próbálja összefoglalni ez a stratégia: mit kellene tenni, és hogyan tudja azt az állam támogatni? Az informatika alkalmazásának három lényeges „lába” van. Az egyik: hogyan befolyásolja az informatikai eszközök használata a gazdaságot. A másik: a különböző ügynézetéseknél csomó kényelmetlenséget szüntet meg. A harmadik, amit az állampolgár közvetlenül érez: ha információt akar szerezni – moziba akar menni, vásárolni akar –, hogyan lehet értelmesen rendszerbe állítani az információs társadalom szolgáltatásait. Hogyan lehet olyan nagyobb feladatokat, prog-

ramokat definiálni, amelyekre állami pénzek összpontosíthatók, és amelyek előrébb viszik a világot?

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

A legfontosabb, hogy a kérdéseket jól tegyük fel. Ha megrendelő számára folyik a munka, abból adódik a problémák nagy része, hogy maga a megrendelő se tudja, mit akar. Később jön rá, hogy valami egészen mást. A fejlesztő könnyen megelőzheti, ha nagyon gondosan teszi fel a kérdéseit. A dolgok nagy része az elején, a követelményelemzés fázisában dől el. Természetesen az is fontos, hogy legyenek eredményesen használható implementáló eszközök.

Ha visszamehetnének az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát, illetve miket ajánlana a mostani diákoknak?

Nehéz, mert nyilván mindenkinek más az érdeklődése. Szívesen foglalkoznék – és még nem adtam fel a reményt – az információval. Mi az? Mik az alapvető törvényszerűségei? Ennek van absztrakt elmélete is. Shannon kvantitatív megfogalmazása csak a jelenség kis részét teszi ki. Mi az információ minősége, ha nem csak a bitek szintjén nézzük az információátvitelt, és feltételezzük, hogy a másik oldalon van egy meghatározott tudással rendelkező ember vagy ágens? Akinek úgy kell átvinnem az információt, hogy azt értse meg a tudásával, amit mondani akarok. Ezek lényegesen mélyebb problémák, mint Shannon elmélete. Olyan emberek kellenének hozzá, akik el tudnak vonatkoztatni az információfeldolgozás napi problémáitól, és filozofikus szinten foglalkoznak az egészszel.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Csak trivialisításokat tudok mondani. Nagyon körül kell nézni, mit csinálnak a világban. Meg kell találni azokat a réseket, ahol tényleg valami értelmes pluszt tudunk adni. Szelektívnek kell lenni, mert ha valaki az üzletre is gondol, akkor csak azt szabad csinálni, amit érdemes.

Dömölki Bálint

Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács

1073 Budapest, Dob u. 76.

<http://www.nhit.hu>

Egri-Nagy Attila

Mesterséges élet és megértés

Egri-Nagy Attila a Debreceni Egyetemen végzett 2002-ben filozófusként és programtervező matematikusként. Jelenleg a Debreceni Egyetem és az angliai University of Hertfordshire közös kutatásaiban vesz részt PhD-hallgatóként. Az egyik legtehetségesebb fiatal magyar MI-kutató. Physisis projektjével a genetikus algoritmusokat és – tágabb értelemben – a digitális evolúciót tanulmányozta, az utóbbi időben pedig a megértés formális hierarchikus elméletén dolgozik.



A Physisszel vált ismertté. Hogyan kezdődött, illetve hol tart ma a projekt?

1999-ben kezdtem el tervezni a rendszert, melynek akkor az volt az alapvető célja, hogy egy olyan egységes platformot biztosítson a digitális evolúció kutatásához, amelyben a korábbi – főként a Tierra és Avida – szoftverekkel produkált eredmények összemérhetővé válnak. Digitális evolúción itt önreplikáló gépi kódú programok természetes szelekció alatt történő fejlődését értem. A célkitűzésnek megfelelően a rendszer erősen moduláris szerkezetű és ennek megfelelően rugalmasan bővíthető, valamint igen sokféle kísérlet végezhető vele. Ámde az eredeti cél menet közben „elfelejtődött”, mert rengeteg új ötlet merült fel, amelyek nyilván messze ígéretesebbek voltak, mint a meglévő eredmények összefoglalása. A legjelentősebb újítás az univerzális processzorok alkalmazása volt. Itt nagyjából arról van szó, hogy az evolúciós folyamatnak arra is lehetőséget adunk, hogy ne csak a programokat, hanem magát a programokat futtató processzort is változtassa, mondván, úgysem tudjuk megjósolni, melyik processzorarchitektúra evolválható, hát akkor bízzuk annak kifejlesztését is az evolúcióra. Persze így meg az univerzális processzort kell megterveznünk, de ez már inkább az evolúciós folyamat szabadon engedéséről, mint megkötéséről szól. Jelenleg az univerzális processzor második változatát tervezzük.

Miben különbözik majd a második változat az elsőtől, illetve mennyiben jelent továbblépést?

A futási eredmények tanulmányozása során nagyon gyakran egyértelműen lát-szik, hogy hol vittünk bele a rendszerbe valamilyen mesterséges, az evolúciós folyamatot hátráltató megszorítást. Az univerzális processzor esetében a genom egy része tartalmazza a digitális élőlény konkrét processzorának a leírását, beleértve annak utasításkészletét. A genom másik fele (persze ez a két rész a ki-

fejlődött élőlényekben teljesen összekeveredik) pedig nem más, mint a ténylegesen végrehajtható program kódja. A kérdés az, hogy ez a második rész hogyan hivatkozik az elsőben definiált egyes utasításokra. A jelenlegi változatban egyszerűen egy sorszámmal, ami meglehetősen nehézkessé teszi az utasításkészlet fejlődését, hiszen egy kieső vagy újonnan megjelenő utasítás az összes nagyobb sorszámú utasítás hivatkozási számát megváltoztatja nagyjából értelmetlenné téve a genom végrehajtható részét. Tehát egy rugalmasabb hivatkozási rendszert kell kitalálnunk és megnéznünk, hogy azzal mit kezd majd az evolúció.

Hogyan jutott el a Physisig?

Erre két válasz is van, egy rövid, felszínes, meg egy hosszú. A rövid: ráérő egyetemistaként keresgéltem az interneten, hogy milyen érdekes kutatások vannak, mibe lenne érdemes belefogni. Több mindent kipróbáltam: neuronhálózatokat, genetikus algoritmusokat, funkcionális programozást stb. Aztán ráakadtam Thomas Ray Tierrájára és elkezdtem komolyan foglalkozni vele, mondván, ez tűnik a legkalandosabb vállalkozásnak.

A hosszabb válasz megmagyarázza, hogy miért is tűnt akkor a legvonzóbbnak a digitális evolúció kutatása. Egyetemi tanulmányaimat filozófiával kezdtem, ahol az antik görög és a heideggeri filozófia mellett érdekelni kezdett a matematika és a mesterséges intelligencia filozófiája. Hamar kiderült azonban, hogy nem lehet az utóbbi kettőről gondolkodni a matematika és a számítógépek alapos ismerete nélkül. Nem is megy a dolog, és nem is tisztességes. Másodévesen elkezdtem analízist és diszkrét matematikát hallgatni, aztán harmadévesként már hivatalosan is tanultam a programozást. A filozófia megismerésének volt egy igen kellemes mellékhatása, megtanított arra, hogy minden tudásterületnek és mesterségnek megvan a saját gondolkodásmódja, s igazából csak ezt kell megérteni vagy erre kell ráérezni, s utána az apró részletek elsajátítása már gyerekjáték. Ez triviálisan hangozhat, de mikor pár évvel később tanítani kezdtem a programozást, azt vettem észre, hogy a hallgatóknak azért nem megy, mert ők a C vagy a Java nyelvet akarják megtanulni, s nem a szemléletet akarják megérteni. Viszont gondok vannak magával az informatikával is. Fő célját ugyanis, azaz hogy komplex funkcionalitással bíró, stabilan működő megbízható rendszereket hozzon létre, a rengeteg látványos eredmény ellenére sem bírta a mai napig megvalósítani. Pedig a probléma nem megoldhatatlan, vannak komplex adaptív rendszerek: az élőlények. Az informatika problémáira tehát a megoldás alighanem a biológiában lesz megtalálható. Innen nézve már nem is tűnik olyan véletlenszerűnek a digitális evolúció kutatásának ötlete.

Hogyan látja a mesterséges élet-kutatások helyzetét?

Ma már nagyon sok mindenre rá lehet mondani, hogy az mesterséges élet-kutatás: bármilyen szimuláció, amelyben az egyedek lehetnek akár országok, nemzetek is, vagy a genetikus algoritmusok alkalmazása valamilyen konkrét problémára,

meg még egy pár kutatás, ami inkább a mesterséges intelligenciához tartozik. Ugyanakkor azonban az élet mibenlétét, létrehozásának mikéntjét firtató lényeges kérdések mintha kikerültek volna az érdeklődés középpontjából. Ez persze nem feltétlenül rossz, mert kell a sok aprómunka, sokféle szimuláció, kísérlet, hogy megfelelő tapasztalati anyag gyűljön össze. A kérdés csak az, hogy ezek a kutatások elvezetnek-e majd újabb lényeges belátásokhoz.

Milyen jelentőséget tulajdonít az utóbbi időben például John Holland által is kritizált genetikai algoritmusoknak?

A genetikai algoritmusoknál hangsúlyozni kell, hogy itt csak egy természettől ellesett ötlet alkalmazásáról van szó, amely csak egy mozzanata az evolúciónak. S ami kezdetben szerencsés névválasztásnak bizonyult, az később keményen viszszaütött, mert a mesterséges élet szemszögéből nézve a genetikai algoritmusok bizony elég gyengén szerepelnek, például a fix fitnessfüggvény vagy a nagy, de véges keresési tér alapján.

A genetikai algoritmus egy matematikai módszer optimalizációs problémák megoldására. Az már megint más kérdés, hogy mikor, milyen feltételek mellett alkalmazható sikeresen. Az biztos, hogy bizonyos problémákra tüneményes megoldásokat ad, de szó nincs arról, hogy életfolyamatok megvalósítását jelentené.

Milyen párhuzamok vonhatók a digitális és a természetes evolúció között?

Inkább megfordítanám a kérdést: mik a különbségek a kettő között? Mert habár az evolúció elmélete már Darwin óta megvan, mégsem sikerült még a földi élet sokszínűségével összemérhető mesterséges evolúciót létrehozni. Kicsit úgy vagyunk, mint a kezdő szakács, aki értetlenül forgatja a szakácskönyvet, mert hát mindent úgy csinált, ahogy a receptben le van írva, mégsem úgy néz ki az eredmény, mint a képen, az ízéről nem is beszélve.

Komolyabbra fordítva szót, rengeteg párhuzam van a kettő között. Az Avidát például mikrobiológusok is használják hipotéziseik tesztelésére, és a baktériumok nagyjából ugyanazt teszik, mint a digitális élőlények. Mi történik, ha egy populációba beleteszünk valamilyen mutánst? Mitől függ, hogy megmarad-e vagy kihal? Hogyan változik a genom felépítése néhány nemzedék alatt? Ilyen s hasonló kérdések megválaszolására már most is alkalmas a digitális evolúció.

Miért nem sikerült eddig megvalósítani a digitális cambriumi robbanást?

A legnagyobb probléma szerintem az, hogy a digitális élőlényeknek csak korlátozott lehetőségeik vannak az egymás közti interakciókra. Vannak modellek, melyekben az élettérért vagy az élelemért küzdenek. Más modellek a lehetséges kooperációt tanulmányozzák, mondjuk játékelméleti nézőpontból. De még ha le is van fedve az összes lehetséges kölcsönhatási mód, akkor sincs egy egységes modellbe integrálva. S az igazi kérdés nem is az, hogy bele tudjuk-e pakolni mind-

ezt egy rendszerbe, hanem az, hogy tudunk-e egy olyan mesterséges világot létrehozni, melyben ezek az interakciók megjelennek.

Lehet azonban az is, hogy egyszerűen csak sokkal nagyobb méretben kellene kipróbálni a digitális evolúciót. A földi élet létrejöttékor minden langyos pocsolya vagy tengermélyi hőforrás az élet kikombinálásán „dolgozott”, mint valami gigantikus, masszívan párhuzamos számítógép. Ehhez képest az oly gyorsan fejlődő számítógépek számítási ereje is csak mosolyra készlet. Egyelőre.

Milyen projekten dolgozik jelenleg?

Jelenlegi fő kutatási témám a klasszikus MI-hez van közelebb. Hogyan ismerjük meg a világot? Egy igen bonyolult, kusza jelenségben kell megkülönböztetnünk azokat az elemeket, melyek szorosabb kapcsolatban állnak egymással, azoktól, melyek lazán vagy egyáltalán nem kötődnek egymáshoz, meghatározunk a függések egyirányúságát vagy kölcsönösségét, felismernünk az egymással felcserélhető elemeket, elvonatkoztatunk a felesleges részletektől, vagy épp ráfókuszálunk egy bizonyos részjelenségre.

Megértjük, hogy a molekulák atomokból épülnek fel, a sejtek molekulákból, az élőlények meg sejtekből. A számokat a tízes számrendszerben reprezentáljuk, mert így könnyen tudunk számolni velük egyszerű algoritmusok segítségével. Mi mindebben a közös? A hierarchikus szerkezet. Ha egy adott jelenségre rá tudunk húzni egy hierarchikus modellt, akkor azt mondhatjuk, hogy megértettük azt a jelenséget, hiszen egy zavaros, bonyolult jelenség helyett van egy jól strukturált, könnyen kezelhető modellünk. A modellel egyszerűen tudunk számításokat végezni, melyek eredményeit a valós jelenségre visszavonatkoztatva meg tudjuk jósolni annak viselkedését. Olyan ez, mint egy metafora: egy dolgot valami más segítségével értünk meg. Azt mondjuk, nehéz volt a vizsga, holott a vizsgát nem tudjuk megemelni, hogy megnézzük, mennyit nyom. Egyszerűen van valami, amiről nagyon közeli tudásunk van, itt a fizikai világ, és annak a szerkezetét rávetítjük valami másra. A metafora mostanában elég gyakran használt szó a kognitív tudományban is, hiszen nem csak egy költői eszköz, hanem úgy tűnik, hogy az absztrakt gondolkodás egyik alapvető eleme.

A jó hír, hogy ezek a hierarchikus modellek automatikusan generálhatók emberek, robotok vagy akár egy szoftver számára. Miben különbözik ez a klasszikus MI-től? Hiszen itt is reprezentációkról, modellekről beszélünk. A különbség az, hogy ezek a modellek nem fixen adottak, hanem a környezettel való interakció során generálódnak és újragenerálódnak, azaz dinamikusak. A lehetséges alkalmazási területek nagyon szélesek, hiszen a modell bárhol alkalmazható, ahol az adott jelenség leírható egy véges automatával. Például a sejten belüli reakcióhálózatok elemzésével, OO programozás, tanulásra képes robotok esetében stb.

Akkor hol a probléma? Az automaták algebrai elméletében jól ismert Krohn-Rhodes tétel kimondja, hogy minden véges automatához létezik egy hierarchikus

felbontás. Csakhogy ki is kell számolni ezt a felbontást! S az nem elég, hogy a robot szembetalálkozik egy problémával, majd egy napig meg sem mozdul, aztán roppant okosan és önállóan megoldja a feladatot. Tehát a mostani kutatás teljesen matematikai, és gyakorlatilag arról szól, hogy tudunk-e hatékonyan számolni bizonyos algebrai struktúrákkal, a félcsoportokkal. Ha igen, akkor az teljesen új utakat nyithat az MI-ben is.

Hogyan kapcsolódik jelenlegi munkája a korábbiakhoz, például a Physishez?

Az evolúcióval kapcsolatos viták legtöbbször a komplexitás kérdése körül forognak. Növekszik-e vagy csökken a komplexitás mértéke? Lehetséges-e vég nélküli (*open-ended*) fejlődés? Hogyan írható le a fejlődés dinamikája? E kérdések megválaszolásához szükségünk van egy szigorú komplexitásfogalomra. A hierarchikus modell ad egy ilyet, mégpedig a hierarchikus szintek minimális számaként. Az egyik jelenlegi témavezetőm, Chrystopher L. Nehaniv részt vett egy olyan matematikai elmélet kidolgozásában, amely leírja például, hogy milyen sebességgel haladhat az evolúciós fejlődés. A Krohn-Rhodes elmélet végső soron azt írja le, hogy hogyan építhetők fel bonyolult dolgok egyszerűekből, s akár az emergencia matematikai definíciójának alapjául is szolgálhat. Innen nézve már nem csak kapcsolódik, hanem rendkívül fontos eszköz lenne és lesz a digitális evolúció tanulmányozásához.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Legfőképpen abban, hogy ezek a kutatások rendkívül izgalmasak. Gyakorlatilag azokon a problémákon dolgozunk, melyekkel pár éve a sci-fi regényekben találkozhattunk. Sokan nyíltan vállalják is ezt a motivációs forrást. S ha a kutató személy szerint is érdekelt a projektben, azaz ő saját maga is szeretne választ kapni a kutatási kérdésekre, akkor a siker lényegében garantált.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Mivel PhD-hallgatóként még félig diák vagyok, így a kérdésre igazából nincs jogom válaszolni. Mégis megkockáztatom azt a választ, hogy nagyjából mindegy, hogy hol kezdi el az ember. Ha következetesen keresi a választ a felmerülő kérdésekre, akkor a dolog maga megmutatja a jó irányt. Így lesz a matematikusból neuropszichológus, programozóból biológus, filozófusból programozó matematikus.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Személy szerint nekem az egyik legfontosabb alapelv, hogy különböző érdek-

lődésű emberekkel dolgozhassak együtt. Még akkor is, ha viszonylag kevés a kapcsolódási pont a kutatások között. S itt elsősorban nem az elkoptatott „interdiszciplináris kutatás” divatszóra gondolok, hanem a gondolkodás mozgékonyágának a megőrzésére. Soha nem lehet tudni, hogy honnan jön egy jó ötlet. Az ember igen hatékony mintázatkereső aggyal bír, s képes meglátni a megoldás vázát akár egy egészen más kutatási területet szemlélve is.

A komoly eredményekhez szükség van a folyamatos utánpótlásra, s ez elsősorban az egyetemek felelőssége. Nemcsak a szaktudást kell átadni, hanem a tudományos kutatás előbb említett izgalmas mivoltára is fel kell hívni a figyelmet. S ez utóbbi tapasztalatom szerint hiányzik, főleg infrastrukturális és finanszírozási gondok miatt. Őszintén remélem, hogy a dolgok végül jóra fordulnak majd.

Végül, de nem utolsósorban (sajnos) pénz kell a komoly eredményekhez.

Egri-Nagy Attila

University of Hertfordshire, Adaptive Systems Research Group
College Lane, Hatfield Herts AL10 9AB, U.K.

<http://adapsys.feis.herts.ac.uk>

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Számítógéptudományi Tanszék
4010 Debrecen, Pf. 12.

<http://www.inf.unideb.hu/szamtud>

Érdi Péter

Interdiszciplinaritás, komplex rendszerek

Az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetének tanácsadója, a Biofizikai Osztály vezetője, egyetemi magántanár, a Michigan állambeli Kalamazoo College Komplex Rendszerek Központjának Henry R. Luce professzora és alapító igazgatója, az ELTE TTK tudománytörténeti és tudomány-filozófiai tanszékének vendégprofesszora. 1970-ben az ELTE vegyész szakán végzett, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen kémiai kibernetikai szakmérnöki tanulmányokat is folytatott. A nyolcvanas évek óta több külföldi felsőoktatási intézményben oktatott, kémiát, biológiát, kibernetikát és filozófiát közös nevezőre hozó könyveket és tanulmányokat jegyez.



A hetvenes évek első felében kémiai kibernetikával foglalkozott. Mit fed le, és hol tart ma ez a tudományág?

A kibernetika sok helyen, különösen Amerikában, szitokszó. Az MI bizonyos mértékig a kibernetikát meghaladva kívánta elérni az eredményeket, de azt hiszem, ez részben visszalépés volt.

Bizonyos fókig követem a kibernetikus tradíciót. Hogy mit jelentett akkor a kémiai kibernetika? A hatvanas évek második felében végzett generációban nőttem fel. Akkor kezdtek el Magyarországon számítástechnikai alkalmazásokkal foglalkozni. Vegyész szakon végeztem az ELTE-n, ahol Benedek Pál, a vegyipari és kémiai számítástechnika magyarországi úttörője tanított. 1966-ban érkezett egy Gear nevű dán számítógép, 4K vagy valami hasonló volt a memóriája. Azért vették, hogy a Péti Nitrogénművek ammóniaszintézisének folyamatait számítógéppel irányítsák. A gép az Erzsébet királynő úti Vegyterv tizenhárom emeletes épületébe került. A kilencedik és tizedik emeleten volt egy különlegesen intelligens intézmény, a Magyar Vegyipari és Mérnöki Iroda, a gépet is ide helyezték el, és Benedek Pálnak is itt volt a második, vagy talán az első munkahelye. Remélem, egyszer valaki megírja ennek az intézménynek a tragikomikus történetét. Mindenesetre akkoriban hallottam először olyan szavakat, hogy rendszer, modellszimuláció, vegyipari technológiák számítógépes szimulációja. Erről a témakörrel írtam a szakdolgozatomat. Reveláció volt, hogy a felrobbanás veszélye nélkül lehet kémiai kísérleteket végezni. 1970-ben végeztem, és Százhalombattán, a Dunai Kőolajipari Vállalat számítóközpontjában kezdtem dolgozni. Odavitték az egyik első 360/40-es IBM-gépet. Eleinte 64K memóriája volt, később 128-ra bővítették. Hihetetlen nagy számok voltak ezek abban az időben. Azt hittük, a vállalatnak is lesz valamilyen számítógépes folyamattírányítása. Már a második nap észrevettem, hogy semmi nem lesz belőle, és

elkezdem mással foglalkozni. A munkahely kicsit furcsa volt, semmit csinálni szabad volt, de mást csinálni nem. Ez a más a kémiai reakciók sztochasztikus szimulációja volt. Volt is Sipos Tamással és Tóth János matematikus barátommal néhány munkánk, amellyel azt hiszem, világelsők lehettünk volna, ha lett volna legalább halvány fogalmunk róla, hogyan is kell publikálni. Később azért írtunk Tóth Jánossal a kémiai reakciók matematikai modelljeiről egy, a Manchester University Press és a Princeton University Press kiadásaiban megjelent, ma is vállalható könyvet.

A Műegyetemen kémiai technológiai kibernetikai szakmérnöki képzést is indítottak. Ide is beiratkoztam. Igaz, főleg azért, hogy remek könyvtárában tölthessek heti két napot.

Hogyan tért át a neurokibernetikára?

A nemlineáris dinamika kémiai alkalmazásain keresztül eljutottam az idegrendszeri modellezéshez. Egy idő múlva azután átkerültem az orvosi egyetemre, és a nyolcvanas évek legelején megismerkedhettem Szentágothai Jánossal. Ő terelte érdeklődésemet az agyelméletek felé. Munka-, de főleg beszélgető viszonyban voltunk. Az idegrendszer önszerveződésével foglalkoztunk. Magyarországon eléggé ismeretlen maradt a Michael Arbibbal és Szentágothaival írt könyvünk. Szentágothai lassan tíz éve meghalt, Arbibet elsősorban a nyelvevolúció foglalkoztatja mostanában, erre majd még visszatérek. Szentágothai tisztán érezte, hogy az idegrendszer hálózatai sem nem teljesen determinisztikusak, sem nem teljesen véletlenszerűek. Ha reményei beváltak, akkor a mennyországból most nagy érdeklődéssel figyeli a hálózatelmélet izgalmas fejleményeit.

Mit gondol magáról a kibernetikáról?

Ahogy mondtam, Amerikában bizonyos mértékig szitokszó, eredeti céljainak viszont nem felel meg, ha *computer sciences*-szel helyettesítik. A kibernetikusok hittek valamiféle számítógép-agy analógiában. Két forrása volt az optimizmusnak. Az egyik, hogy az idegrendszerek akkori modellje, a McCulloch–Pitts-neuronok, valamint a számítógépek akkori és mai modellje, a Turing-gépek lényegében ekvivalensek. Csak lényegében, mert azért van itt egy idézőjel: a Turing-gépek szalagja végtelen, a McCulloch–Pitts-modellek viszont végesek. Az egyik az elemi hardver szintje, hiszen a McCulloch–Pitts-neuronok is kétállapotúak (a neuron tüzel, vagy nem tüzel), és a ferritelemek is vezetnek, vagy nem vezetnek, átengedik, vagy nem engedik át az áramot. A másik szint a matematikai modellek szintje. Már akkor gondoltak arra, amit csak később, 1956-ban bizonyított Kleene, hogy a Turing-gépek és a McCulloch–Pitts-neuronok ekvivalensek.

Amiről nem beszéltek, pedig a Neumann-könyvben benne van, hogy az organizációs elvek nagyon különbözőek. Neumannt szokták vádolni azzal, hogy miatta beszélnek a számítógépekről túlságosan antropomorf kategóriákban. A vádat nem tartom megalapozottnak.

Minden tudományban az organizációs elvek érdekelnek...

A XX. század két nagy sikere a részecskefizika és „részecskebiológia”: az érdekes kérdés itt az, hogy mik az egységek, az építőkövek. A rendszer- és modellszimulációs iskolák abban reménykednek, hogy a részekből összerakjuk az egészet. A kibernetikai tradíció ebbe az irányba mutatott, de túlságosan optimista volt. Az MI viszont azzal kezdődött, hogy lemondott a reális mechanizmusokról. „Foglalkozzunk csak funkciókkal, írjunk számítógépes programokat, sakkprogramot, de nem számít, hogy Botvinik sakkvilágbajnok hogyan játszik.” (Az elektromérnök Botvinik maga is próbált sakkprogramot készíteni.) Magam azoknak a táborába tartozom, akik azt hiszik, hogy a mechanizmus lényeges. Velünk ellentétben tudva-tudatlanul (inkább tudatlanul) az MI tradícióját követi az a ma is divatos és sikeres felfogás, amely szerint, ha szimulálunk egy jelenséget, akkor lényegében értjük is. Nem értek egyet ezzel a felfogással. Ha túlságosan egyszerűek a modellek, mondjuk egy háromállapotú koronggal helyettesítjük az emberi viselkedést, akkor csak szimuláltuk, de nem értettük meg, vagy legjobb esetben is csak felszínesen. Mindazonáltal, hogy mikor tekintünk egy modellt realiztikusnak, ez persze változik az idők során. A McCulloch–Pitts-modellek 1943-ban, vagy még 1952-ben is annak számítottak. Bár McCulloch nagyon jól tudta, hogy rengeteg akkor is ismert részletet elhagyott, hiszen a tudás logikai szerkezete érdekelte. Az ötvenes évek végén, hatvanas évek elején megjelentek Rosenblatt Perceptronról szóló munkái. A Perceptront reális neuronhálózati modellnek adta el. Minsky és Papert szétszedték: megmutatták, hogy (persze csak az egyrétegű) Perceptronnal nem lehet megoldani egy viszonylag egyszerű feladatot. Következésképpen az idegrendszer-modellezők közel húsz évig nem nagyon kaptak támogatást, a reális neurobiológia mechanizmuson alapuló modellezést megvalósítani igyekvő kutatásokat visszaszorították.

Ma újra divatos a *computational neuroscience*, a számítógépes agykutatás, ami kimondja, hogy a reális agymodelleket is lehet közelíteni, modellezni. Ez a főtevékenysége kutatócsoportunknak. Persze egy modell soha nem reális, hiszen bármikor mondhatja egy speciális részlettel foglalkozó kísérletező: „igen, de az én molekulám hol van?” Mindig akadhat egy neurokémikus, aki életét teszi egy molekulára, ami a mi szempontunkból éppen nem érdekes.

Milyen – agyhoz kapcsolódó – témakörökkel foglalkozik mostanában?

Három témakör van – kettőben csináltunk valamit, a harmadik hobbyszinten foglalkoztat, nem tettem benne semmit.

A számítógépes agykutatásnak és a kapcsolódó agyelméleteknek két nagy piacuk van. A gyógyszer- és az egészségügyi ipar az egyik. Ha jobban megismerjük a normális és patológikus agyműködést, milyen gyógyszerterápiás stratégiákat tudunk mondani? (Létezik is egy a kilencvenes évek végén indult harmincéves japán program, három jelszava van: understanding the brain, protecting the brain, and creating the brain.)

Mi egyrészt a számítógépes neurofarmakológia felé megyünk. Bizonyos összefüggések vannak a szorongás és a kognitív képességek között. Vizsga előtt egy nappal az ember szorong, és jobban tanul. Ezekért a jelenségekért a hippocampus és a hippocampus környéki idegcentrumok felelősek. Hogyan tudják a potenciális farmakológiai ágensek úgy csökkenteni a szorongást, hogy a kogníció ne csökkenjen? Kalamazooi kalandom következtében a kérdéskörrel kapcsolatos elsőrendű gyógyszergyári kutatási adatokhoz és együttműködéshez jutottunk hozzá (a kísérleti adatok a világ legnagyobb gyógyszergyári cégénél, a Pfizernél dolgozó Mihály Hajós laboratóriumából származnak. Első közös cikkünk éppen most jelent meg a *Neuroscie*-ben, és azt gondoljuk, készülöben van még valami érdekes. De a gyógyszergyári játékszabályokat betartva erről majd máskor beszélek.)

Tehát a neurális és pszichiátriai rendellenességeknek a dinamikus rendszerek elmélete alapján való kezelése az egyik irány. Ma már sokan látjuk, hogy ezen rendellenességek nagy része a szabályozó rendszer meghibásodásából adódik, és így a terápiás stratégiáknak e zavarok korrigálásával kell foglalkozniuk.

A másik irány szerint az idegrendszeri információfeldolgozásról szerzett ismereteink alapul szolgálhatnak új elvű „intelligens” rendszerek létrehozására. Minden húsz évben felmerül a kérdés, hogy mit mond a számítógép-tervező mérnököknek az agyra vonatkozó tudásunk. Mivel a hippocampus komoly szerepet tölt be a térbeli tájékozódásban, navigációban, és erről sokat tudunk, jönnek a nagy remények – például a Mars-robotokkal szemben. Negyed lábbal benne vagyunk egy ilyen, Robert Kozma, a memphisi Computational Neurodynamics labor igazgatója által szervezett NASA-projektben. Vajon mondanak-e valamit ezeknek a technikailag fontos problémáknak a hippocampuson alapuló navigációs mechanizmusok? Ezekben vagyunk érdekeltek. A kettő végső fokon egy, de erről is majd máskor.

A harmadik témakörrel olvasgatók, illetve Arbibbal váltottam néhány levelet. Ő a tükörneuron-hipotézis megfogalmazója, az elméletépítés folyamatban van. A majmok bizonyos neuronjai akkor is tüzelnek, ha megfognak valamit, és akkor is, ha látják, hogy egy majom- vagy embertársuk hasonló fogási műveletet végez. A hipotézis szerint a nyelvevolúcióhoz nem kell vokalizáció, elegendők a gesztusok. Valójában a siketnéma nyelv is így fejlődik, vokalizáció nélkül. Úgy tűnik, mindaz, amit nyelvevolúciónak tekintünk, valójában nem a biológia, hanem az arra épülő kulturális evolúciónak a része. A jelenlegi nyelvevolúciós modellek semmit nem mondanak a neurális mechanizmusokról. Tudunk-e (ha egyáltalán szükség van rá) kinetikus idegrendszeri modellt adni a nyelvevolúcióra? Erről mennek mostanában az előzetes levelezgetések.

Munkássága és írásai során több kulcsszó köszön vissza: rendszer, interdiszciplinaritás, önszerveződés...

Kémikus vagyok, aki több mint húsz éve fizikai kutatóintézetben dolgozik számítógépes és matematikai módszerekkel biológiai témákon. Skizofrén helyzet, előnyökkel és hátrányokkal.

Messzebb mennék a rendszerelméletnél. A hatvanas évek generációjára, így rám is, jellemző a filozófiai érdeklődés. Közeli barátom volt Balassa Péter, a tavaly meghalt esztéta. A Magyar-tanárok Egyesületében megemlékezést tartottak róla – én írtam erről a korról, és a filozófia és a természettudományok viszonyáról is, amiről akkor jobb körökben nem illet beszélni. Azt lehetett gondolni, hogy az egész kérdéskör a dialmatosoké. (Ha tudja az ifjú olvasó, mi is az.) Tévedés volt. Filozófia és természettudomány viszonyáról értelmesen is lehet beszélni.

A hatvanas-hetvenes évek interdiszciplinaritása a strukturalizmusból nőtt ki. Nagyon ellentmondásosak a dinamikus strukturalizmust és önszerveződést hirdető elméletek – a disszipatív struktúrák elmélete (Prigogine), a Haken-féle szinergetika és a René Thom nevével fémjelzett katasztrófaelmélet. Kettőben van sztochasztikus szleng, míg a harmadik ultradeterminisztikus. Nagy divatok voltak, de tulajdonképpen folytatás nélkül haltak ki. Eltűnnek a divatok – hogyan fejlődnek és buknak el? Eltűnnek, csend van körülöttük, aztán valaki előbányássza őket.

Érdekeltek ezek a szavak. A részek megközelítésében sikeres redukcionista tudománnyal ellentétben valahogy megpróbáljuk összerakni az egészet. Egyszer csak eljutottam odáig, hogy világos, nem tudjuk összerakni, de akkor is jó, ha valami értelmeset kirakunk az eltört cserepekből. Nem biztos, hogy pontosan azt, ami volt, de mégis valamit, egy koherens képet. Mindez rácsengett arra a szóra, hogy posztmodern. Nagyon érdekelt akkoriban; szintén szitokszó lett. Bizonyos mértékig joggal, de a Sokal-botrányt nem írom alá. Sokal rosszindulatú volt. A bölcsészvégzettségű szerkesztők gyanútlanok voltak. Elhitték a fizikus szerzőnek, hogy a fizikáról írt burleszkje valódi tudományos szöveg volt, az ideológia viszont tetszett nekik. Így közölték a borzalmas szöveget. Amikor Sokal leleplezte magát, kitört a pánik.

Ugyanakkor világos, hogy sok posztmodern visszaél a természettudományokkal: nemlineáris színház, meg hasonlók. Viszont megragadott benne – és én is éreztem –, hogy a modern racionalitás bizonyos mértékig válságban van. A posztmodern rámutatott a racionalitás korlátaira.

Egyáltalán létezik még posztmodern természettudomány?

Bár 91-ben írtam a témaköréről egy cikket, később a posztmodernre visszavontam magamban. Almási Miklós egyik cikke ébresztett rá: nem lehet egyezkedni. Vissza kellett lépni. Balassa Péter hívta fel a figyelmemet, hogy létezik a filozófiának egy ága, melyet hermeneutikának hívnak. 1984-ben, Orwell évében jelent meg a kulcsmű, Gadamer könyve a hihetetlenül hangzó *Igazság és módszer* címen.

Véletlen egybeesésként ugyanebben az évben jelent meg japán barátom, Ichiro Tsuda cikke egy japán fizikai folyóiratban az agy hermeneutikai folyamatairól. Ennek szellemében látjuk, hogy a megismerés iteratív folyamat, az agy nem transzformátor, mely a percepcióból motorikus eredményt vagy gondolatot készít. A kimenet függ az elvárásainktól is. Ilyen módon lényegében az idegrend-

szer is önszerveződő jelenség. A hermeneutika az interpretációnak inkább a művészete, mint a tudománya. Hasznos, és a biológiának nem kell szégyenkeznie, hogy nem fizika – tanulhat a filozófiától és a hermeneutikától is. Így azután eljátszottam a gondolattal, vajon segíthet-e a filozófiai hermeneutika kibékíteni a szélsőséges álláspontokat?

A két szélsőséges megközelítés egyike a fogaskerekekből és telefonközpontból álló gépészmérnöki szemlélettel jellemezhető, a másik a tudat visszavezethetlenségét és a kimondhatatlant hangsúlyozza. Fenntartom, jó metafora az agyat hermeneutikai készüléknek tekinteni, és így a kibékítés nem reménytelen.

Ami viszont a filozófiai attitűdöt illeti, a posztmodern ebben a formájában visszavontam ugyan, de nem rehabilitáltam a dölyfös és kérlelhetetlen modernnt.

Mostanában komplex rendszereket tanít Amerikában. Hogyan kell ezt csinálni?

Michigan állam egyik kis ékszerdobozában, a Kalamazoo College-ban dolgozom évi nyolc hónapot. Ez egy kis privát egyetem, ahol néhányan elhatározták, hogy a természet- és társadalomtudományok közötti hídverés érdekében hirdetnek egy programot, és fő eszközként matematikai modellezést, számítógépes szimulációt fognak oktatni. Erre a programra elnyerték a *Time* magazin egyik alapítója alapítványának támogatását, egy professzori állást. Ezt az állást megpályáztam, és elnyertem, így most ott „Henry R. Luce Professor of Complex Systems” a címem. Viszem, hozom a diákokat mind a két irányba. Lényegében tényleg komplex rendszerekkel foglalkozunk, azt tanítom. Érdekes, hogy hogyan lehet ezeket *undergraduate* szinten oktatni. Nem sok helyen van ilyesmi, igazából senki nem csinálja, de úgy néz ki, nagy érdeklődés van iránta. Egyébként nem új a most slágernek számító komplexitás kifejezés. Amikor Benedek Pállal csináltuk a szimulációs programokat, ő a bonyolult műveleti egységek matematikai modellezése kifejezést használta. Vigyázni kell, mostanság sokan visszaélnek vele.

A komplex rendszerek kapcsán visszakerültem a hálózatelmélethez (akadémiai doktori disszertációmát majd tizenöt éve *Kémiai és biológia hálózatok kinetikája* címmel írtam).

Írtunk mostanában egy-két cikket a hálózatfejlődési modellekről. Hasznunkra voltak a neuronhálózatokra vonatkozó ismereteink. A szabadalmak hálózatának elemzésébe is belekezdünk – nem tudom még, lesz-e belőle valami. Létezik egy nagy szabadalmi hálózat, amit lehet nézegetni. Azon spekulálunk, lehet-e ebből arra nézve jósolni, merre megy a technológiai fejlődés. Legalább visszafelé működni kellene: láthatjuk-e a hetvenes évek alapján, mi „fog” történni a kilencvenes években? A szabadalmak a csomópontok, a régebbi szabadalmakra való hivatkozások az élek.

Érdekel a „harmadik kultúra” mozgalom. Bölcsészbarátaimnak időnként igyekeztem elmagyarázni, hogy Newton törvényeit legalább annyira illik ismereniük, mint nekünk a klasszikus irodalmi műveket. A „harmadik kultúra” mozgalom engem a kibernetika optimizmusára emlékeztet. Evolúcióelmélet, agytudo-

mány, nyelvészet, robotika, mesterségesintelligencia-kutatás, mesterséges élet, mesterséges érzelmek elmélete: minden mozgásban és kölcsönhatásban van.

Mindezek fényében hogyan látja az MI-kutatás helyzetét?

Már csak azért se vagyok MI-kutató, mert a természetes intelligencia jobban érdekel. Azt gondolom, hogy az intelligenciát nem lehet a biológiai szubsztrátumok nélkül megérteni. Szükség van a szénre, nem elég a szilícium. Az is világos, hogy elő kellett jönniük a mesterségesélet- és mesterségesérzelem-projekteknek. Abban a boldog korban vagyunk, hogy megint lehet mindenről beszélni.

Ma korongok vannak, és a korongoknak van néhány állapotuk, változójuk. Be tudunk-e valamit vinni a hippocampusról szerzett ismereteinkből korongokba? Érzelmi tájékozódást, döntéshozatalt, bármit... Mindenki mesélget, de ezek a korongok szintelen-szagtalan, tulajdonságok nélküli valamik. Ugyanezt mondom a hálózatelméletéről is: a Barabási-modell alapváltozatánál csak az élek száma számít. A barátság-hálózatok fejlődésére alkalmazva: remélhetjük, hogy a barátaink száma nemcsak kapcsolataink létező számától, hanem saját állapotunktól, karakterünktől is függ. Tehát a belső állapotok számítanak, nem csak az élek. Belső állapotokat szeretnék tenni a korongokba. Neurális adottságokkal rendelkező robotokat szeretnék építeni. Valójában nem érdekel minket a szintek közötti integráció. Benedek Páltól tanultam a szót: hierarchia. A hierarchikus dinamikus rendszereknek nincs becsületes elméletük, és azt nagyon nehéz létrehozni. Valahogy tényleg integrálni kell a szinteket. Mivel azt gondolom, hogy a szintek közötti integráció számít, azt is gondolom, hogy neurális dolgokat kell bevinni az MI-projektekbe.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Úgy értem a kérdést, hogy egyrészt fejlesztésre, másrészt kutatásra kérdez. Fejlesztéshez biztosan nem értek, noha apám műszaki fejlesztéssel foglalkozott. Közel hatvan évet töltött újpesti bőrgyárakban. Hihetetlen, mennyire érdekelte a bőripari technológiák fejlesztése.

Ami a kutatást illeti, a vélt titok egy része közhely: „Érkezz jókor!”

Néhány példát említek. Nicolas Rashevsky és Ludwig von Bertalanffy a harmincas évek második felétől tudták és használták a majdani „dinamikus strukturalizmus” fogalmait és módszereit, az aratás azonban Prigogine, Haken és Thom nevéhez fűződik.

A nyolcvanas években kidolgozott és igen népszerűvé vált Hopfield-féle neuronhálózati modell szilárdtest-fizikai analógián alapul. Cragg és Temperley már 1955-ben látták, hogy a ferromágneses anyagok „emlékezőképessége” a biológiai memóriának is modelljéül szolgálhat. Hopfield azonban programot, jobban mondva: új legelőterületet adott a fizika módszereit a konvencionális fizika

határait is kiterjeszteni igyekvő fizikusoknak. (Hraskó Pétertől tanultam a kifejezést: „Itt legel a nyáj.”) A nyáj azóta továbbvonult új, ígéretes dús földekre, amelyeket ökonofizika, majd a szociofizika névvel láttak el. A szociofizika földjén a szociológusok elég régen táboroznak, és kissé zsörtölődve vették tudomásul az elsősorban Barabási Albert László nevével fémjelzett hálózatelmélet hódításait. A „kis világ” és a „hatlépéses távolság” (angolul jobban ismert: *six degree of separation*) fogalmakat már javában használták, amikor Barabásiék az internettopológia szerkezetére és a hálózatfejlődésére adtak remek modellt.

A sikerhez ma az is kell, hogy az eredményt három szóban össze lehessen foglalni. Walter Freemanről mindenki tudja: „káosz az idegrendszerben”. Mindenkinek van is róla véleménye. Sokan ingerülten elvetik, mások pedig azt hiszik, hogy az idegrendszeri információfeldolgozás megkerülhetetlen paradigmáját adta. Freeman esetében a siker tehát messze nem az, hogy mindenki hozsannázza, hanem hogy mindenkinek van véleménye róla.

Van egy másfajta recept is a sikerhez. Jó időben találj egy jó mérési technikát (lehetőleg két korábban elterjedtnek a kombinációját).

Szerencsés esetben egy szerkezetnek finomabb részleteit láthatod vele, mint a korábbi eszközökkel. A módszert sokan alkalmazzák, igen nagy lesz a citációs indexed.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Illetlen választ fogok adni. Egyáltalában nem vagyok biztos abban, hogy természettudományos pályára mennék. Anyám hatására talán inkább voltak bölcsészahajlamaim. A prózairodalom mindig is nagyon érdekelt. Kissé általánosabban mondva, a „teremtett valóság”, a szellemi konstrukciók világa valahogy mindig is jobban érdekelt, mint a realitás.

Természettudományos kutatóként ez hiányosság is, a lehetséges (a lehetetlenről nem beszélve): jobban érdekel az aktuálisnál. Regényíráshoz sajnos nincs tehetségem, de lehettem volna irodalomkritikus vagy például tudománytörténész is. Minthogy azonban a fogalmak lehetőleg pontos használatát fontosnak tartom, szenvedtem volna a bölcsészvilágban.

Rendben, adok szabályosabb választ is. Diákjaimnak azt mondom, hogy a számítógépes agy kutatás kitarthat az ő nyugdíjba vonulásukig (az akadémiai kutatóhálózatról nem mondanám el ugyanezt). Előbb-utóbb (inkább előbb) szembe kell azzal nézni, hogy az idegrendszer-kutatás által szolgáltatott adat-sereget koherens képpé kell szervezni, és ezt nem lehet modellek nélkül elvégezni.

Tényleg úgy tűnik, hogy az élő gépek és humanoid robotok sci-fi ízű projekteiben komoly előretörés várható.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Gondolom, a többes szám első személye itt Magyarországot jelenti. Nem tudom megítélni a nemzeti, illetve az európai kutatási stratégiák jelentőségének arányát. Elárulom, úgy adódott, hogy néhány olasz technológiafejlesztési pályázatot bíráltam, és életrajzi körülményeimnél fogva részt vettem európai és teljesen nemzetközi pályázatokban is.

Úgy látom, egy olyan kis ország, mint Olaszország (!), nem lehet versenyben a nagy összefogással benyújtott pályázatokkal. Másrészt viszont a nagy pályázatok kissé álságosak. Mindenki igyekszik azt csinálni, mint eddig, a senior pályázatiírók feladata, hogy a bírálókkal úgy láttassák, hogy „az egész több a részek összegénél”.

Érdi Péter

Kalamazoo College, Center for Complex Systems Studies, Department of Physics,
Department of Psychology
Kalamazoo, MI 49006, 1200 Academy Street, USA.

<http://www.kzoo.edu/physics/ccss>

MTA KFKI RMKI Biofizikai Osztály

1121 Budapest, Konkoly-Thege út 29-33., 1525 Budapest Pf. 49.

<http://www.rmki.kfki.hu/biofiz/biophysics.html>

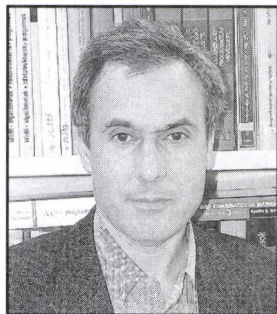
ELTE TTK Tudománytörténeti és Tudományfilozófia Tanszék

1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/c, 1518 Budapest, Pf. 32.

http://hps.elte.hu/index_hu.html

Fekete István

Algoritmusok és adatszerkezetek az oktatásban



Fekete István az ELTE Informatikai Karának oktatási dékán-helyettese. A nyolcvanas évek második felében döntő szerepet játszott az ottani MI-képzés kialakításában, később érdeklődése az algoritmusok és adatszerkezetek felé fordult. A *Mesterséges intelligencia* tankönyv társszerzője, valamint a Futó Iván által szerkesztett *Mesterséges intelligencia* kötetnek szintén az egyik társszerzője.

1986 és 1991 között meghatározó szerepet játszott abban, hogy az ELTE programtervező matematikus szakán megjelent a kétféléves mesterséges intelligencia alapkursus, majd az önálló tizenhat kredités MI-sáv.

Az akkori tanszék- és tanszékcsoporthoz vezető, Varga László professzor – aki ma már professzor emeritus – azzal bízott meg, hogy alakítsam ki ennek a tantárgynak a tematikáját, vezessük be ezt a képzést. Abban az évben ki tudtam menni Münchenbe egy nagy számítástechnikai vásárra, és ott az informatikai látványok mellett a nagy könyvpavilonokat is végiglátogattam. Egyszerű statisztikai alapokon kiválasztottam azt a könyvet, amelyikből a legtöbbet adták el világszerte. Ez Nils Nilsson *Principles of AI* című munkája volt. Ez a könyv lett a mi MI-tantervünk alapja. Azt kell mondanom, jó választás volt. Nagyon lelkes csapatot sikerült összeszervezni akkoriban, és mind a tananyagot, mind a hozzátartozó feladatokat heti szemináriumi formában dolgoztuk fel. Elkezdtük tanítani, sikeres volt a tárgy. Utána megjelent a második féléve is, majd amikor már elég sok minden összejött, önálló képzési modul – mi úgy nevezzük, sáv – formálódott belőle. Ma ez az egyik legsikeresebb sáv az oktatásunkban. Ebben található az alaptantárgy második féléve (az első félév a hároméves alapképzés része), a legújabb PROLOG-verziókon alapuló logikai programozás vagy a robotika. Nagyon látványosak a robotikalaborunk eredményei. A szakértő rendszerek elmélete és gyakorlata, a mesterségesintelligencia-játékok írása szintén a sávhoz tartozik. Gregorics Tibor a képzési sáv felelőse és az MI alaptárgy előadója. A robotika Istenes Zoltán területe, és a LISP-et is ő adja elő. Ásványi Tibor a logikai programozás és a PROLOG szakértője, Nagy Sára és Sántáné-Tóth Edit jegyzi a tudás alapú rendszerek oktatását. Lőrincz Andrásnak pedig egészen komoly MI alapú projektjei vannak, komoly külföldi szponzorálással. Alkotócsoporthoz veszi körül egy önálló

laborban. Sikeres kutató. Órái – mint például a beszéd felismerés – jobbára projektjeihez kapcsolódnak.

Nagy szeretettel gondolok vissza még arra is, hogy Mérő Lászlóval sikerült egy az MI és a kognitív pszichológia kapcsolatát feltáró és bemutató tanulmányt íratnunk. Ha megnézi az *Észjárások* című könyvben, hogy kiknek mond köszönetet – ott szerepelek én is. Szabályosan megrendeltünk tőle ugyanis egy tanulmányt, és talán ez adta az első lökést a lebilincselő könyv megírásához. A tanulmány egyébként meg is jelent egy vékony jegyzet formájában. Bizonyos kérdésekben mélyebbre megy, szakszerűbb, mint az *Észjárások*, hiszen az a széles rétegnek íródott, ez viszont hallgatónak, akik ki tudnak ezt-azt számolni. Herbert Simonnak a híres sakkrekonstrukciós kísérlete, aminek az a vége, hogy a számítógép mesterjelölti szinten áll ebben a feladatban (és általában is), az említett tanulmányban, illetve a jegyzetben nagyon részletesen és mélyen lett leírva.

Többedmagával írt akkoriban egy MI-tankönyvet is.

Igen, tankönyvet írtunk. Gregorics Tibor, Nagy Sára és én voltunk a szerzői. Az annak idején a Számalkhoz tartozó LSI könyvkiadónál jelent meg. Tulajdonképpen ugyanez a cég kiadta még egyszer, de akkor már a Gábor Dénes Műszaki Főiskolához tartozott. Ott is tanítanak MI-t, de ma már nem a mi munkánkat használják tankönyvként. Ez a könyv is – mint annyi más jegyzet – egy kicsit már idejétmúlt, de csak mint tananyag. Az MI három alapvető témáját – a gráfkereső algoritmusok, a kétszemélyes játékok és az automatikus tételbizonyítás fejezeteit – teljesen korrektül és elég mélyen tárgyalja. Ezek mint elméleti alapok változatlanul érvényesek. Olyannyira, hogy évekkel később a Futó Iván által szerkesztett *Mesterséges intelligencia* kötetbe éppen a fentebb említett szerzőhármás írta a megfelelő alapfejezeteket.

Az MI melyik területeit kutatta?

Igazából az én – mondjuk – ötéves kapcsolatam az MI-vel jobbára a tananyagok kidolgozása, fejlesztése és az oktatás volt. Nem végeztem számítottevő kutatómunkát. Talán később jött volna, ha a területen maradok. Mindenesetre alapfejezetekből, gráfkereső algoritmusokból és főként logikai ismeretreprezentációból vannak publikációim.

Ha szabad itt rövid önelemzésbe futnom: az oktatás, a kutatás és a hasznos fejlesztés tevékenysége csak nagyon ritka esetekben jön össze egy személyben. Ha igen, akkor ott végső soron mindig a fejlesztés viszi a prímet – hangsúlyozom: informatikáról beszélünk, és használható fejlesztésről. Én több utat is megpróbáltam, mindhárom hangsúllyal, voltak profi fejlesztéseim és jó cikkeim, de – kis pátosszal azt mondhatnám – végül is tanár vagyok, semmi más. Az egyetemi oktatás problémái, méghozzá alapproblémái foglalkoztatnak, ezek adják napi feladataimat, mostanában mint oktatási

dékánhelyettesnek is. A fejlesztés magabiztosságot ad, kutatni magasrendű élmény, de nekem az a jó, ha egy nagy évfolyamos alapelőadás és a gyakorlatok rendben mennek, szakmailag, emberileg, minden értelemben. Ezért nagyon sokra képes vagyok.

A mesterséges intelligenciáról az algoritmusokra és adatszerkezetekre váltott. Egyfajta MI-szkepszis indokolta ezt?

Igazából nem tudom pontosan definiálni sem az MI-t, sem az MI-szkepszist, mivel legalább tíz éve nem vagyok már ezen a területen. Valamelyest érzem, mit értünk mesterséges intelligencia alatt: amikor a számítógéppel teszünk olyasmit, amit az ember intelligenciája felhasználásával nem egészen kifürkészhető módon végez. A tágabb definíció megengedő: a számítógépbe beprogramozott módszer nem érdekes. Tehát a programnak nem kell úgy gondolkoznia, mint az embernek, mert azt a módot gyakran nem is ismerjük.

Pragmatista ember vagyok, tehát nincs helye MI-szkepszisnek a felfogásban. Inkább azt mondom, hogy nagyon is igenlően állok hozzá, hiszen észrevétlenül egyre jobban átsző minden egyes alkalmazást. Az egyik klasszikus példa erre onnan van, amikor megjelent a Fortran nyelv a kezdeti Assembly nyelvű programozás után. Azt mondták, hogy ebben a nyelvben automatikusan lehet programozni, tehát mesterségesintelligencia-vonással rendelkezik, hiszen elég leírni a formulát, úgy, ahogy a matematikus írja, és a fordítóprogram meg fogja érteni. Ma már minden nyelv tudja ezt. Ma ezt már természetesen senki sem nevezi MI-nek. Ami nagyon elterjed mint intelligens vonás, mintegy kimegy az MI területéről, mindenkié lesz, és nem illik többé MI-nek nevezni. Ebben az értelemben nagyon is igenlem az MI-t. Nem foglalkozom filozófiai kérdésekkel, tehát azzal, hogy az emberi intelligenciát sikerül-e utolérni, modellezni, leghagyni, lehet-e az embernél intelligensebb robotot építeni, és így tovább. És mivel nem foglalkozom ilyenekkel, különösebb szkepszis sem lép fel. Azért hadd jegyezzem meg, hogy sok mindent el tudok képzelni egy komputerről, de meditálni aligha lesz képes.

Az algoritmusok és adatszerkezetek című kétféléves tárgyat adja elő.

Kiderült számomra, az MI abban az értelemben nem nekem való, hogy túl nehezen megfogható, tünékeny, bizonytalan határú. Minduntalan újabb divathullám söpör végig, aki egyszer lemarad róla, kikerül az egészből. Állandó kapcsolatok, olvasás, pénz kell hozzá. Konzervatívabb, földhözragadtabb vagyok ennél. A végzettségemhez is közel áll ez a klasszikus matematikával átszótt terület, úgyhogy tökéletesen megfelel az algoritmusok és adatszerkezetek világa.

A váltást az tette lehetővé, hogy az egyik kollégám – aki az új kari struktúrában az algoritmusok és alkalmazásaik tanszék vezetője – átengedte nekem ennek a tárgynak az oktatását, mert ő két különböző kurzust vitt. Sok energiát

fektettem bele: mind a tananyagfejlesztésbe, mind a gyakorlatvezetői gárda megtalálásába. Jelenleg nagyon sikeres kétféléves kurzus folyik egy meglehetősen összeszokott, jó gyakorlatvezetői gárdával, amelynek a fele hallgató. A hallgatók részéről túljelentkezés van a gyakorlatvezetésre.

Végez jelenleg valamilyen kutatómunkát?

Jóformán semmilyen. A szerteágazó oktatási ügyek egy új karon, ahol száz oktató és két és félezer hallgató van, teljesen kisajátítanak. Ez nem panasz, mint mondtam, nekem ez a világom.

Ha mégis számot szeretnék adni valamiről, akkor azt említeném, hogy az adatszerkezetek, az adattípus különböző absztrakciós szintjei, az egyes szinteken való leírási módok az egyik téma, amivel a közelmúltban foglalkoztam. Szerényebb kollektív eredményeink vannak ebből a témából.

Valójában az általam inkább művelt kutatási terület nem az algoritmusok és adatszerkezetek klasszikus területeire esik, hanem a képfeldolgozás egy speciális területére. Ez a műholdról készített mezőgazdasági célú úrfelvételeknek a számítógépes kiértékelése, amit a Bosnyák téri sokemeletes kartográfiai épületben művelnek a Távérzékelési Központban. Számos fontos kérdésben használják ezeket a felvételeket, például hogy mennyi búza termett, azután aszály, árvíz, belvíz stb. esetén. A legfontosabb az első kérdés: mennyi termett az egyes növényekből a felvételen látható területen, de összességében az egész országban. Ez alapvetően egy ún. osztályozási feladat. Most éppen egy új, szegmens alapú osztályozási eljárást dolgoztunk ki a doktorandusz hallgatómmal. Nagyon sok emberi intelligencia van egyébként az osztályozás gyakorlati megvalósításában, tehát akadnak olyan lépések, melyeket egy szakértő végez el, és nincs is remény a beprogramozásukra.

Matematikai logikával szintén foglalkozik. Miként kapcsolódik ez a terület az algoritmusokhoz, adatszerkezetekhez, illetve az MI-hez?

Matematikai logikából vezetek gyakorlatot az egyetemen. Számomra ez önálló matematikai diszciplína, és, mondanom sem kell, nagyon szép. A matematikai logika azonban nyilvánvaló módon kapcsolódik az MI-hez. Volt olyan irányzat – sajnos nem tudom megmondani, hol tart ma –, hogy automatikus tételbizonyító programokat készítettek, sőt versenyeztették is ezeket. A német Bibel professzor volt az irányzat egyik meghatározó alakja. Konferenciákon nem is egy előadását hallottam. Igazából ez a hozzám legközelebb álló irányzat. Valahogyan automatizálni a tételbizonyítást, aminek nyilvánvalóan logikai alapjai vannak. A PROLOG-ba is logikai alapú következtetőrendszert építettek be. A tételbizonyítók is valamiféle rezolúciót vagy előreláncolást, tehát olyan stratégiát alkalmaznak, ami elméletileg mindenképpen a matematikai logikán alapul. Az igazi nehézség pedig csak ez után jön: leírni a vizsgált problémát mint bizonyítandó tételt a logika nyelvén.

Miként vélekedik általánosságában a hazai informatika-, és azon belül az MI- oktatás helyzetéről?

A felsőoktatás Magyarországon is – mint a világon mindenütt – végrehajtja azt a politikai döntést, amellyel a fiatalság nagy részét beterelik a felsőoktatásba. Úgy szokták ezt mondani, hogy a munkanélküliség kezelésének legolcsóbb és legkulturáltabb módja. Ezzel én most nem vitatkoznék. Ha tenném is, tény az, hogy ma a tömegoktatást finanszírozzák. Ebből túlképzés és színvonalcsökkenés következik. Még az igen nagy felvevőpiaccal rendelkező informatikai szakterület esetében is túlképzéssel állunk szemben, bár talán nem annyira kirívóan, mint más szakmák vonatkozásában.

A színvonalcsökkenésbe – mondjuk a természettudományos vonalon – az is belejátszik, hogy az egész világon megváltozott az értékrend. Amíg a XX. századra azt mondták, hogy a tudomány, vagy azon belül a fizika évszázada, addig nem tudom, minek kellene nevezni ezt a mostanit. Úgy tűnik, mintha a kommunikáció időszeke következne. Azt vesszük észre, hogy a korábban a természettudományi karon legelőkelőbbnek számító szakok egész egyszerűen devalválódtak. Például a fizika, kémia. A biológia nem..., de a matematika igen. Holott a világnak éppúgy szüksége van ezekre a szakemberekre, tudósokra, mint a gazdasági szakemberekre, a társadalomtudományok művelőire, a menedzserekre stb.

Az informatikára térve, azt hiszem, a képzés színvonalát országos szinten – mindent egybe vetve – jónak kell mondanom. Az informatika presztízse most egyébként még növekedett is azzal, hogy a bolognai folyamat alapszakösszevonási kényszerének közepette három informatikai bemenet is létesült: egy tudományegyetemi, egy műszaki és egy gazdasági informatikus szak alapítására van meg a lehetőség. Ennek megfelelően a saját házunk táján is inkább bizakodunk.

Nem szeretnék azonban titkot csinálni abból, hogy nekünk az ELTE-n nagyon komoly küzdelmet kell magunkkal folytatni azért, hogy az oktatásban ne maradjunk le a versenyben a konkurensok, a Műegyetem vagy a Budapesti Műszaki Főiskola elszívó hatása mögött. Nem az egyes órák színvonalára gondolok, mert az nagyon jó nálunk, hanem a képzés egészének piacképes voltára, valamint a megítélésére potenciális hallgatónk, a középiskolások, a meg a szakma fejében és szemében. Tehát arra, hogy egy jó középiskolás ne törvényszerűen a második vagy harmadik helyen jelölje meg az ELTE-t, ha informatikus akar lenni. Meg arra, hogy a nálunk végzett hallgató a legkeresettebb pályakezdők között legyen.

Abból adódik a problémánk, hogy amíg a programozó szak a hetvenes években és a nyolcvanas évek elején kis (pontosabban: nem nagy) létszámú szak – hadd mondjam kis túlzással, hogy elit, kutató szak – volt, addig nagyon jók voltunk. Most, amikor az informatika nagy létszámú, és kint a világban megváltozott ipari gyakorlattal működő szakterület lett, akkor ez szakképzést igényel. Az ELTE-nek hagyományosan a tanár- és a kutatóképzés az erőssége. Ez az, amit

a zsigereinkben hordozunk. A szakképzést, vagyis kvázi a mérnökképzést mint műfajt egy házzal arrébb jobban érzik. Úgyhogy nekünk még ezzel a problémával is szembe kell nézni.

Még egy dolgot említenék. Közismert tény: tíz-tizenkét év alatt felére csökken a jelentkezők lélekszáma, hiszen 2003 szeptemberében ugyanannyi hallgatót vettek fel a felsőoktatásba, mint ahányan hatévesen mentek az első osztályba. Annyira közismert ez a tény, hogy minisztériumi és politikai szinteken szokták idézni. Ennek minden következménye egyelőre beláthatatlan.

Az MI-oktatásról nem is beszéltem, most veszem csak észre. A hozzám eljutó információ alapján országos szinten jónak gondolom.

Hogyan látja az ELTE Doktori Iskolájának a működését?

Végzős hallgatóink egy része jelentkezik a Doktori Iskolába, de csak csekély hányaduk tud végezni. Pontosabban szólva, az abszolutóriumot még megszerzik, de publikációkra már alig futja erejükből, és még kevesebben írják és védik meg dolgozatukat. Ennek az oka főként abban keresendő, hogy ez a szakma ma anyagilag is, erkölcsileg is olyan lehetőségeket kínál az életben, amelyeknek elég komoly az elszívó hatása, és a hallgatóknak nem jut már idejük arra, hogy a doktori témájuk megírására koncentráljanak, vagy a dolgozatuk megvédésével foglalkozzanak. Viszont a tendencia szelíden emelkedő: mintha valamivel többen doktorálnának most, mint pár évvel ezelőtt.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Alapvetően nem tudok hirtelen rangsort felállítani, de a következő komponensek mindenképpen kellene hozzá: megfelelő társulás, tehát olyan konzorcium, melyben jó és egymástól különböző szakemberek és munkahelyek társulnak. Egyedül ma már semmit se lehet csinálni a világban, még a matematikában sem. Lejárt az egyszemélyes kutatók kora.

Ha informatikai területről van szó, akkor kell olyan résztvevő, akinek szüksége van az eredményre. Aztán komolyabb pénz is szükséges. Az akadémiai vonalon pedig olyan felkészült kutatók, oktatók, akik viszonylag függetlenek, nincsenek annyira túlterhelve, hogy meg tudják találni, mozgatni, és állandóan életben tartani a munkát.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát, illetve miket ajánlana a mostani diákoknak?

Elöttem változatlanul nagyon nagy a becsülete a matematikus, alkalmazott matematikus, matematikatanár szakoknak is. Persze nyilvánvalóan azt a tanácsot adnám a környezetemben, hogy ha valaki tehetséget és kedvet érez az informatikához, akkor jöjjön hozzánk. Hogy azon belül mivel kellene jó előre

foglalkoznia, arra vonatkozólag nem adnék tanácsot. Ha most lehetnék egyetemista, akkor erre a szakra jelentkeznék. (Akkor alakult a szak, amikor én negyedéves voltam, tehát én nem ezt végeztem.)

Nehéz megmondani, mivel foglalkoznék. Alapvetően nagyon szép terület mindenfajta grafika, képfeldolgozás, alakfelismerés, ezek a mostani munkáim alapján elég közel állnak hozzám. De épp így jogosnak érzem azt is, ha valaki az adatbázisok világába szeret bele. Mindenképpen igaz, hogy a nagy rendszerek, nagy adatfeldolgozó rendszerek készítése, ami tudományosan hálátlan terület, gyakorlatilag igen hálás, igen nagy szükség van rá. Kreatív terület és közösségi. Ha valaki ráadásul meg akar élni, akkor mondjuk, ezt javasolnám neki.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Nem tudok hozzászólni. Meg is lep, hogy jelen vagyunk a csúcstechnológiában, mert nem így tudtam... Lehet, hogy tájékozatlan vagyok: tényleg ott vagyunk?

Fekete István

ELTE Informatikai Kar

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://www.inf.elte.hu>

Futó Iván

A számítógépes szimulációtól az elektronikus aláírásig

Futó Iván villamosmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa. 1972-ben a BME Villamosmérnöki Karán végzett. 1972-től 1978-ig a NIM IGÜSZI, 1979-től 1987-ig a Számítástechnikai Koordinációs Intézet tudományos osztályvezetője, 1988-tól 1991-ig a Multilogic Számítástechnikai Kft ügyvezető, 1990-től 1992-ig a Világkiállítás Programiroda informatikai igazgatója, 1991-92-ben a SZÁMALK igazgatója. 1993 és 2000 között gazdasági társaságoknál töltött be vezető munkakört. 1998 és 2000 között az APEH informatikai főtanácsadója, 2001-től informatikai elnökhelyettese. 1984-85-ben a toulouse-i Paul Sabatier Egyetemen egyetemi tanár, 1990-től a BKÁE címzetes egyetemi tanára.



Milyen jellegű kutatásokat folytatott a NIM IGÜSZI-nél?

Már az egyetemen is elsősorban számítógépes szimulációval foglalkoztam, a TDK-dolgozatom is erről szólt. Számítógép-rendszerek működését és forgalmát modelleztem az akkori – hatvanas évek végi, hetvenes évek eleji – Magyarországon nem ismert GPSS nyelven. Akkor került be az első ilyen interpreter. A diplomamunkám szintén erről szólt, majd a NIM IGÜSZI-ben is főként ezen kezdtem el dolgozni. De ott működött egy logikai tételbizonyítással foglalkozó munkacsoport, és – akkor estin jártam a TTK alkalmazott matematikus szakára – elkezdtem tanulmányozni a logikát. Mindig mérnöki szemmel néztem ezeket a diszciplínákat, tehát szabadabb volt a fantáziám, mint a matematikusoké. A matematikusok abszolút precizitásra, a mérnökök pedig akár még a matematikai „tisztaság” rovására menő megvalósíthatóságra, működőképességre törekednek. Amikor előkerült a Prolog, én voltam az egyik első, aki gyakorlati alkalmazási programokat kezdett el készíteni. Közel állt ahhoz a szemlélethez, amiről azt gondoltam, hogy általában a tételbizonyítással kapcsolatban meg lehetne valósítani.

Maga a Prolog nem tisztán logikai alapú nyelv, mert a beépített eljárások kilépnek a logika keretéből.

A számítógépes szimuláció az egyik kutatási területe. Hogyan kapcsolódott ehhez a témakörhöz az 1978-ban többedmagával elkészített T-Prolog rendszer?

A T-Prolog volt az első tudásalapú szimulációs eszköz.

Miben különbözött a hagyományos eszközöktől és a Prologtól? Elsőként abban, hogy beletettük az idő fogalmát, amit két új argumentum kiterjesztésével logikai alapon is be lehetett vezetni a Prologba. Azonban be tudtam mutatni: vannak olyan teljesen hétköznapi példák, amiken ez a fajta megközelítés nem működik, viszont az általunk készített kiterjesztéssel igen. Abból indultunk ki,

hogyan a Prolog egyik értelmezése procedurális programozásnak is felfogható. A Horn-klózzokat ugyanis kétféleképpen lehet interpretálni. Ebben az esetben mondhatom, hogy ha egymás mellett futtatok több Prolog programot, olyan, mintha egymástól független processzerek futnának. Ha kommunikációt tudok biztosítani köztük, kommunikáló szekvenciális folyamatok jönnek létre. Valójában ez folyik a szimulációban: időben egymással párhuzamosan futó folyamatokat modellezünk, amikhez egy központi ütemező tartozik; ez szinkronizálja az időben a folyamatokat.

Az M-Prolog nagyon speciális, számunkra készített beépített eljárásai segítségével pontosan ilyen szimulációs nyelvet valósítottunk meg, amiben Prologban lehetett megfogalmazni a folyamatokat, közben pedig kilépve a logikából, időt kezel, és nyújtott egy olyan szolgáltatást, amit semmilyen más eszközzel nem lehetett megcsinálni. Modelleztük a valóságot, eljutottunk egy időpontba – ha úgy láttuk, hogy ebben az irányban nem találhatjuk meg a megoldást, viszont a modellezés során hasznos információkat kaptunk, rögzíteni tudtuk, vissza tudunk lépni az időben, és a visszalépett időben újra elkezdhetjük a modellezést. Figyelembe tudtuk venni az előző, jövőben látott eredményeket. Tehát jövőutazásokat tehettünk a rendszerben, és erre egyetlen eszköz se volt képes. Ezért számított újdonságnak.

Az is igaz, hogy a Prolog-társadalom nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem fogadta el – azért, mert teljes mértékben kilépett a hagyományos matematika köréből. Viszont igen kedvező fogadtatásban részesült az Egyesült Államok legrégebbi számítógépes egyesületénél, a számítógépes szimulációs társaságnál. A rendszer igen szép tudományos karriert futott be a nyolcvanas évek elején, közepén. Például az ötödik generációs japán számítógépeknél eleinte azt is feltételezték, hogy ezeknek az eszközöknek az alapnyelve valahol a T-Prolog környékén lesz. Utána eltértek ettől, de akkor még úgy gondolták. Egyrészt tudományos újdonság volt, másrészt valódi értékkel is bírt.

Mennyiben volt fejlettebb a CS-Prolog a T-Prolognál?

A CS-Prolog annyiban különbözött, hogy a T-Prolog az M-Prologon alapuló, abban épült félig interpreter, félig compiler, míg a CS-PROLOG egy C-ben írt önálló rendszer volt.

Érdekes, hogy mennyire kimaradt az emlékeinkből a tranzputeres korszak. Bristolban megalkották azt az európai processzort, amit tízprocesszoros kártya változatban be lehetett helyezni egy IBM PC-be, és kvázi-szuperszámítógépet lehetett belőle készíteni. Mi voltunk szinte az elsők a világon, akik ezen dolgoztunk. A CS-Prologot is rátettük erre a tranzputerre, hiszen igazi sokprocesszoros kártya volt. Bétaverziós compilerekkel különleges engedéllyel hoztunk be hivatalosan először egy egyprocesszoros tranzputer kártyát.

Úgy érzem, az volt a baj, hogy nagyon sokszor jóval előrébb jártunk, mint a gazdasági élet, vagy a felhasználók, és soha nem állt mögöttünk – lévén

Magyarország – jelentős felhasználói bázis. Érdekesség, hogy a szovjet Mars-járó vezérlő részét például a KFKI-ban tervezték kifejlesztetni, és transzputeres tanfolyamot tartottunk nekik. Elég komolyan nézegették a CS-Prologot mint lehetséges programozási eszközt.

Nagyon sok kuriózumot tudnék még mondani, melyek mutatják, amit például konferenciákon is éreztük, hogy tényleg azt csináljuk, ami a világ élvonalába tartozik. Sokszor előfordult, hogy az ember az Egyesült Államokban a szocialista országok egyedüli képviselője volt. Egészen másfajta világ volt, mint a mostani, és a zártság is arra készítette a szocialista országokban dolgozókat, hogy olyan csináljanak, ami nem volt máshonnan hozzáférhető. Ez jól jött a magyar kutatás-fejlesztésnek. Nem véletlen, hogy a nyolcvanas évek végén a hazai K+F, és a legtöbb intézmény – köztük sajnos a jó eredményeket produkáló SZKI is – néhány évre eltűnt. Megjelentek ugyanis a jóval tőkeerősebb, jobb kapcsolati rendszerekkel rendelkező külföldi szereplők.

Tehát a KGST-korszaknak volt olyan oldala is, hogy magas színvonalú, korszerű termékeket kellett produkálni az elérhető eszközökre, és ez lehetőséget adott az újdonság-készítésre.

Mit gondol a logikai programozás jelenlegi helyzetéről?

A helyzetemből adódóan eléggé elszakadtam a tudományos élettől, de tudom, hogy a volt Multilogic-os kollégáim most is fejlesztik a CS-Prologot. Tudni kell: akikkel ott dolgoztam, azokkal 20-25 évig folyamatosan együttműködtem (például Boda Lena, Keresztély Mari, Szeredi János, hogy a legrégebbi kollégákat említsem).

Érdekes módon a kilencvenes évek közepén kiderült, hogy a CS-Prologot a tudunk nélkül (főleg egyetemeken) használják. Felvetődött: miért nem szupportáljuk? Egy nemzetközi projekt keretében mi szolgáltatottuk az alap programozási eszközt, amiben a rendszereket megvalósították. A francia hadsereg számára szintén készítettünk egy folytonos szimulációs modellezést is támogató változatot: az egyes modellkomponenseket elsőrendű differenciálegyenlet-rendszerekkel lehetett leírni. Utána készítettünk egyet, amelyik korlátos logikai programozást is tudott, tehát hálózaton működő, korszerű felületű, elosztott igazi rendszer volt. Volt kollégáim folyamatosan karbantartják, és most is használják projektekben, például szakértő rendszerek készítésére.

Az elmúlt években azonban nem nagyon követtem a logikai programozást. Van egy tudományos közösség, amely életben tartja. Jelentős európai K+F támogatást is kapnak és készítenek érdekes alkalmazásokat is.

Az SZKI-nál, a Multilogicnál, valamint a SZÁMALK-nál végzett munkái mennyiben kapcsolódnak a hazai mesterségesintelligencia-kutatásokhoz?

Szerves és alkotó részei voltak, mert általában alapeszközöket készítettünk. A Neumann Társaság nyolcvanas években szervezett sikeres előadásain mi is részt

vettünk. Függetlenül attól, hogy kis cég voltunk, úgy gondolom, a magyar MI-kutatások gerincéhez tartoztunk.

Mit ért mesterséges intelligencián, illetve hogyan ítéli meg a tudományterület jelenlegi helyzetét?

Nagyon nehéz az MI-definíció, és nagyon széles körben értelmezhető, mi tartozik az MI-kutatásokhoz. Valahol a formális következtések környékére tenném a meghatározást, tehát az emberi gondolkodás következtető mechanizmusát nem leképező, de valahogy visszatükröző számítógépes rendszer alkotását értem rajta. Megmaradtam a klasszikus megközelítésnél. Számomra a hagyományos értelemben vett szakértő rendszerek tipikus MI-termékek. Ezekkel kezdtem foglalkozni, mindig ezek jutnak az eszembe. Ha egy rendszer következtetni tud, önálló, előre be nem programozott módon képes működni.

Az ágensek visszatérő dolgok – az önálló process-ek nyugodtan felfoghatók önálló ágensekként. Inkább átnevezés, mint valami rendkívül új jelenség. Mondhatnám, hogy az egymással kommunikáló önálló folyamatok az ágensek viselkedését írják le. 1998-ban jelent meg az *AI in Simulation* című könyvünk. Az egyik fejezete arról szólt, hogyan tudnak egy önálló tudásbázissal rendelkező rendszer most ágenseknek nevezett elemei közösen rájönni, kivel és milyen módon képesek végrehajtani az adott feladatot. A CS-Prolog nagyon alkalmas volt erre, mert a Prologban a program is módosítható. Tehát ha fel tudok venni egyfajta metatudást, és rá tudok jönni, ki lehet a partnerem, akkor felvehetek olyan kommunikációs eljárásokat, melyeknek a keretében ténylegesen információt cserélnek. Továbbvihettük volna ezt a kis példát, és bebizonyíthattuk volna, hogy sok mindent lehet belőle csinálni. Azonban megmaradtam amellett, hogy megmutattam: ezzel a rendszerrel ilyen jellegű modellek is készíthetők.

A kilencvenes években kórházi információs, államigazgatás-vezetői információs, továbbá banki rendszerek fejlesztésében vett részt. Ismertetné ezeket a munkákat?

A legnagyobb magyar megyei kórháznak, a nyíregyházinak PHARE-projekt keretében készítettük el a betegnyilvántartó rendszerét. Mi készítettük a TB jelentéskészítő rendszert is. Az OEP számára létrehoztunk egy nagy – betegszámlákat generáló – szimulációs modellt is. A kórházakban még nem voltak minőségbiztosított rendszerek, de fel lehetett mérni a gyógyításhoz szükséges nagyobb lépéseket, eszköz- és időigényeket. Sorbaállásos modellbe tettük ezeket; érdekes eredményeket sikerült produkálni.

Az a baj, hogy Magyarországon mindig változik a megrendelő személye. Eltűnik a korábbi, az új meg más tart fontosnak.

Az államigazgatásban az Oktatási Minisztérium egyik statisztikai információs rendszerét készítettük el. Éveken keresztül működött, amit onnan tudtunk, hogy két-három év múlva egyszer csak jelentkeztek: valamit módosítsunk rajta. Elég megbízható lehetett, hogyha használták, és nem tudtunk róla.

A banki rendszerünk az OTP-nél most is működésben van: a céghitelek elbírálását és bonyolításának a menedzselését végzi. A munka 1996-ban kezdődött, volt kollégáim még ma is dolgoznak rajta.

Kutatási területeihez tartoznak a sokprocesszoros rendszerek is. Milyen jövőt prognosztizál nekik, illetve a párhuzamosságnak?

A valójában bekövetkezettnél sokkal nagyobb és gyorsabb elterjedést vártam. Sokféle párhuzamosság létezik, én nagyjából a komoly programokat végrehajtó „önálló számítógépekkel” foglalkoztam (nagy granualitás). Általában az a baj, hogy ha a feladat szétbontható önállóan végrehajtható elemekre, akkor az hatékony, de ha már információt kell cserélni az önállóan futó elemek között, a szinkronizáció könnyen lerontja a hatékonyságot. Ha a hatékonyság négyzetgyökösen nő a processzorok számával a feladatmegoldásban, akkor már nem számít rossznak a helyzet. Az én praxisomban azért nem lehetett lineáris növekedést bemutatni, mert a feladatok nem voltak szétbonthatók ilyen önálló párhuzamos elemekre. Gyakran fordul elő, hogy a feladat – a sok kommunikáció miatt – egyprocesszoros rendszerben hatékonyabban megoldható. Magyarán rettetesen feladatfüggő, azaz meg kell találni azokat, amik tényleg egymástól függetlenül futó, párhuzamos feladatokra bonthatók. Van még a nagyon alacsony szintű granualitás, egy egészen másfajta párhuzamosság, amivel igazából nem nagyon foglalkoztam.

Melyik könyvét tartja a legjelentősebbnek?

Számomra mindenképpen az *Artificial Intelligence in Simulation* a legjelentősebb, mert akkoriban (1988) nagyon ritka volt, hogy magyar szerzőtől jó külföldi – angol – kiadó könyvet jelentessen meg. Viszont azt hiszem, Magyarországon a *Mesterséges intelligencia* a legismertebb és legnépszerűbb. A Neumann Társaság MI Szakosztálya a saját produktumának tekinti, mert összeálltunk, megpróbáltunk áttekintést adni, és hazai szerzőktől összegyűjteni egy-egy fejezetet.

Az APEH informatikai elnökhelyetteseként végzett munkája mennyiben kapcsolódik a kutatásfejlesztésekhez?

Ha az ember K+F környezetben dolgozik, nagyon fontos, hogy viszonylag bátran próbáljon nekimenni ismeretlen témáknak. Nem felelőtlenül, de bátran. Higgyen abban, amit csinál; öntudatosnak kell lennie, mert rengeteg kritikát kaphat. Kimegy egy nemzetközi fórumra, és tudnia kell, hogy a világ minden tájáról érkezett százötven-kétszáz ember neki fog esni. Meg kell tudni védeni a munkáját. Hinni kell abban, amiről beszél, és relatíve gyorsan meg kell értenie, mit is akar a hozzászóló, és meg kell találnia a választ.

Amikor a hivatalban elkezdtem elnökhelyettesként dolgozni, munkatársaimmal rövid időn belül új többéves informatikai stratégiát dolgoztunk ki. Nem hiszem, hogy egyedül el lehet érni eredményeket. Lehet, hogy az ember nevéhez kötik, de messze nem az ő, hanem azoknak az eredménye, akikkel együtt dolgo-

zik. Nem is lehet, mert akkorák a feladatok. Ugyanez történt itt is: két hónap alatt határoztunk meg egy új informatikai stratégiát, melyet egy éven át először egyes kis elemeiben megvalósítva, teszteltünk. A régi elosztott VSM-DSM alapú rendszerekről központi UNIX/ORACLE alapú rendszerekre kell áttérni és áttervezni, átírni a hivatal teljes informatikai rendszerét. Vegyük azért figyelembe, hogy az államigazgatás legnagyobb és legösszetettebb rendszeréről van szó. A kívülálló azt mondaná, ez természetes. De egy olyan világban egyáltalán nem az, ahol hatnyolcszáz fős informatikai gárda egy évtizeden keresztül valamilyen meghatározott rendszerben dolgozik, és bizony nem akar feltétlenül eltérni attól. Többünknek viszont az volt a szakmai meggyőződése, hogy ezt nem lehet elkerülni, mert ha akkor nem is, de négy-öt éven belül meghal a hivatal informatikája. Ez komoly küzdelmeket jelentett, de végül ebbe az irányba indultunk el.

A másik a szintén teljesen új dolog az elektronikus kormányzat. Ilyen szempontból egyrészt nagyon érdekes ebben a pozícióban figyelni valamit, amiről rengetegen, sokat írnak. De az egy másik dolog, amikor az ember meg is csinálja, és felelőséggel csinálja meg, mert pillanatokon belül kiderül, hogy ha minimális hibát is találnak, mondjuk, például az elektronikus adózási rendszerben, akkor annak rögtön óriási sajtója lesz. Erős a visszacsatolás.

Érdekes a jogalkotás is. Az e-betűs törvények, rendeletek nagy részét hivatalból, vagy nem hivatalból megkapjuk véleményezésre. Például az elektronikus számlarendelet, amelynek kidolgozásáért felelős voltam, elsőre egyszerűnek tűnik. Viszont komoly irodalmazásnak kellett nekiállnom: megnéztem a vonatkozó francia, angol, osztrák, ír törvénykezést, és ezek alapján próbáltuk kihozni az EU-nak elvárásoknak megfelelő, lehető legjobb rendeletet. Azt gondolom, ez is egy érdekes alkotó tevékenység. Korábban is foglalkoztunk jogszabályok szakértő rendszerekre történő átültetésével. Megvan a technológia, hogyan lehetne például szja- vagy áfa-törvényekről szakértő rendszert készíteni. Az államigazgatás egy egészen másfajta, nagyobb felelősség, mert amíg a K+F világban vagyunk, nyilván függünk a pénzügyi forrásoktól, de ha elég ügyesen pályázunk, fenn tudjuk tartani tevékenységünket, és nem feltétlenül szükséges a gyakorlatban használható terméket produkálnunk. A *publish or perish* mondás érvényes ebben a világban, a mostani területemen viszont működőképességnek kell lenni.

Hogyan vélekedik az elektronikus aláírás, és általánosítva, az E-adminisztráció hazai helyzetéről?

Az elektronikus aláírás törvényt olyanok hozták, akik soha nem látták az életben működni. De nem is láthatták. Én is véleményeztem, és amikor az ember átnézi az anyagot, nem veszi benne észre a buktatókat. Amikor viszont tényleg elkezdtem foglalkozni vele, kiderült, hogy már az elején rekurzív definíció van. Az ember nem vette észre, mert ha bogarássza, akkor rájön, különben viszont nem. Sokat enyhült az új módosítással és helyenként gyengébb is lett. Egyrészt van-

nak a gazdasági érdekek, másrészt a biztonság. Hova helyezzük a dokumentum kezelésének, tárolásának biztonsági fokozatát? Van egy négyfokozatú skála. A negyedik fokozat az, ahol életek kerülnek veszélybe. Ott már nagyon erős azonosítás szükséges. A biometrikus azonosítást, vagy a minősített aláírást odatarozónak gondolom. A harmadik fokozat csak erős gazdasági esetekre vonatkozik, de emberéletet nem fenyeget. Mihez vezethet egy rossz autentikáció? Mi a fokozott biztonsági kártya határa? Minek minősüljön egy adóbevallás? Kell hozzá elektronikus aláírás, vagy nem kell? Az egész világon nem az a jellemző, hogy egy adóbevallást digitálisan alá kell írni, hanem általában az egyszerűbb megoldásokat keresik.

Magyarországon minden a bizalmatlanság elvére épül. Míg más országok – ahol működőképes az elektronikus szabályozás – a bizalmon alapulnak. Egyre inkább úgy látom, hogy egyes elemei technikailag hihetetlenül nehezen lesznek megoldhatók az elektronikus dokumentumok alkalmazásának. De nem mondom, hogy megoldhatatlan, mert lesz róla törvény. Hogyan lehet papíralapú dokumentumról nagy tömegben hiteles elektronikus másolatot készíteni? Ez egy alapvető probléma. Az APEH-nek évente huszonötmillió dokumentuma keletkezik, és ha elektronikusan tudná tárolni, és ki tudná dobni az eredeti papírt, milliárdos költségektől szabadulna meg. Hiába korszerűek az irattárak, vagy a pincék, kilométereket kell bérelni belőlük. Másutt, például Németországban három hétig megőrzik a számla eredetijét, a másolatát pedig elektronikusan. Ez persze egy speciális eset, mert két helyen is lehet ellenőrizni: a kibocsátónál és a befogadónál. De azt nem tudom, hogy elektronikus dokumentumokat miként fogunk tudni hitelesen gyártani, anélkül, hogy nem közjegyző nézi, hasonlítja össze, és hitelesíti az aláírásával. Másik lehetőség az lenne, hogy ha a köztisztviselő, vagy a hivatal, például az APEH nagytömegű bevételeket rögzítene, másolna – szkennelne –, és utána aláírja, akkor el kell fogadni hitelesnek. Egyes országokban azt mondják, hogy a hivatal az aláírással hiteles másolatot is készített. Nem hiszem, hogy Magyarországon ezt bárki elfogadná, és ettől fogva nem nagyon látom azt a technikai megoldást, ami nagy tömegben, elfogadhatóan, törvényesen és hitelesen csinálná ezt. A fordított irányra – elektronikusról hiteles papírmásolat készítésére – látok technológiákat. A probléma sokkal komplexebb a digitális aláírásnál. Az elektronikus ügykezelésről, azon belül az egyik médiumról a másikra történő hiteles konverzióról van szó.

Ez és a dokumentumok megőrzése az igazi probléma.

Milyen számítástudományi és mesterségesintelligencia-témákkal foglalkozik jelenleg?

Nézegetem a jogi szakértő rendszereket. Érdekelnének, látnám az itteni hasznukat. Nagyon sokat segítené, ha egy jó szja szakértő rendszer kint lenne az interneten, és az adóbevallásokat össze lehetne kötni vele. Most passzív támogatás van: beírjuk, amit gondolunk, utána a program ellenőrzi számszakilag, ahol

lehet, a kitöltött rubrikákkal. De az igazi az lenne, ha nem nyomtatványt töltenék ki, hanem elkezdeném használni a szakértő rendszert, és arra mennék, ahogy felteszi a kérdéseket. Attól függően, milyen típusú bevallanivalóm van. Kérdezzet, kifaggat, számol. Végigvezetne, megcsinálná. Elvileg nem lehetetlen. A hagyományosnak mondott szakértő rendszereket az államigazgatás sok területén el tudnám képzelni.

Osztályozásnál, kategorizálásnál a neurális hálók gyakorlati használata például az APEH-nél is elképzelhető. Nagy tömegű mintából kellene megtanítani őket a kiválasztásra és az ellenőrzésre.

Körülbelül erre a két területre van valamelyest rálátásom. Nagyon érdekes, hogy 1969-ben elkezdtem foglalkozni neurális hálókkal, és utána valahogy elfelejtődött az egész. A nyolcvanas évek végén meg újra előjött. A körülbelül húszéves szünet után döbbsentem rá, hogy mintha az egyetemen már foglalkoztunk volna valami hasonlóval.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Mindig azt szoktam mondani, hogy el kell dönteni, papírtigris, vagy valamilyen terméket akarunk készíteni. Mind a kettőt ki lehet menedzselni. Olyan a pályázati és értékelési rendszer, hogy teljesíthető a ledokumentálható és elfogadható prototípus. De azt gondolom, nem ez lenne a feladat. Akkor sikeres, ha nem prototípust, hanem valamilyen feladat megoldására alkalmas végterméket szeretnénk készíteni, ha arra használnánk a projektet. Nem abszolút éles alkalmazásra, de mindenesetre nem deszkamodellre. Mert mindig az történik, hogy „itt a deszkamodell, innen csak tovább kell lépni.” Csakhogy az „innen továbblépést” egyrészt nem teszik meg, másrészt nem is lehet. Több energiát kellene befektetni, és esetleg kiderülne: az elméleti és/vagy gyakorlati problémák miatt tényleg nem lehet továbblépni. Már célként ki kell tűzni, hogy működőképes legyen, és meg akarjon oldani valamit. Most nem alapkutatásról beszélek, mert az egészen más, hanem az alkalmazott kutatásról. És kell hozzá egy jó kollektíva is.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Semmit sem tudnék javasolni. Akkora a bizonytalanság, hogy a pályák nem tervezhetők. Aki nagyon tehetséges valamiben, annak persze igen. A diákok öt százaléka semmi gondot nem lát terveinek és vágyainak a megvalósításában. Egyébként rettentő nehéz tanácsot adni. Azt látom, hogy például a számítástechnikában egyre inkább előtérbe kerül a biztonság, tehát, ha valaki informatikai biztonsággal foglalkozik, valószínűleg nem lő nagyon mellé. De azért ez se egy óriási perspektíva, viszont a jövőben is fejlődő terület.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Nem tudnék ilyen összefoglaló pontokat mondani. Más a helyzeti a mostani és a KGST-kori Magyarországon. Ki kellett találnunk, pótolnunk kellett nem hozzáférhető dolgokat. Ma nincs így, mert mindenki használhatja a legfejlettebb technológiát. Nagyon innovatívnak kell lenni, ráadásul az ötlet kimenedzselése is külön tudomány. A másik, hogy a mai Magyarországon nehéz kutatócentrumot létrehozni. Egyszerűbb máshova elmenni. Nincsenek meg a szükséges anyagi, kockázati tőke és egyéb feltételek.

Több célt is meg lehet fogalmazni. Az egyik, hogy a K+F pályázatoknak és pénzeknek az a feladata, hogy szinten tartanak egy olyan kutatógárdát, amelyik adott esetben bármikor képes átvenni egy új technológiát. A másik, hogy a szakemberek maradjanak meg mérnöknek, fejlesztőnek, és ne menjenek el marketingesnek, eladónak. Nagyon jó magyar fejlesztők és termékek voltak, de eltűntek.

Futó Iván

APEH

1054 Budapest, Széchenyi u. 2.

<http://www.apeh.hu>

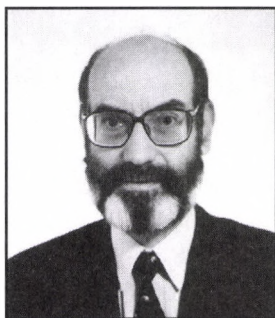
(Multilogic Tanácsadó és Informatikai Kft.

1023 Budapest, Frankel Leó út 45.

<http://www.multilogic.hu>)

Gergely Tamás

Kognitív rendszerek, alkalmazott logika



Gergely Tamás az egyik legsokoldalúbb magyar mesterségesintelligencia-kutató. Pályafutása a KFKI-tól az Alkalmazott Logikai Laboratóriumig ível. 1988 óta a matematikai tudományok doktora, a hazai PROLOG-fejlesztések egyik kezdeményezője. Százötven feletti publikációja, valamint számos könyve jelent meg a számítástudomány és a mesterséges intelligencia kapcsolódó tárgykörében (például egészségügyi informatika). Ma a kognitív rendszerekben látja a sokak szerint szákutcabá tévedt MI kitörési lehetőségét.

Milyen kutatások jellemzik az Alkalmazott Logikai Laboratóriumot?

Az ALL, teljes nevén Alkalmazott Logikai Laboratórium Kutató-fejlesztő Szövetkezet 1986-ban alakult. A hazai deklaratív programozással (így a PROLOG-gal is) kapcsolatos kutatások egyik kezdeményezőjeként alapvető célja a modern információtechnológiai módszerek, fejlesztések kidolgozása volt, melyek kezdetben a japánok által kezdeményezett, ún. ötödik generációs rendszerek létrehozását célzó fejlesztéseket jelentették. Ezt követően az akkori szocialista országok közös kezdeményezésére több, céljai szerint ötödik generációs projekt indult. Az egyik – a Szovjetunió által meghirdetett – programnak, a Logikai-információs számítási rendszerek témájának kidolgozási lehetőségét az ALL által koordinált konzorcium nyerte el. Ennek a projektnek alapvető szakmai célja a számítógépek intelligenciaszintjének emelése volt, hogy a gépek alkalmassá váljanak tényleges partnerjellegű tevékenységre. A téma bonyolultsága indokolta, hogy számos területen induljon egymással kapcsolatban álló és egymást erősítő kutatás. E területek közül a következőket emelem ki:

- Program és programozási elméletek, amelyeken belül számos fontos eredményt sikerült elérni, elsősorban az alábbi területeken:
 - Imperatív programozási paradigmák
 - Deduktív programozási paradigma vizsgálata
 - Szekvenciális, konkurens, parallel stb. szervezésű programok tartalmi és szemantikai jellemzőit leíró módszerek elméleti alapjainak fejlesztése
- Programfejlesztési technológia kidolgozása
- Formális plauzibilis érvelésen alapuló problémamegoldás
- Gépi tanulás módszerének kialakítása a diagnosztikai feladatok megoldásához
- Információ-, ismeret-, illetve adatbányászati (*data-mining*) módszerek
- Logikai és matematikai modellezési módszerek

Az intelligens partnerrendszerekkel kapcsolatos kutatások mellett két további, ezekhez szorosan kapcsolódó K+F terület emelnék ki, ahol az ALL fontos eredményeket ért el: (i) a tudás és tudásátvitel elméleti és módszertani megalapozása, valamint (ii) az élő rendszerek modellezése. Az első témával kapcsolatban érdeklődésünk fő irányai a következők voltak:

- A tudás episztemológiai jellemzése, melynek keretében meghatároztuk a kodifikált és precedenses tudás alapvető tulajdonságait.
- A tudásátvitel metodológiájának kidolgozása, melynek során többek között különböző oktatási módszereket dolgoztunk ki. Ehhez kapcsolódóan megvizsgáltuk, hogy az oktatási rendszerekben hogyan lehet optimálisan megvalósítani a tudásátvitelt. Elemeztük továbbá a számítógéppel segített oktatási rendszerek korlátait és lehetséges távlatait.
- A tudás szituatív reprezentációjának kidolgozása. Ennek kapcsán egy általunk kidolgozott szituációs logika segítségével vizsgáltuk a strukturális és kontextusfüggő adat- és ismeretreprezentációt. Ezen túlmenően foglalkoztunk a különböző, nehezen formalizálható problématerületek formalizálását támogató módszerekkel.

Az élő rendszerek modellezési módszereinek fejlesztésével kapcsolatos tevékenységünk célterülete az emberi szervezet volt. Ennek során az alapvető kihívás az emberi szervezet állapotának jellemzése, illetve az adott állapot befolyásolását biztosító célirányos behatások optimális kiválasztását segítő modellek kidolgozása volt. Ehhez kapcsolódva orvosbiológiai, matematikai, informatikai és módszertani eszközöket dolgoztunk ki a hatékony modellezés lehetővé tételére. E kutatások kézenfekvő alkalmazási területe az orvosi informatika. Számos intelligens partnerrendszert dolgoztunk ki különböző orvosi területek támogatására. Ezek közül az orvosi alkalmazást emelném ki, amely egy újszerű funkcionális szervezetmodellre építve támogatta a holisztikus szemléletű diagnózis felállítását és ehhez kapcsolódóan az egyéni sajátosságokat figyelembe vevő individuálisan optimális terápia kiválasztását. A kutatás-fejlesztés eredményeként született egy több országban szabadalmaztatott orvosbiológiai eljárás és egy ezt támogató intelligens partnerrendszer. Ennek a tevékenységnek az eredményességét több mint tízezer beteg tanúsíthatja, akik megtapasztalhatták a rendszer működésének pozitív következményeit. Az erre vonatkozó kutatási és alkalmazási eredményeket O. Senjukkanal közösen adtuk közre az *Immunológiai Diagnózis és Kezelés Optimalizálás* című könyvben 1993-ban.

Az élő rendszerek modellezési módszereinek fejlesztése során kidolgoztunk egy, a nemlineáris dinamikai rendszerek eszköztárát használó újfajta neuronhálóstruktúrát, amivel az élő rendszerek működését és fejlődését lehet modellezni. A modellezési módszer többek között azokat a kérdéseket segít megválaszolni, hogy hogyan alakulnak ki olyan sejtcsoportosulások, melyek, eldobva eddigi viselkedési sajátosságaikat, identikusan kezdenek el viselkedni; vagy hogyan

bomlik fel egymással azonosan egymás között szinkronizáltan működő klaszterekre egy nagy sejtpopuláció.

Megjegyzem, hogy ennek a modellezési eljárásnak a konceptuális alapjait ugyanaz az immunológiai modell képezi, amely az orvosi informatikai fejlesztések alapját is biztosította.

Az önszerveződés volt a kilencvenes évek egyik legfőbb kutatási területe.

Az önszerveződő modellek ma is aktuálisak a nagy bonyolultságú rendszerek vizsgálatához. Ez segíti például a saját magukat optimalizáló műszaki rendszerek kialakítását, vagy akár a saját tapasztalataiból való tanulással az erőforrásait hatékonyan felhasználó rendszer kifejlesztését. Az ALL tevékenységében hol több, hol kevesebb figyelem fordítódott az önszerveződésre. Így fontos szerep jutott az orvosi informatika mellett a gazdasági informatikai alkalmazások számára kidolgozott közelítésmódban az önszerveződő modelleknek, mint például a küszöbértékhalók vagy az adatok csoportos kezelésének módszerei, amelyek a numerikus adatok kezelésére speciális statisztikai módszerekkel, a leíró információ kezelésére pedig hatékony logikai módszerekkel kombinálhatóak.

A kombinált módszertan alkalmasnak bizonyult többek között a rövid és hosszú távú előrejelzésre, törvényszerűségek és ciklusok identifikációjára, dinamikus egyensúly meghatározására, alkalmazni lehetett mikro- és makrogazdasági folyamatok analízisére és előrejelzésére.

Ötödik generációs rendszerek vs. kognitív rendszerek...

Az ötödik generációs projekt kapcsán elindult kutatások egyik központi kérdése a bizonytalanság kezelése volt. Ennek egyik, az ALL által kooperációban kifejlesztett módszere a kognitív érvelés, amely magába integrálja a dedukciót, indukciót és analógia alapú érvelést, valamint az abdukciót. Ez az érvelési mód alkalmas a tudományos megismerési folyamatok támogatására, biztosítva a kísérleti eredmények hatékony feldolgozását, aminek során rejtett, addig esetleg nem ismert összefüggéseket segít feltárni. Megjegyzem, hogy ezek az érvelési folyamatok szorosan kapcsolódnak a gépi tanuláshoz is. Hiszen a bizonytalanság csökkentése megkívánja a kidolgozott hipotézisek folyamatos ellenőrzését és csak a plauzibilis összefüggések felhasználását a bizonytalanság csökkentésére, például a kísérleti eredmények magyarázatára.

Az ötödik generációs projekt kapcsán elindított – az intelligens partnerrendszerekkel kapcsolatos – kutatások az ALL-ben tovább folytatódtak. Ezek a kutatások többek között érintik az érvelési és megismerési módszereket, a tudáskezelést, amelyekhez más és más tudáskezelési, valamint információ- és tudáskinyerési módszer kapcsolódik. Az ALL-ben a kutatások során az érvelési módszerek három fő közelítésmódja területén születtek eredmények: a statisztikai, a logikai és a konnekcionista területeken. Ez utóbbi a neuronhálók segítségével megvalósuló érvelési módszereket jelenti.

A kutatási eredmények különböző alkalmazói rendszerekben kerültek felhasználásra. Az alkalmazói rendszerek a gyógyszerek tervezésétől kezdve az orvosi diagnosztikán keresztül a különböző műszaki berendezések megbízhatóságának a vizsgálatáig számos területen támogatták az emberi feladatmegoldási tevékenységet. Külön kiemelném az intelligens eszközök és módszerek térinformatikai alkalmazását, amelynek eredményeképpen intelligens geoinformatikai rendszer jött létre. Ez képes volt megbecsülni egyes természeti kincsek (például kőolaj) előfordulási helyét és az ott fellelhető mennyiséget.

A kognitív rendszerek fejlesztése során különösen fontos a különböző érvelési módszerek feladatorientált integrálása.

Így látható, hogy az ötödik generációs rendszerekkel kapcsolatban beindult kutatások megalapozták a mesterségesintelligencia-kutatás ma aktuális kihívását, a kognitív rendszerek fejlesztését.

A jelen?

Az ALL kutatási tevékenységében a mesterséges intelligencia, illetve a kognitív rendszerek ma is központi szerepet játszanak. A mi értelmezésünk szerint a kognitív rendszerek alapvető képessége a megismerés. Így ezek a rendszerek képesek saját maguk és környezetük megismerésére, saját tudásuk, ismereteik fejlesztésére és újraértelmezésére. Ehhez kapcsolódik az az érvelélmélet és módszertan, amit mi kognitív érvelésnek nevezünk, és amelyik alkalmas arra, hogy a kognitív rendszerek érvelési magját alkossa. Ide tartoznak a kváziaxiomatikus elméletek, amelyek a komplex ismeretek reprezentációjának és kezelésének hatékony eszközei. A kommunikáció elősegítésére az ALL foglalkozik a természetes nyelvű írott, illetve beszélt szövegek szemantika alapú szöveg- és beszédmegértéssel járó módszereinek a kidolgozásával.

A kognitív rendszerek iránt világszerte nagy az érdeklődés. Ez könnyen látható a nemzetközi K+F pályázati kiírásokból is. A témával egyaránt találkozhatunk az EU hatodik keretprogramjának stratégiai céljai között és a DARPA (USA) pályázati kiírásai között.

A kognitív rendszerekkel kapcsolatos kutatásaink egyik fontos alkalmazási területe az emberi szervezet pszichoszomatikus állapotának folytonos monitorozását biztosító rendszerek kifejlesztése. E rendszerek percepció terét intelligens szenzorokra épülő szenzorháló alkotja. A rendszerek az állapotváltozásokra adekvát reakciót alakítanak ki, ami lehet akár a szervezetre ható beavatkozás, vagy verbális utasítás.

A programlogika, az aktív elemű neuronhálók és az iteratív logika a főbb kutatási területei.

Az intelligens partnerrendszerek kifejlesztése megkívánja, hogy megtaláljuk az adekvát implementációs módszereket. Ez feltételezi az adekvát programozási alapok és eszközök biztosítását. Ezért volt kiemelt szerepe azoknak a prog-

ramozáselméleti és programozás-módszertani kutatásoknak, amelyeket szintén az ötödik generációs projekt kapcsán indítottunk. Ezzel kapcsolatban különös figyelmet fordítottunk a deklaratív programozásra, így a PROLOG-ra is. A meglévő elméleti alapokra építve kidolgoztunk egy új, a programok leírására, tervezésére alkalmas nyelvet és módszertant, amiből végül is nem lett rendszer. A közelítésünk egyik fontos jellemzője a konstruktivitás volt, ami lehetővé tette, hogy a programszifikációt deklaratív programként értelmezzük. A programozáselmélet terén elért eredményeket foglalja össze Úry Lászlóval írt könyvünk, amely 2001-ben jelent meg *First Order Programming Theories* címmel a Springer Verlag gondozásában.

Megjegyzem, hogy a deklaratív programozás modellezés célú felhasználásával és ennek PROLOG alapú nyelveinek kifejlesztésével kapcsolatban elért eredményeinket az *Artificial Intelligence in Simulation* című könyvünkben tettük közzé Futó Ivánnal.

A mesterségesintelligencia-kutatásokkal kapcsolatban mindig fontos terület volt számunkra az egymással kooperáló intelligens rendszerekkel – ágensekkel – kapcsolatos kutatások. Ennek kapcsán foglalkoztunk a kooperatív feladatmegoldás pszichológiai modelljeivel, valamint ennek alapján az ún. intelligens aktorok elméletével és az ezekből felépülő kooperatív rendszerekkel. Futó Ivánnal kidolgoztuk a kooperatív rendszerek viselkedését modellező deklaratív nyelvet, a TPrologot. Itt jegyzem meg, hogy ezt a nyelvet a japánok az ötödik generációs kutatásaiknál éppen a kooperativitással kapcsolatos kutatásaik eredményeinek ellenőrző környezeteként használták. A TProloggal kapcsolatos eredményeket szintén a fent említett könyvben tettük közzé.

A kognitív rendszerek iránt megnőtt igény egyúttal felveti a kooperatív megismerés, azaz a kooperatív kognitív rendszerek szükségességét. Ezek a rendszerek az intelligens funkciók legnagyobb részét elosztott módon valósítják meg. Ezzel felmerül az osztott intelligenciájú rendszerek problematikája, ami a számítógéphálózatokon megvalósuló kognitív rendszerekkel kapcsolatos.

A kognitív rendszerek magját biztosító érvelési és megismerési folyamatok alapját jelentő kognitív érvelés elméleti és módszertani kérdéseivel foglalkozik a Springer Verlagnál előkészületben lévő, *Cognitive Reasoning – A Formal Approach* című, társszerzőkkel írt könyvem. Ebben a könyvben részletesen ismertetjük a konstruktív matematikai alapot biztosító iteratív logikát.

A jövő?

Az ALL a jövőben tovább kívánja erősíteni, elsősorban a kognitív rendszerek kialakításával kapcsolatosan, a megismerési és az érvelési folyamatok új elveinek kutatását és ezek számítógépes modellezését, illetve megvalósítását.

Reméljük, hogy sikerül továbbfejleszteni az érvelési módszereket, és a kognitív rendszert alkalmassá tenni az ellentmondások feloldására. Ugyanakkor folytatjuk a rendszer észlelési lehetőségeinek bővítését. Az észlelési térben

egyelőre csak írott vagy beszélt szövegekkel foglalkozunk, képi objektumokkal még nem.

Az ALL fontos területnek tekinti az új elvekre épülő szoftvertechnológiai megoldások kutatását és fejlesztését is.

Az ALL elkötelezett az intelligens- és kognitív rendszerekkel kapcsolatos kutatás-fejlesztési tevékenység folytatásában. Fontos céljának tekinti intelligens rendszerek kidolgozását különféle alkalmazási területek részére, ami segíti az információs társadalom fejlődését.

Gergely Tamás

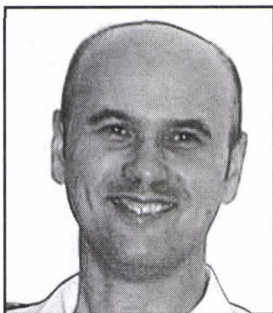
Alkalmazott Logikai Laboratórium (ALL)

1022 Budapest, Hankóczy Jenő u. 7.

<http://www.all.hu>

Gregorics Tibor

Keresési algoritmusok, programozási módszertan



Gregorics Tibor az ELTE Informatika Kara Programozáselemélet és Szoftvertchnológiai Tanszékének docense. Kutatási területe a mesterséges intelligencia és a programozási módszertan. Rendkívül aktív oktatói tevékenységet folytat. Számos publikációja jelent meg, többek között a Fekete Istvánnal és Nagy Sárával közösen írt *Bevezetés a mesterséges intelligenciába*, és a Futó Iván által szerkesztett *Mesterséges intelligencia* kötetbe is több fejezetet írt. Doktori értekezését a heurisztikus gráfkereső eljárásokról írta (1993). Főként a keresési algoritmusokra specializálódott.

Honlapján egy Gárdonyi Géza-idézetet olvashatunk: „Az embernek csak az arca ismerhető fel, de az arca nem ő. Ő az arca mögött van. Láthatatlan.” Mire utal ezzel?

A kutatásaimmal nem áll kapcsolatban, viszont valamelyest utal a személyiségre. Első megjelenésre sokkal kevesebbet tudok mutatni magamból mások felé, mint egy hosszabb kapcsolat során. Arra vonatkozik még az idézet, hogy az emberek nagyon sokszor döntenek az első benyomás alapján, és nem mindig helyes az ilyen döntés. Egyébként nagyon szeretem Gárdonyi Gézát, a *Láthatatlan embert* is.

Az idézetnek ezek szerint nincs túl sok köze a kutatásaihoz?

Egyáltalán nincs. Nem is tudom, milyen módon lehetne köze.

Mesterséges intelligencia, programozási módszertan... Tudna szűkíteni, illetve pontosítani?

Szűkíteni nem, mert az oktatás érdekében nagyon sok részterülettel foglalkoztam. Amikor elkezdtem dolgozni az egyetemen, akkor vezették be a programtervező matematikus szakon a mesterséges intelligencia kurzusokat. Fiatalon beleszóppentem egy olyan csoportba, amely feladatául kapta ezeknek a tárgyaknak a kidolgozását. Elsőként egy általános bevezető kurzus létrehozása volt a cél: az előadásokon széles spektrumot kellett bemutatni azokból a kutatási területekből, amelyeket a mesterséges intelligenciához sorol a szakirodalom.

Nem tudom megmondani, mi az MI, mint ahogy általában senki nem tudja megmondani. Persze azért mindenki definiálja valahogy. A másik kutatási területem – a programozás módszertana – irányából nézve úgy tudom meghúzni a mesterséges intelligencia határát, hogy amíg a hagyományos programtervezés

során a programozó pontosan megmondja az utasítások azon sorozatát, melyekkel közvetlenül meg lehet oldani egy feladatot, addig a mesterséges intelligencia keretében készült programok, szoftverek ezt közvetve végzik. Nem direkt módon írják le a feladatot megoldó utasítássorozatokat, hanem valamilyen módon választanak a lehetséges utasítássorozatok közül, több lehetőség közül próbálják megtalálni a legalkalmasabbat. Ezeket a programokat körüllegi egyfajta misztikus kód, az önálló döntésnek, tehát az értelemnek a jelenléte. Az ilyen mesterséges intelligencia programok között olyanokat is találunk, melyekben csupán véletlenszerű döntések vannak. Gondolom, erre most sokan felsikítanak, hogy azért ez még nem az... Mérő László *Mindenki másképp egyforma* című könyvében éppen arra mutat példát, hogy az emberi döntések esetében is sokszor mennyire racionális az, amikor feldobunk egy pénzdarabot, és a dobás eredménye szerint döntünk egy adott szituációban.

Tagadhatatlanul a mesterséges intelligenciához tartoznak viszont az ún. tanuló algoritmusok. Ez az a terület, ami engem igazából megfogott. A mesterséges neuronhálókra reagáltam úgy először, hogy aha, ez igen érdekes! Amikor tényleg nem könnyű átlátni a tárolt adatok és a kód alapján a szoftver matematikai alapját, amikor éppen ezért nem a „hogyan”, csak a „mit” kell leírni, és a „számítógép”, ez mindenképpen mesterséges intelligencia pusztán feladatmegoldás párok alapján képes megtanulni valamit. Egy program tanul, és ugyanaz a program az idő múlásával egyre okosabban viselkedik.

Mik azok a keresési algoritmusok? Hol tartanak az ilyen jellegű kutatások? Ön mivel foglalkozik ezen belül?

Az MI egyik klasszikus területe, ma már nem nagyon foglalkoznak vele. Úgy tűnik, lezárult. A hetvenes években és nyolcvanas évek első felében volt igazán nagy sikere. Akkor kezdtem MI-vel foglalkozni, és ezért fordult e felé a figyelmem, a doktori dolgozatomat is ebből a témakörből írtam: heurisztikus gráfkereső algoritmusokról, ami a keresési algoritmusok témakör egyik területe.

Röviden összefoglalva ez a terület olyan feladatok megoldásával foglalkozik, ahol több különböző út vezet a megoldáshoz, de nem mindegyik vezet célba. Olyan algoritmust kell készítenünk, amelyik utat talál az adott feladat megoldásához, esetleg a – valamilyen szempontból – legjobb utat találja meg. Kezdvé, mondjuk, egy útvonaltervezés problémájától, amikor meg kell tervezni egy európai utazást, több átszállással, úgy, hogy minél olcsóbb, minél rövidebb, vagy valamilyen más szempont alapján minél jobb legyen. Az ilyen feladatnál olyan nagy adattömeggel kell dolgozni, hogy még a mai nagyon gyors számítógépeken se lehet rövid időn belül megoldást kapni, ha nem alkalmazunk speciális kereső algoritmusokat. Ezek akkor működnek jól, ha a feladatból származó speciális többletinformációt, az ún. heurisztikát be tudjuk építeni a megoldó algoritmusba. Ha ezt nem tennék meg, akkor nem lennének képesek megoldani a feladatokat, mert a kezelhetetlenül nagy adattömeg kombinatorikus

robbanáshoz vezet. Vannak bizonyos feladatok, elsősorban logikai játékok, melyeket tizenöt éve is úgy tudunk csak megoldani, hogy heurisztikát építettünk a keresésbe. Ezeket hívjuk heurisztikus kereséseknek. Heurisztika nélkül leállt az algoritmus – mert betelt a memória. És ez ma is így van! Csak ma sokkal később áll le, mert sokkal nagyobb memóriával dolgozunk. A program még a nagyságrendekkel jobb kapacitású számítógépeken sem működik heurisztikák nélkül. Tehát a téma még mindig aktuális, de ma más a sláger a mesterséges intelligenciában: például az ágenselmélet vagy a robotika.

Behatóan tanulmányozta az „A” algoritmust is.

Ez egy nagyon érdekes heurisztikus gráfkereső algoritmus. 1968-ban publikálták; azért kapta ezt a „szerény”, az ábécé első betűjére utaló elnevezést, mert felettébb sok eredmény várható tőle. Olyanra gondolok – ami igazán meglepő és nagyszerű –, hogy ha van egy feladatunk, aminek az ún. problémateret végtelen nagy, tehát az algoritmusnak végtelen sok lehetőség közül kell kiválasztania a legjobbat, akkor is képes rá: megtalálja a legjobbat. Ha valaki írt már programot, tudja, hogy véges számok közül nem nehéz megtalálni a legnagyobbat – könnyen megoldható ez egy maximumkiválasztással. Viszont végtelen sok szám közül megtalálni a legnagyobbat, amikor nincs lehetőség végignézni az összeset, hiszen végtelen sokan vannak – nos ez megoldhatatlan problémának látszik. Az A algoritmus azonban még végtelen sok lehetséges út közül is képes a legolcsóbbat megtalálni. Ez egy annyira érdekes tulajdonsága, hogy felkeltette az érdeklődésemet, és különböző szempontokból vizsgáltam a hatékonyságát. Erre a publikációimban is többször kitértem.

Milyen programokban vesz részt a programozásmélet és szoftvertechnológiai tanszéken?

Legutoljára olyan munkacapat állt össze – még bizonytalan a jövője –, amellyel egy NKFP-pályázatot készítettünk. Varga László Zsolt is benne van a SZTAKI részéről. Megpróbáljuk egy kicsit összekapcsolni a sokkal könnyebben megfogható szoftvertechnológiát a mesterséges intelligenciával, azon belül az ágens alapú elméletekkel. Képzelnünk el például egy orvosi alkalmazást, ahol egy komplex számítástechnikai rendszerben akarjuk felügyelni a folyamatos orvosi ellátásra szoruló, de nem a kórházban tartózkodó cukorbeteg állapotát. Ezek a betegek otthon rendszeresen elvégzik saját maguk vizsgálatát, lehetőségük van vércukorszintjük, vérnyomásuk ellenőrzésére. Ha beírják a mért adataikat a saját elektronikai készülékükbe (számítógép, mobiltelefon stb.), akkor az megjelenik egy központi adatbázisban. A szoftver komponensei közül kapcsolatba lép egy kommunikációs ágenssel, egy orvosszakértő ágenssel (amely megfelelő instrukciókkal látja el) és ha szükséges orvosi kontroll is, akkor figyelmeztetik erre a beteg szakorvosát. Persze ennél a pár mondatnál sokkal összetettebb a projekt. Az ilyenfajta munkák azért fontosak számomra, mert összekapcsolják azt a két

területet, amelyen dolgozom: a valóságtól kicsit messzebb zajló mesterségesintelligencia-kutatást azzal a konkrét programozási gyakorlattal, amelyben adatfeldolgozó programokat kell készíteni.

Sajnos az utóbbi évek – az egyetemeken megváltozott helyzet miatt – nem kedveznek az ehhez hasonló vállalkozásoknak. Nagyon magas óraszámokban kell sokféle tantárgyat tanítani, ami az utóbbi négy-öt évben eléggé elviszi az energiáimat. Elmondhatom, hogy az utóbbi években én elsősorban oktatok. Szívesen teszem, önmagáért szeretem a tanári szakmát, de tudomásul kell venni, hogy vannak olyan tantárgyak, amelyekből nem lehet a kutatási területen profitálni, nem vezetnek kutatási eredményekhez.

Például?

Például egy programfejlesztési környezet tanítása. Négy éve indítottunk be egy olyan tantárgyblokkot, amely nem szól másról, mint hogy a hallgatók üljenek oda a számítógéphez, és programozzanak. Ez a tárgy kezdő szintről indul. Nagyon szép feladat egy ilyen tárgyat felépíteni: hogyan, milyen bonyolultságú feladatokat kell a hallgatók elé tenni, milyen segítséget kell adni, úgy, hogy azért a saját munkájukon legyen a hangsúly. Ez ugyanis nem egy szigorú „kézen fogjuk és megmutatjuk” jellegű programozást tárgy, hanem kiadjuk a feladatokat, ők hazaviszik, majd hozzák vissza a kész programot bemutatni. Egy ilyen tárgyra nyilvánvalóan szükség van, de rengeteg időbe telik a segédanyagok, internetes anyagok elkészítése. Látszik, hogy a hallgatók szeretik, de elveszi az ember energiáját, és az egyéb területek háttérbe szorulnak. És ez csak az egyik oktatási feladatom: ha jól számolom, legalább négyféle dolgot tanítok, amiből csak az egyik a mesterséges intelligencia.

A valóságtól távoli mesterségesintelligencia-kutatásról beszélt. Mit gondol a jelen állapotáról?

Jelzem, hogy eleve a kételkedők táborába tartozom. Ez egy egészséges kétkedés. Ha aztán valami eredményesnek és alaposnak bizonyul, akkor teljes mellszélességgel kiállok mellette. Ilyennek gondolom a mesterséges neuronhálókat, amelyeket már említettem. Sajnos azonban nagyon sokszor találkozni olyan jelenséggel, hogy készül egy program, egy szoftver, amire rendkívül hamar ráfognak, hogy van értelem benne, hogy MI-program. Számptalan példa és anekdota ismert erről a területről. Néha egészen egyszerű algoritmus is produkálhat értelmes viselkedést. Persze minden azon múlik, kinek készül egy szoftver. Valószínűleg egy egyszerű zsebalkulátor is nagyon értelmesnek tűnik egy kezdő, az informatikával nem foglalkozó ember számára. Mert a gép valami olyasmit tud, amit ő nem... De hát ez nem MI, erről már beszéltem. A konkrét alkalmazásokban ma még kevés a mesterséges intelligencia, ahol meg esetleg több van – katonai projektek, űrkutatás –, abba én nem látok bele.

Bemutató az ELTE-n folyó MI-oktatást?

Vámos Tibor írta, hogy az MI az informatika tudományos előőrse. Kitűz egy első látásra megoldhatatlan problémát, aztán születnek eredmények, és az eredményekből az MI-től független területek alakulnak ki. Az MI tehát fontos területe az informatikának. Lehetne sorolni, az adatbázis-kezeléstől kezdve... Az MI oktatás ezért elég jelentős az ELTE-n. A programozó/programtervező matematikus szakon kétféléves MI-alapelőadás van. Az első félév mindenkinek kötelező, a második már csak azoknak, akik a specializációnál mesterséges intelligenciával akarnak foglalkozni. Úgy tűnik, sokan vannak. A specializálódók kilencven százaléka felveszi a mesterségesintelligencia-sávot. Nagyon divatos.

Jön egy hallgató, programozni akar, aztán átesik a tűzkeresztségen, birtokba veszi a számítógépet, látja, milyen kreatív dolog a programozás, hogyan jelenik meg a leírt utasításainak hatása egy grafikus felhasználói felületen. Aztán eszébe jut mindaz, amit a *science fiction*-irodalomban hallott a számítógépről. Magától értetődik, hogy kíváncsi egy ilyen tárgyra. A PhD-hallgatók szinte mindegyikének az MI az egyik szigorlati tárgya, még akkor is, ha nem esik egybe a kutatási területükkel.

Mindenki szeret játszani. Mi is azokkal kezdjük – kétszemélyes játékokon, logikai problémákon keresztül mutatjuk be az MI-módszereket. Később jönnek a keményebb témák, alkalmazások.

Aki elvégzi az alapelőadást, továbbspecializálódhat a sávon belül. Itt a tizenvalahány tárgyból hat tárgyat kell elvégezni. Akad jónéhány egyféléves kurzusunk: ezek különböző területeket fednek le. A sávot úgy hoztuk létre – mintegy tíz éve így működik –, hogy közösen rájöttünk: néhányan képtelenek vagyunk a teljes spektrum lefedésére, ezért vendégelőadókat hívtunk meg. Vámos Tibort, Mérő Lászlót, Kampis Györgyöt, Varga László Zsoltot, Gulyás Lászlót, Tatai Gábort... Mára – talán a beszédfelelő kivételével – szinte a teljes spektrumot lefedjük. Még a robotikába is belevágtunk. Saját erőből, Kampis György javaslatára szereztünk be speciális legóelemeket. Akkor indult el a legóprogramozás. Amikor Istenes Zoltán idejött hozzánk, nagy örömmel vetette bele magát ebbe a munkába. Ő a terület felelőse. Ezt a tárgyat nagyon szeretik a hallgatók. A robotika az abszolút kedvenc, ott a legnagyobb a tolongás.

Az MI-nyelvek – LISP, PROLOG – oktatása is magas szinten folyik. Egy nevet még szívesen említenék: Sántáné-Tóth Editét. Ő a szakértő rendszerekkel kapcsolatos három tantárgyunk felelőse.

A Neumann János Társaság MI Szakosztályának a vezetőségi tagja. Hogyan látja a szakosztály szerepét a hazai MI-kutatásokban?

A nyolcvanas évek végén volt az MI-nek egy nagy felfutása Magyarországon. Éppen abban az időben, amikor komolyabban kezdtem foglalkozni vele. Ekkor nagyon aktív volt az MI szakosztály. Volt egy-két nagyon sikeres hazai konferencia, amelyeken a magyar MI-kutatás szinte minden szereplője részt vett. 1996-

ban Budapesten rendezték az ECCAI-t a Neumann Társaság, azon belül az MI szakosztály szervezésében. Én magam is tagja voltam a szervezőbizottságnak. 1999-ben megszületett a Futó Iván által szerkesztett *Mesterséges intelligencia* című könyv, amely egyes fejezeteit más-más hazai szakértő készítette. (Én a keresésről szóló fejezeteket.) Ugyanakkor különböző okokból – a rendszerváltás után megváltoztak a gazdasági viszonyok, mindenki a maga egzisztenciájával volt elfoglalva – a kilencvenes évek második felében csökkent az MI szakosztály szerepe. Léteznek még kutatóhelyek, ott dolgoznak, foglalkoznak MI-vel. A szakosztály mai szerepe az volna, hogy összehozza az önállósodott csoportokat. Ha másként nem, félévenkénti, inkább csak az információcserét biztosító egy-két előadással.

A szakosztály vezetőségi tagjaként nem sok minden csinállok. Időnként kis összegű támogatást ítélünk azoknak, akik egy külföldi konferenciára akarnak elmenni, hogy bemutassák egy eredményüket. Szerintem jóval alacsonyabb szinten megy a motor, mint például tíz éve. Nem azért, mert a kutatók nem olyan jók, hanem mert megváltozott a világ, más a környezet.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Sikeresek volnának ezek a projektek? Inkább arra tudnék válaszolni, hogy esetleg miért nem annyira sikeresek. Nagyon sok olyan pályázatot láttam, amely nem a munkáról, hanem magáról a pályázatról szól. Nem érzem a pályázatokat a kutatómunka hajtóerőinek, sőt esetenként kifejezetten hátrányos, hogy érdemi munka helyett sok órányi időt kell eltölteni azzal, hogy hogyan lehet a végzett munkát úgy eladni, hogy az megfeleljen egy pályázat követelményeinek. Vannak sikeresen pályázó csoportok, akik megtanulták, hogyan kell jól csinálni, és képesek ugyanazt a feladatot így-úgy, sokféle színben eladni. Figyelik, milyen témakörű pályázatokat írnak ki, és a kiírt témáknak igyekeznek megfelelni, és ilyen szellemben összehozni a célkitűzést. Valójában ez már nem a szabad kutatásról szól, hanem egy olyan tevékenységről, hogy hogyan tudunk jó pályázatokat készíteni, amelyekkel meg lehet nyerni a pénzt. Persze a pályázat kiíróinak az a célja, hogy mindenképpen sikeres dolgokra adakozzanak, ne pedig lyukas zsákokba tömjék a pénzt.

Ha most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Megfordítva a kérdést: milyen szakokat javasolna az egyetem előtt állóknak?

Ha most lennék egyetemista, egy dolgot tennék másként, mint akkor. Igaz, az én időmben, a nyolcvanas évek elején nem volt választás – nem nagyon tudtunk külföldre menni tanulni. Most viszont rengeteg a lehetőség, hogy egy hallgató külföldre mehessen: meg kell fogni ezeket. Egyetemi évei alatt sokkal szabadabb az ember, könnyebben eltölthet itt-ott, más környezetben néhány hónapot. Az pedig sokat jelent.

Végső fokon majdnem mindegy, mit tanul az ember. Akár látogasson egy egyetemen belül is több kurzust, de a legjobb sok egyetemet végiglátogatni, és ilyen értelemben szélesíteni a spektrumot. Legfontosabb, hogy megtaláljuk a bennünket érdeklő területet. Hallgatóként – úgy gondolom – nem egy konkrét területre történő specializálódás az elsődleges cél, hanem inkább az, hogy sok-félét lásson, képes legyen összehasonlítani a dolgokat, a többire meg ráér később, amikor már van egy diplomája.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Nagyon fontos, hogy az igazán nagy eredmények mindig valamilyen kooperációként jönnek létre. Elmúlt az az idő, amikor valaki egymagában vagy néhány ember bezárkózva egy szobába képes volt komoly eredményeket összehozni. Szerencsére az internet és az egyéb lehetőségek sokkal közelebb hozták egymáshoz a kutatókat. Fontos tehát, hogy – más és saját országbeli – partnereket találjunk, meg tudjuk nézni, vitatni az adott területen elért eredményeket. Úgy tűnik, a konferenciák önmagukban ma már nem alkalmasak erre. Túlságosan hivatalossá, formálissá váltak. Mindenki elmondja az előadását; túl sok a résztvevő ahhoz, hogy kapcsolatok, mélyebb ismeretségek jöhessenek létre. Más eszközöket kell találni, de a kérdésre mindenképpen a kooperáció a válasz.

Gregorics Tibor

ELTE Informatikai Kar, Programozáselmélet és Szoftvertechnológiai Tanszék

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://pszt.inf.elte.hu>

Gulyás László

Szimuláció, önszerveződés, multi-ágens rendszerek

Gulyás László az ELTE programtervező matematikus szakán végzett 1996-ban, jelenleg a SZTAKI kutatója. Tanított a Közép-Európai Egyetemen, dolgozott az Agent Lab-nél, a Harvardon pedig ágens alapú modellezésben és szimulálásban vett részt. Az ágens alapú szimulációs nyelvekre (MAML, RePast) vonatkozó fejlesztésekből szintén bőven kivette a részét. Az ágens kutatások egyik legautentikusabb hazai képviselője.



Hogyan jutott el az ágens kutatásig?

Középiskolás koromban, informatikai diákolimpikonként sokat tanultam különböző gráfkereső algoritmusokról. Ez terelte érdeklődésemet később az MI felé. Viszont mire elvégeztem az egyetemet, a klasszikus megközelítés kissé nehézkesnek tűnt. Ezért PhD-hallgatóként az MI akkor megjelenő új irányzatát, az ágens kutatást választottam témámnak. Ez azért is megfelelő döntésnek látszott, mert az amúgy nehezen definiálható MI-nek az ágensmetafora viszonylag könnyen értelmezhető keretet ad.

Mit ért pontosan mesterséges intelligencián?

Tatai Gáborral mindig azzal kezdtük közös ágens alapú kurzusunkat az ELTE-n, hogy az MI-t magát próbáltuk a diákokkal közösen definiálni. Elég hamar kiderült ugyanis, hogy igazán jó definíció nem létezik. A „mesterséges” még csak-csak meghatározható, de az „intelligencia” kifog rajtunk. Sokféle módon lehet próbálkozni, ezek közül néhány próbálkozás klasszikusnak is számít, de bármilyen irányban induljunk is el, végül mindig az emberhez hasonlításához vagy a funkciók elvégzéséhez jutunk. Ugyanakkor az előbbi szorosán kapcsolódik az utóbbihoz, mivel nyilvánvalóan nem az, és nem lehet az a célja a mesterséges intelligencia-kutatásoknak, hogy „embert gyártson”. Ennek semmi értelme nem volna, és nem is célja senkinek. Hogy úgy mondjam, az „biológiai kérdés”... Ha viszont a cél egy, az emberhez valamilyen szempontból hasonló jelenség előállítására, akkor tulajdonképpen egy feladatot fogalmaztunk meg: ilyen és ilyen helyzetben az ember így és így viselkedik, alkossunk gépet, ami ugyanezt képes tenni. Az intelligencia, s ezen keresztül az MI definíciójának funkciókhoz vagy feladatmegoldásokhoz való kötése azonban csapdát rejt magában. Futóvadvésről van szó ugyanis: egy feladatra rábökünk – az ember meg tudja oldani, a

számítógép nem. Ha azonban olyan programot írunk, amely megoldja a problémát, pillanatokon belül kiderül róla, hogy az csupán a feladat mechanikus, algoritmikus megoldása. „Nem is intelligencia.” Ez történt a sakkozással, a beszéddel, a szövegértéssel, a képfelismeréssel, és lehetne sorolni még. Ezért szokták – visszatérő kritikaként, már a hetvenes évek óta – azt állítani, hogy az MI egy helyben topog. Amikor a kilencvenes évek közepén elkezdtem foglalkozni vele, még erős volt a nyolcvanas-kilencvenes évek fordulójára jellemző „AI is dead” hullám. Mindez azért álságos, mert csomó mindent megtermelt „egy helyben topogása” közben – például hang- és képfelismerést, beszédszintetizálást, telefonközpontokat –, amiket ma már nem sorolunk az MI-hez.

Részben erre a problémára válaszul jelent meg az ágens metaforája. Hasznos ugyanis, ha kezdettől fogva valamilyen feladat, globális cél megoldásának kontextusában, a cselekvési környezettel együtt beszélünk az „intelligens programokról”. Olyan cselekvőt feltételezve, amely képes a környezet változásaira úgy reagálni, hogy céljának eléréséhez közelebb kerüljön.

Mik a legfőbb különbségek az ágenskutatáshoz kapcsolódó rajintelligencia és az ágenstechnológia között?

Az ágenseknek legtöbbször nem statikus, hanem dinamikusan változó környezetben kell elérniük céljaikat. Sőt az is gyakori, hogy a dinamikát további ágensek cselekvései okozzák. Azaz az általunk megalkotni kívánt ágens nincs egyedül a vizsgált környezetben. Az ilyen rendszereket szokás multiágens rendszereknek nevezni. Rajintelligencia alatt olyan speciális multiágens rendszert értünk, ahol viszonylag egyszerű, uniformizált ágensek nagy tömege dolgozik együtt egy globális cél érdekében. Fontos, hogy ebben az esetben nem az egyes ágensek önálló céljainak elérésében, hanem rendszerszinten mérjük a sikert. Az is kulcsfontosságú, hogy itt az „együttműködés” legtöbbször nem jelent együttműködést, legalábbis abban az értelemben, hogy a raj ágensei nem tudják, hogy ők egy nagy rendszer fogaskerekei. Csupán teszik a dolgukat, és alkalmazkodnak a környezetükhöz. Amiben történetesen sok száz hozzájuk hasonló „alkalmazkodó” van.

Az utóbbi években sokat foglalkozott az ágenskutatások egy speciális ágával, az ún. ágens alapú modellezéssel, illetve szimulációval.

Igen. Az ágens metaforája hasznossága mellett kissé túl általános. Ezért szükségszerűen specializálódnom kellett egy bizonyos területre. A véletlen úgy hozta, hogy 1996-ban a Közép-Európai Egyetemre kerültem, ahol akkor indult a társadalmi rendszerek számítógépes modellezésével foglalkozó Systems Laboratory.

Az ilyen problémák megoldásában is nagy segítséget nyújt az ágensszemlélet: a komplex társadalmi rendszerek aktorai természetes módon tekinthetők egy dinamikus környezet szereplőinek.

Persze ez a megközelítés azon a tudományfilozófiai, módszertani tézisen alapul, hogy számítógépes modellekkel, szimulációkkal lehet – tudományosnak elfogadott módon – vizsgálni a világot. Ez egyrészt triviálisan igaz, másrészt triviálisan nem igaz. Azért igaz, mert minden számítógépes programra, szimulációra adható egzakt matematikai leírás. Matematikai modellekkel pedig bevett dolog valós, akár társadalmi rendszereket vizsgálni. Viszont a matematikai modelleket a hagyományos metodológia szerint bizonyos kimenetek bizonyításával és formális levezetésükkel kell megoldani. A szimuláció annyiban tér el ettől, hogy nem feltétlenül mutatunk bizonyításokat, állításainkat nem mindig vezetjük le formálisan, hanem a számítógép segítségével végrehajtjuk az absztrakt szabályokat. Egyszerűen szólva kipróbáljuk, hova vezetnek az adott modell feltételezései.

Kozsik Tamással és Fazekas Sándorral kidolgoztak egy multiágens-modellező nyelvet (MAML).

A MAML az előbb említett modellezési munkának a terméke, melyet praktikus probléma szült. A számítógépes szimulációk írásának nagy része repetitív feladat: az eredményeket meg kell jeleníteni, statisztikákat kell készíteni, véletlen eloszlások kellene és így tovább. Ha az ágens alapú modellek területére szűkítünk, ott is megvannak a visszatérő problémák. Nagy szükség van tehát egy olyan eszközre, mely ezekre a problémákra általánosan használható megoldásmintákat ad.

'96-ban egyetlen ilyen rendszer létezett, az új-mexikói Santa Fe Intézetben kifejlesztett Swarm. Hamar kiderült azonban, hogy nehezen használható, elsősorban kísérleti célra készült rendszerről van szó, amely oktatási célra – ami szintén feladatunk volt – teljesen alkalmatlan.

Ezért határoztuk el, hogy létrehozunk egy a Swarmhoz hasonló, de annál átláthatóbb és egyszerűbben használható eszközt. Ez lett a MAML. Nem futott be világkarriert, de meglepően sok helyen, például egyesült államokbeli egyetemeken alkalmazták. A fejlesztés praktikus okok, a labor átszervezése miatt állt le. Azóta megjelent egy újabb generációs rendszer, a Chicago Egyetemen kidolgozott RePast, amelynek a fejlesztésébe bekapcsolódtam.

Informatikusként tehát társadalmi rendszerek vizsgálatával foglalkozik.

Igen, de mindig az adott terület művelőivel együttműködve. Ezekben a munkákban én az informatikát képviselem, ami újszerű eszközt nyújt a társadalomtudósok kutatásaihoz. Érdekes itt azt is megvizsgálni, hogy eddigi történelmük során a társadalomtudományok hogyan, milyen módszerekkel vizsgálták az őket érdeklő kérdéseket. Három korszakot különböztethetünk meg, amelyek között persze vannak átfedések is.

Kezetben diszkusszív, szövegalapú, Marx *Tőkéjéhez* hasonló megközelítést használtak: vastag könyveket írtak, és kifejtették az adott rendszerre vonatkozó

elméleteket. Itt, a az elméletkifejtés alapvető eszközei példa és az érvelés. Teljesen érvényes ez a módszer, működik, sok mai tudományágban bevett forma. Praktikus baja az információáramlás lassúsága, mert négy-ötyszáz oldalon kifejtett elméletekkel nehéz vitatkozni.

A második korszak a matematika bevitelével, a formalizálással jellemezhető. Könnyebben ellenőrizhető az elmélet, ha jól definiált, formális rendszerben dolgozom. Átláthatóbbak, kísérletekkel igazolhatók az ezzel kapcsolatban megfogalmazott tételek. A matematikai eszközök társadalomtudományi bevezetésének két fő iránya van: az egyik, a statisztikai lényegében arról szól, hogyan lehet mégis kísérleteket végezni időben elhúzódó, sok ember részvételével zajló folyamatokkal kapcsolatban. A másik bizonyos cselekvési helyzetek absztrakt matematikai modellel történő megfogalmazása, a játékelmélet.

Az így felírt matematikai problémákat azonban sokszor nehéz megoldani. Ezért szokás meglepő leegyszerűsítéseket tenni ezekben a modellekben. Gond lehet például, ha sok szereplő van. Ezért van, többek között, hogy a világpolitika modelljeiben gyakran csupán két-három állammal számolnak. A probléma másik megkerülési módja ugyanolyan szereplők feltételezése, vagy a szereplők osztályokba sorolása.

Egy másik probléma, hogy ezek a modellek általában fix számú szereplővel dolgoznak. Tehát modelljeinkben az emberek nem halnak meg, és nem születnek újak. Az interakciós struktúra se változik, sőt leggyakrabban azt feltételezzük, hogy mindenki tud mindent, mindenki ugyanannyit tud, és nem modellezzük azt, honnan tudja. Hasonlóképpen nem foglalkozunk azzal, mire képesek a szereplők. Korlátlan racionalitást feltételezünk róluk. Azaz feltesszük, hogy a rendelkezésükre álló információ alapján mindig kiválasztják a számukra optimális cselekvést – függetlenül attól, milyen nehéz elméleti probléma is ezt az optimumot megtalálni. Szintén gond lehet, hogy a játékelméleti kérdések megoldásai egyensúlyi helyzetekre, végeredményekre koncentrálnak. Ez tulajdonképpen a matematikai probléma bonyolultsága miatt van így: azzal egyszerűsítünk, hogy bizonyos kiemelt, tovább már nem változó helyzetekre koncentrálnak. Durván fogalmazva lehet, hogy egy ilyen modellel meg tudom mondani, ki kerül kormányra a következő választásokkor, de azt már nem biztos, hogy lesz-e közben polgárháború. Persze, a játékelmélet új irányzatai próbálják kezelni ezeket a problémákat, de egyelőre csak külön-külön, nem az összeset egyszerre.

Az ágens alapú számítógépes szimulációval viszont a problémák jelentős része kezelhető. Elvben tetszőleges ágensből álló modelleket lehet építeni. A populáció mérete lehet dinamikus: tudok elvenni ágenseket, és újakat létrehozni. Ugyanakkor kénytelen vagyok figyelembe venni a modellezett szereplők képességeit, mert le kell írnom, milyen algoritmus szerint hozzák meg döntéseiket. Ehhez aztán azt is tudnom kell, mit tud az ágens, és honnan tudja. Tehát az interakciós topológiát is modelleznem kell. Ha ezekre a kérdésekre nem adok pontos válaszokat, akkor modellem sincs.

Több, egymástól független projektben vesz részt: RePast alapú oksági megközelítés Kampis Györggyel, önszerveződő városok a Harvardon, háromszemélyes fogolydilemma, mesterséges értéktőzsde, a Schelling-féle szegregációs modell kiterjesztése, és még folytathatnánk...

Közös projektünkről Kampis György beszámol a vele készített interjúban.

A hagyományos elmélet szerint a városok kialakulása földrajzi és gazdasági adottságoktól függ. Ezek nyilván szerepet játszanak, ám az önszerveződő megközelítés szerint a jelenségek magyarázatáról ez nem mond el mindent. Boston a példám: egyrészt embert próbáló az időjárás, másrészt más helyek szintén rendelkeztek hasonló kikötési adottságokkal. A nagyváros mégis az adott helyen jött létre. A konkrét esetben az ok valószínűleg az, hogy arrafelé kötött ki annak idején a Mayflower. Valósnak tűnő városstruktúrák ugyanakkor földrajzi eltérések nélkül is generálhatók, az emberek spontán önszerveződéséből kiindulva. Erre mutat példát Paul Krugman modellje, amit harvardi kollégámmal, Yuri Mansuryval továbbfejlesztettünk. A mi munkánk arra irányult, hogy az USA városeloszlásának egy speciális jellegzetességét reprodukáljuk önszerveződő alapon. A jelenségre egyébként többféle magyarázat született már, viszont önszerveződő modell még nem létezett.

A háromszemélyes fogolydilemma a kétszemélyes alapeset természetes kiterjesztése. A klasszikus problémában két szereplőnek kell döntést hoznia, és egymástól független cselekedeteik eredője mindkettejükre visszahat. Az általánosítás motivációja az, hogy tetszőleges számú szereplő cselekedeteinek a közösségre történő visszahatását vizsgáljuk. Első lépésként olyan problémahelyzetet, amiben három ágens vesz részt. Modellünkben tetszőleges számú ágens lehet, akik lépten-nyomon ilyen háromfős problémahelyzetekbe keverednek. Lehetséges stratégiáik közül az eddigi tapasztalatok alapján választanak. A projektben azt vizsgáljuk, miként függ a rendszer viselkedése attól, hogy ki kivel keveredik konfliktusba; és hogyan helyezkednek el egymáshoz képest az egyes stratégiákat alkalmazó csoportok.

A mesterséges tőzsde projekt az egyik legújabb munkám, ami – úgy vélem – módszertanilag is igen érdekes. Egy ma már klasszikusnak számító ágens alapú modelltől indultunk ki, amelyben tanulásra, stratégiájuk fejlesztésére képes ágensok kereskednek. Az eredeti modell fő eredménye az, hogy a mesterséges környezetben létrejövő árfolyammozgások igen hasonlóak a valós tőzsdéken látottakhoz. Mi azt találtuk ki, hogy ebben a modellben néhány ágens valódi emberekkel helyettesítünk. Ezek az emberek ugyanazokat az információkat kapták meg egy internetes felületen keresztül, mint a mesterséges ágensok, és a cselekvési lehetőségeik is megegyeztek. Azt találtuk, hogy már viszonylag kevés ember is jól érzékelhető változásokat okoz. Sokkal látványosabbak lettek a szimulált tőzsdén a „buborékok”...

Nem szeretnék, és nem is lenne helyes a konkrét eredményből messzemenő következtetéseket levonni, de úgy gondolom, ez a résztvevős ágens alapú

szimulációnak nevezett új módszer nagyon hasznos irány lehet, amely az elméleti ágensmodelleket közelebb hozza a szokásos laboratóriumi csoportkísérletekhez. Egyúttal szép példája annak, ahogy a modern informatikai módszerek és eszközök hasznukra lehetnek más diszciplínáknak.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Nagy különbséget látok a szakmai és az üzleti eredményesség között. Ami az utóbbit illeti, a számítástechnikában és határterületein Magyarország, illetve a magyarországi vállalatok nagy hátrányban vannak. Bár ez alighanem igaz a világ legtöbb államára is. Üzletileg még a legjobb alkalmazásokkal is nehéz versenyezni az anyagilag összehasonlíthatatlanul erősebb államokkal, illetve cégekkel szemben.

Szakmai oldalról viszont vannak lehetőségek. Igaz, épp az üzleti behatároltság miatt talán inkább ott, ahol a hangsúly az ötleten, a kreativitáson van. Azaz a kutatáson, és nem a fejlesztésen. A 22-es csapdája, persze, éppen az, hogy ez az alapkutatásra helyezné a hangsúlyt, amit viszont nehéz „eladni”. Ráadásul alapkutatást tipikusan csak gazdag államok, szervezetek engedhetnek meg maguknak. Ez nehéz helyzetbe hozza az egyre inkább piacról élő kutatóintézeteket. A K+F irányultságú vállalatokról nem is beszélve.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Ha csúcstechnológián a hagyományosan „high-tech”-nek nevezett félvezetőgyártást, űr- és géntechnológiát, és az ehhez hasonlókat értjük, akkor szerintem Magyarországon kevés az esély a labdába rúgásra. Ha viszont – bármely területen – élenjáró eredményekre gondolunk, akkor a széles látókör és a fókuszáltság paradox követelményét emelném ki. Egyrészt egyre fontosabbak a több tudományterületet átölelő, vagy azok határterületein ügyködő, interdiszciplináris kutatások. Ezért nagyon fontos, hogy a kutató szigorúan vett érdeklődési területén kívül más eredmények felé is nyitott legyen. Ugyanakkor az így feltáruló széles palettáról ki kell tudni választani egy körülhatárolt, kezelhető méretű feladatot, és azt végig kell vinni, akár éveken keresztül is.

Talán az emberi kapcsolatok és a csapatmunka jelentőségét emelném még ki. Úgy gondolom, egyre kevésbé lehet „magányos farkasként” sikereket elérni. Persze, ez sem igazán új jelenség, és a legtöbb K+F pályázat is a széles körű szakmai együttműködést próbálja ösztönözni.

Igaz, gyakran elsősorban üzleti, illetve politikai szempontok alapján.

Gulyás László

AITIA International Zrt

1039 Budapest, Czetz János u. 48-50.

<http://www.aitia.ai>

ELTE Informatikai Kooperációs Kutatási és Oktatási Központ

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

<http://ikkk.inf.elte.hu>

ELTE TTK Tudománytörténeti és Tudományfilozófia Tanszék

1518 Budapest, Pf. 32., 1117 Pázmány P. sétány 1/c.

http://hps.elte.hu/index_hu.html

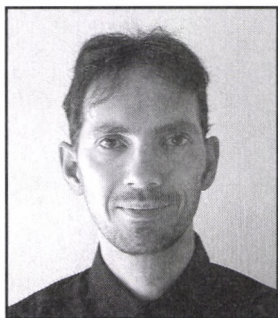
ELTE Informatikai Kar

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://www.inf.elte.hu>

Istenes Zoltán

Lego-robotok, robotfoci



Istenes Zoltán 1988 és 1991 között a Kandó Kálmán Műszaki Főiskola Informatikai Intézetében, 1991-től 1993-ig a Nantes-i Egyetemen végezte tanulmányait. 1993 és 1996 között a BME és a Nantes-i Egyetem PhD-hallgatója volt. 1996-1998-ig a Nantes-i Egyetemen oktatott és annak a mesterségesintelligencia-kutató csoportjában dolgozott. Jelenleg az ELTE Informatikai Karának programozásmélet és szoftvertechnológiai tanszékén adjunktus. Elsősorban a robotikára és a tudásbázis alapú rendszerekre szakosodott.

Hogyan oktatja a robotikát?

Öt éve vettem át a tárgyat egy kollégától. Igen játékos, könnyed, de ugyanakkor hasznos oktatási formát próbáltam kitalálni és megvalósítani. Az órákon főleg Lego Mindstorm Robotic Invention Systems készletekkel dolgozunk, sajnos csak nagyon kevés – mindössze három – van belőlük. Az órák úgy zajlanak, hogy a háromfős csapatok kapnak egy-egy dobozt, amiből építenek valamit, írnak rá programot, és a következő héten bemutatják. Az órák végén megbeszéljük, hogy és mint működött, a diákok kérdéseket tesznek fel, különféle tesztfeladatokat találnak ki, nehezebb helyzetbe állítják egymás robotjait. Az év elején szándékosan nagyon keveset mesélek – szinte csak az alapokat mondom el, mutatom meg: íme egy programozható egység, ilyen és ilyen általam javasolt, vagy akár az interneten is fellelhető nyelveket lehet használni, így lehet rátölteni az elkészült programot...

A félév során a csapatoknak általában két feladatot kell megoldaniuk. Az első feladat mindig egy nagyon egyszerű útvonalkövetés. Fényérzékelőkkel detektálható az asztalra ragasztott sötét vagy világos csík: a robotnak ezt követve kell minél gyorsabban körbemennie. Az az érdekes benne, hogy a diákok maguk tervezik meg, mit és hogyan akarnak csinálni, maguk építik meg, írják rá a programot, és végül tesztelik. Az egymást követő heteken a csapatok egyre ügyesebben oldják meg a feladatot. Például azzal, hogy egy, két vagy három fényérzékelőt használnak, vagy azzal, ahogyan a járművet kalibrálják, ahogyan kezelik, ha letér az útról: hogyan tud a robot visszamenni, miként veszi észre, ha túl nagyot fordul, hogyan gyorsulhat be a hosszú egyenes szakaszokon, hogyan kerülheti ki az úton lévő akadályt, hogyan követi a helyenként sérült utat, hogyan kezeli az elágazásokat...

Úgy tűnik, sokat tanulnak egymás megoldásaiból, azokra alapozva sok mindent kipróbálnak, továbbfejlesztenek és igyekeznek egymást felülmúlni.

Milyen jellegű a második feladat?

Sokszor szabadon választható. Legtöbbször inkább csak ötleteket adok arról, hogy milyen jellegű feladatokat találjanak ki. Ekkorra már egyszerre csak egy csapat dolgozik, így ha akarja, felhasználhatja mindhárom készletet, és ezáltal is bonyolultabb dolgokat építhet.

A készletek lelkét egy tenyérnyi, sárga, ún. RCX egység adja, amiben vannak ceruzaelemek, mikroprocesszor, némi ROM, 32KByte RAM, három bemenet-érzékelő, három kimenet, kis LCD-kijelző és pár gomb. A különféle perifériák egyszerűen csatlakoztathatók rá. Az érzékelők alapvetően fény, nyomás és forgásérzékelők, vannak másfajta is, de mi csak ezeket használjuk. Meghajtónak vagy kimenetnek pedig motorokat, esetleg lámpákat építünk be.

Egy infravörös kapcsolaton keresztül lehet a számítógépen megírt programokat letölteni az RCX-egységre, de ezt a kapcsolatot másra, máshogyan is fel lehet használni. Az RCX-en futhat a program a számítógép beavatkozása nélkül is, de a számítógépről folyamatos kapcsolattartással is vezérelhetjük. Az RCX-en futó program adatokat gyűjthet, amit a számítógép feldolgoz, kielemez, majd visszaküld, sőt a robotokra akár menet közben is le lehet tölteni egy frissített, módosított, testreszabott programot. És hogy teljes legyen a kép, ugyanezen RCX-egységek egymással is tudnak kommunikálni, volt olyan feladat, hogy a robotok mentek, beszélgettek egy kicsit, továbbmentek, megint beszélgettek egy kicsit, üzentek közben a számítógépnek... Könnyű volt elkalandozni a multiágensek felé.

Ha oktatási célokról beszélünk, elmondható, hogy az ilyen jellegű robotika nem kifejezetten elméleti kutatás. Ugyanakkor nagyon jó, ha a diákok kézzelfoghatóan, saját maguktól tapasztalnak meg, próbálnak ki dolgokat. Bár az eszközök egyszerűek, a valós idő és a valós környezet miatt gyorsan előjönnek a problémák – ezért hibatűrő, javító megoldások, algoritmusok szükségesek... Mi történik, ha az útvonalkövető robot leszalad az útról? Hirtelen megáll és visszafordul, vagy tovább megy és reméli, hogy újra megtalálja? Esetleg elkezd keresgélni az utat egyre nagyobb körben, vagy próbálja megtudni, hogyan ment le az útról, és hogyan tudna visszatérni? Talán még azt is megjegyzi, hogy túl gyors volt. Rendkívül érdekes, hogy hogyan kezeli az ilyen helyzeteket.

Előfordul mostanában, hogy többféle mesterségesintelligencia-területet próbálok bevonni, belekavarni a robotikába: tudás alapú rendszereket, evolúciós/genetikus algoritmusokat, fuzzy logikát. Egy feladatban robotot építettünk fényérzékelővel és motorokkal, igen ám, de az RCX-en futó program nem tudta, melyik bemenetre van csatlakoztatva, merre néz a fényérzékelő, se azt, hogy melyik kimenetre melyik motor van rákötve, vagy hogy melyik a bal vagy a jobb kerék, és melyik az előre vagy a hátra. Leraktunk egy lámpát, és a cél az volt, hogy a robot menjen oda. A program egy evolúciós algoritmus szerint kezdte el próbálgatni az érzékelőt és a motorjait. Eleinte össze-vissza, majd előbb-utóbb megtanulta, mit tegyen azért, hogy a lámpa felé haladjon, elérje a célját. Eset

alapú próbálkozásaink szintén voltak: milyen esetben, milyen előzménnyel jött le a robot az útról, és hogyan menjen vissza ilyenkor? Melyik esetben hogyan kell kezelni a hajtóművet? Szabály alapú kezdeményezések is előfordultak: egyszerű szabályok formájában próbáltuk leírni, hogy a robotnak mit kell tennie.

Máskor a számítógépen futó program egy robotra szerelt webkamera képét dolgozta fel, és annak alapján vezérelte a robotot. Már nem is a robot volt az érdekesség, sőt a diákok észre se vették, hogy egy képfeldolgozó feladatot oldottak meg. Amerre kézzel mutogattak, előre, hátra, balra, jobbra, arra ment a robot, igyekezett az ember kezét a fókuszában tartani, sőt egy speciális kézjel után az ujjakkal mutatott számokat összeadta, és annyit csippanzott.

Többágensű mobil rendszerek fejlesztésével is foglalkoznak.

Ez egy hosszú történet. Sokáig voltam Franciaországban. Egyszer Nantes-ból hazajövet éppen Párizsban rendezték a második robotfoci világbajnokságot. Megnéztem, és nagyon megtetszett, aztán jött később a robotika tárgy oktatása, azután pedig néhány diák, hogy robotfocival szeretnének foglalkozni. A felszerelésből már elég sok megvan: kamera, képdigitalizáló kártya, rádió adóvevők, programozó egységek, és a robothardvereknek is majdnem megvannak az alkatrészei. Igaz, ezek egyike sem a miénk, de használhatjuk őket, bár eddig még sajnos egy mozgó robot sem készült el.

Óvatosan indult el a kezdeményezés, idén volt először meghirdetve a többágensű mobil rendszerek célorientált vezérlése című tárgy, ami az én esetemben egyszerűen a robotfocit takarja. A *small league*-ben, a hét és félszer hét és fél centis kategóriában, három-három robot lökdösi a labdát egy másfélszer két méteres pályán, a robotokat pedig a pálya felett lévő kamera alapján vezérli a csapat számítógépe. Erre a robotfocira próbálunk programot fejleszteni.

A diákok nehezen rázódtak bele az első félévben. Nagyon sok önálló és jó csapatmunka kellett volna, és az is világos, hogy a klasszikus egyetemi gyakorlat formájában (kimegyek a táblához, és oldjunk meg feladatokat) ez nehezen megy. Bízom benne, hogy a következő félévekben jobban be fog indulni, és végül lesz egy magyar csapat.

A félév során először megpróbáltuk megtervezni a program szerkezetét, egy többretegű, moduláris rendszert, majd igyekeztünk néhány modult megvalósítani. Sok modulhoz kapcsolódik érdekes MI-terület. Például a képfeldolgozás-modulnak a sebességén, a minőségén és az eredményességén sokat lehet javítani a játék háttér-információinak a felhasználásával: hány robotot is kell keresni a pályán? Ha itt volt a labda vagy egy robot, és arrafelé ment, akkor vajon hol lehet a következő képkockán? Ezekre a feldolgozási gyorsításokra nagy szükség van, hiszen korlátos és elég rövid idő alatt kell a moduloknak működniük. A stratégiai modul próbálja meghatározni a csapat robotjainak a szerepét, a taktikai modul az adott szerepkörhöz tartozó viselkedést szabályozza, végül az operatív modul felelős a viselkedés megvalósításáért, azaz hogy az egyes robotoknak hova kell eljutniuk.

A számítástechnikában az a szép, hogy kettő meg kettő mindig négy. A robotikában ez nem ilyen egyszerű. Nem tudom azt mondani, hogy a robot menjen egy centit előre. Meghajthatjuk a kereket egy bizonyos szögelfordulásig vagy valamennyi ideig, de a kerék kipörög, megcsúszik, lemerül az elem, kilencven fokban lehetetlen fordulni, a fényérzékelő egyszer érzékel, egyszer nem, egy picike árnyék bezavarhat, egy picit besüthet a nap... Több érdekes dolog előjön, amivel a valós világban igenis kell foglalkozni. Két pont között a legrövidebb az egyenes – a mesében –, de mi van, ha közbejön egy másik robot, és ki kell kerülni, vagy már lendületben van a robot, vagy másfelé néz, vagy látszik, hogy a labda elgurul, és semmi esély az utolérésre. Csupán egy-egy résztéma körbejárása is hosszú időt venne igénybe, például ha csak egy az ellenfelet figyelő modul próbálnánk írni, ami igyekszik megállapítani, milyen játékot játszik az ellenfél, védekezőt vagy támadót, hogyan vezérli a robotjait, hogyan viszonyulnak a mi robotjaink az övéihez.

Igazából család a többágensű kifejezés használata, mert ebben a kategóriában egy-egy számítógép vezérli a csapat robotjait, de ha a két csapat interakcióját vagy a saját csapat koordinált és célorientált vezérlését nézzük, akkor azt gondolom, használhatjuk az ágens szót.

Számomra a robotika haszna és érdekessége abban rejlik – mind az oktatási, mind a kutatási célokot tekintve –, hogy számos mesterségesintelligencia-területet, technológiát és módszert lehet egyszerűen kipróbálni.

A Nantes-i Egyetemen a ZOLA nyelvvel is foglalkozott.

Régi szép történet. Ma már nem foglalkozom vele. Mások még igen, bár nem feltétlenül a ZOLA-val, hanem inkább a ZOLA nyelven írt alkalmazásokkal.

Amikor kint voltam, az egyik évben az ottani témavezetőm LISP-ben írt programját pofozgattam. Második generációs szakértői rendszerszerű lett volna. Az volt benne az ötlet, hogy a következtetési mechanizmusokat szabálybázisba és ténybázisba lehet tenni. A következtetési tények, a következtetési szabályok használták fel, alkalmazták a tárgyterületi tényeket, szabályokat. A következtetési tudásbázissal meg lehetett mondani, hogyan végezze a rendszer a következtetést. A már említett program megoldott egy elég tipikus feladatot is: leszállunk egy bolygóra. Egyesek mindig igazat, mások mindig hamisat mondanak – mit kell tőlük kérdezni, és hogyan állapítsuk meg, ki mond igazat, és ki hazudik? A következtetésben az volt az érdekesség, hogy hipotézist állított fel: ha ő hazudik, és ő mond igazat, akkor vizsgáljuk meg, mi történik. Így a rendszer, miután belátta, hogy se ez, se az, se amaz a hipotézis nem jó, indirekt módon bizonyította: akkor csak az lehet, hogy... Ekkor szerettem meg nagyon a második generációs szakértői rendszerek vagy tudásbázis alapú rendszerek egyik legfontosabb érdekességét és célját: a következtetési mechanizmusokat valahogy berakni a rendszerbe. Nem úgy, hogy a következtetési mechanizmus valami fix, fekete doboz, hanem én írhatom meg a következtetést modellező mechanizmust.

A ZOLA nyelv fogalmi modellek ábrázolására és működőképessé tételére alkalmas reflexív nyelv. A fogalmi modellek magukban foglalják a következtetési mechanizmusokat is. Ezeket is ugyanolyan reprezentációban lehet ábrázolni, mint a tárgyterületi tudásbázist egy objektumorientált szerű rendszerben. A reflexivitás azt jelentette, hogy a következtetési mechanizmusok nem csak a tárgyterületi tudásbázist tudták felhasználni, hanem magukon a következtetési mechanizmusokon is tudtak műveleteket végezni.

Egy példaalkalmazásban, amely egyébként egy hatalmas robotkarokat vezérlő rendszer hibadiagnosztikai alkalmazása volt, a rendszer például észrevette, hogy a vezető szervizmérnök hibajavító módszere alapján megadott következtetési mechanizmusban néhány lépést lehetne egyszerűbben végezni. Amikor megkérdeztük, miért így teszi, a válasz az volt, hogy mert így könnyebben megtanulható a módszer, és a későbbi rendszerekre is általánosabban alkalmazható...

Egy másik példaalkalmazásban, a feladatok és módszerek dinamikus kiválasztásában, a DSTM-ben, a következtetési mechanizmusban szereplő konkrét műveletekhez hozzácsatoltuk a műveletek egyszerű leírását. Több különféle konkrét műveletet is megadtunk egy-egy részprobléma megoldására, az egyes konkrét műveletek között akadtak olyanok, melyek precízek voltak, de időigényesek; olyanok, melyek pontatlanabbak voltak, de gyorsak, vagy akár olyanok is, melyek felhasználói beavatkozást igényeltek. A rendszer futás közben választotta ki – a műveletek leírásának figyelembe vételével –, hogy az adott pillanatban az adott részprobléma megoldására melyik konkrét műveletet használja fel.

Ekkor kezdtek el igazán foglalkoztatni a reflexív, „metaszerű” dolgok. Azt gondolom, felhasználásukkal nagyon érdekes dolgokat lehet csinálni.

A ZOLA nyelv eléggé kísérleti jellegű kutatás volt szó. Eljövetelem után a nyelvet nem fejlesztették tovább, de büszke vagyok arra, hogy azóta születtek még doktori munkák a nyelvet felhasználó alkalmazásokból.

Azóta tanítja is a tudás alapú rendszerek fejlesztését.

A tudás alapú rendszerek továbbfejlesztése című tárgy úgy indult, hogy eleinte a doktori munkámról és annak folytatásáról beszéltem az egyetemen, de rájöttem: túl specifikus ahhoz, hogy többen elmélyedjenek benne. Kicsit elkanyarodtam a második generációs szakértői rendszerek felé. Ebben a tárgyban a félév elején sokat mesélek, megpróbálok minél több típusú rendszert megmutatni vagy legalább felvillantani a sokszínűségüket. A cél az, hogy a félév végére a hallgatók önállóan megtervezzenek és létrehozzanak egy mini, de működő tudás alapú rendszert, ami egy kicsit több, jobb, mint a hagyományos vagy a klasszikus keretrendszerek. Elsőre a hallgatóknak ez a feladat ijesztően hat, hiszen a legtöbben ahhoz szoktak, hogy szakértői keretrendszert használjanak, én meg azt kérem, hogy írjanak egyet, ami azért annál több.

Azt próbálok megmutatni, hogy milyen egyszerű megírni egy következtetési mechanizmust, még akkor is, ha beletesznek valami kis extrát. Lehet második

generációs tudásbázis alapú vagy eset alapú rendszer, lehet benne fuzzy logika, de nem is ragaszkodom igazából a szigorúan vett tudás alapú rendszerekhez, lehet genetikus/evolúciós algoritmus is.

A genetikus algoritmusok szintén a kedvenc témáim közé tartoznak. Gyakran javaslom, hogy próbálják ki, használják, és vegyék észre, milyen könnyű. Igazából a LISP – a következő általam tanított tárgy – is itt kapcsolódik, mert ezeket a rendszereket tényleg nagyon könnyen el lehet készíteni LISP-ben.

Milyen egyéb kutatásait emelné még ki?

Ezeken kívül túl sok nincs, mivel véges az időm. A tanszéken egy kollégával elkezdünk foglalkozni egy szoftverfejlesztési, specifikációs és helyességellenőrző módszer, a B módszer vizsgálatával, amit talán a mesterséges intelligencia területén is lehetne majd alkalmazni.

De hadd kanyarodjak vissza a robotikához: szeretném, ha komolyabb irányokba is elmehetnék. Jók az összerakható legórobotok, igénylik is a diákok, de még jobb volna bonyolultabbakat is készíteni, több érzékelővel, hosszabb és komplexebb feladatokkal. Egyetemi keretek között viszont nehéz ezt kivitelezni. Mostanában a robotfocihoz is kapcsolódva a kamera képeinek feldolgozásával, navigációval szeretnék próbálkozni. Ha több robotunk lenne, készítenénk multiágens alkalmazásokat. Készült egy kezdetleges fogócska három robottal, de öt vagy tíz robottal még érdekesebb lenne – akár hangyatársadalomszerű jelenségeket is kipróbálhatnánk. Ha csak számítógépen szimuláljuk, e társadalom alanyai egyszerűek, például pontszerűek. Viszont ha van kiterjedésük, forognak, vagy egymásba akadnak, akkor az tovább komplikálja a dolgokat. Más érdekes feladatokkal szintén lehetne kísérletezni, például azzal, hogy a robotok együtt tolganak el valamilyen tárgyat, vagy térképezék fel környezetüket, és navigáljanak benne.

Azt hiszem végeredményben igen szerencsés vagyok, hogy olyan tárgyakat oktathatok és kutathatok, melyekkel őszintén szeretek foglalkozni.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Fontosnak tartom a jó témát, melyet persze nehéz meghatározni. Szükséges, hogy kellően érdekes, izgalmas és motiváló, de egyben reálisan megvalósítható is legyen. Hiszek benne, hogy az önálló munka is legfőképpen egy jó csapatban teljesebben ki, tehát elengedhetetlen egy kellően biztató, egymást támogató és mégis ösztönzően kritikus, ugyanakkor előremutató és kreatív közeg.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A csúcstechnológiai kutatások már régóta messze vannak attól, hogy egy-egy ember egyszeri nekirugaszkodással utolérje őket, nemhogy önmaga komoly

eredményekre jusson. Bár e téren a kutatások főleg egy pontra összpontosítanak, fontos a kapcsolódó területek folyamatos nyomon követése, eredményeik áttekintő ismerete. Elengedhetetlennek tartom egyrészt a hosszú távú, folyamatos munkát, másrészt pedig a megfelelően képzett, felkészült kutatók egymást segítő csapatmunkáját. Úgy hiszem, e kettő szerencsés találkozásából igazán komoly eredmények szülehetnek.

Istenes Zoltán

ELTE Informatikai Kar, Programozáselmélet és Szoftvertechnológiai Tanszék

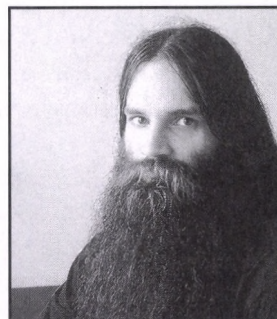
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://pszt.inf.elte.hu>

Jelasy Márk

Autonóm számítások, önmenedzselő rendszerek, pletyka

Jelasy Márk 1996-ban végzett a JATE programtervező matematikus szakán. 1996 és 2000 között elméleti nyelvészetet tanult, majd az ELTE-n kognitív tudományokból folytatott PhD-tanulmányokat. PhD-fokozatát a Leideni Egyetemen szerezte evolúciós számítások témában. 2000-től a Leideni, 2001-től az Amszterdami Egyetemen kutatott, 2003-tól a Bolognai Egyetem számítástudományi tanszékén dolgozik. Munkássága az MI és a kapcsolódó diszciplínák széles skáláját öleli fel. Az egyszerű formákból kialakuló komplexitás, a felülről lefelé, *top down* történő tervezéssel és központi kontrollal ellentétes folyamatok, módszerek iránti érdeklődés a közös nevező.



Mit ért pontosan a felülről lefelé történő tervezés és központi kontroll ellentétén?

A felülről lefelé tervezés valami olyasmi, hogy az ember először elgondolkozik azon, hogy milyen problémát akar megoldani, aztán azon, hogy ezeket milyen részproblémákra lehet lebontani, végül megoldja a részproblémákat, és visszafelé összerakja a megoldást.

Hogy a saját munkámból induljak ki: ha az a feladat, hogy olyan rendszereket építsünk, amelyek alkalmazkodnak a környezetükhöz, és esetleg önjavítóak, akkor lehet úgy felfogni a dolgot, hogy van a rendszer, meg van egy komponens, ami figyel a rendszert, és kijavítja a hibáit, és a két komponens, a rendszer meg a javító egység, egy „dobozba” téve adja a megoldást, az önjavító rendszert. Ez lenne a felülről lefelé. A példa egyébként aktuális, mert az önmenedzselő rendszerek és az autonóm számítások (*autonomic computing*) mostanában egyre nagyobb figyelmet kapnak a számítástechnika fő áramában is: egyre bonyolultabbak az alkalmazások és a számítógép-hálózatok is, és egyre költségesebb a fenntartásuk. Az automatizálás kezdi utolérni magát az automatizálást is.

Van azonban egy másik mód, amivel mostanában kísérletezem, mégpedig az, hogy az ember csinál egy rendszert, ami úgy mellékesen önjavító is, anélkül, hogy rá lehetne mutatni bármely (akár konceptuális, akár fizikailag létező) részére, hogy na, ez felelős az önjavításért. Az ilyen rendszerek gyakran biológiailag motiváltak (hangyaboly, ontogenezis, immunrendszer, evolúció stb.), bár nem szükségszerűen azok. Én például a pletyka alapú protokollokra koncentrálok jelenleg. Itt a funkciók reménytelenül össze vannak gabalyodva, ráadásul divatos kifejezéssel emergensek is.

A cél persze nem az, hogy összekuszáljam a dolgokat, csak mert nem szeretem a rendet. Arról van szó, hogy az ilyen nem moduláris, emergens rendszerek a

jelek szerint sokkal kevésbé sérülékenyek a környezeti hatásokra, részben éppen azért, mert nem lehet tudni, mit kell tönkretenni ahhoz, hogy valamelyik funkció megszűnjön, vagyis robosztusak, az implementálásuk pedig gyakran hihetetlenül egyszerű és ezért olcsó. Több gond is van azért ezzel: a fő gond, hogy nagyon keveset tudunk arról, hogyan is lehet így alulról építkezni. Más szóval, mivel az egész megközelítés éppen azon alapul, hogy nem moduláris a rendszer, a hagyományos értelemben nagyon nehéz értelmes módon rendszereket tervezni, meghatározni, hogy a komponensek viselkedésétől hogyan függenek a globális funkciók.

Mindez persze nem újdonság, de attól még érdekes. Hadd tegyem hozzá, hogy ez a kettősség nem csak számítógéprendszerek tervezésében van jelen, hanem szinte mindenhol, sőt máshol régebb óta. Gondoljunk csak a nyelv (vagy, ami hasonló, a tudás) leírásának a két szembenálló iskolájára: az egyik elosztott rendszereket épít, mesterséges neurális hálózatokból, statisztikai modellekből, és azt próbálja belátni, hogy a nyelvi struktúrák emergensek. A másik pedig felülről lefelé, formális nyelvtani szabályokat vezet le, nyelvi modulról beszél az agyban, stb. Vagy gondoljunk a teremtés és az evolúció ellentétére. Vagy a gazdaság irányításának a különböző módjaira (ötéves terv kontra piac). A sort sokáig lehetne folytatni.

Az én szempontomból a lényeg az, hogy az emergens (vagy alulról fölfelé) megközelítés nem csupán intellektuális kihívás, hanem komoly mérnöki előnyei lehetnek elosztott számítógéprendszerek tervezésekor. Célom, hogy legalább részben „megszelídítsek” ehhez néhány ötletet.

Mit ért pletyka alapú protokollokon, pletykaalgoritmusokon?

A pletyka lényege az, hogy az ember bizonyos időközönként információt cserél az ismerőseivel. Az eredménye pedig az, hogy minden információ, vicc stb., ami elég érdekes ahhoz, hogy mindenki továbbadja, aki hallja, hihetetlen gyorsasággal mindenkit elér. A dolog matematikai leírása pedig azonos a járványok terjedésének a leírásával: egy jó pletyka úgy terjed, mint egy nagyon fertőző (de nem halálos) betegség.

Mi köze mindennek a számítógéprendszerekhez? A pletyka ötletét először a Xerox alkalmazta a gyakorlatban a nyolcvanas években. A probléma az volt, hogy volt egy adatbázisuk, aminek sok másolata volt elosztva az egész földgolyón, és fontos volt, hogy minden másolat tényleg megegyezzen az eredetivel. Csakhogy az eredeti folyton változott, frissítések és törlések miatt. A változásokat úgy terjesztették, hogy az adatbázis-másolatok folyton pletykáltak egymással. Be lehet látni matematikailag, hogy ez a módszer nagyon hatékony, és amellet hihetetlenül egyszerű is.

A pletyka azonban sokkal többre is jó. Engem mostanában az érdekel, hogy a pletyka, mint egy elosztott kommunikációmodell, igazából egy nagyon általános keret arra, hogy a legkülönbözőbb feladatokat oldjuk meg vele.

Gondoljunk csak a sejtautomatákra, amelyek nagyon hasonló elven működnek, mint a pletyka: rendszeres időközönként minden sejt kommunikál a szomszédjaival, és ennek eredményeképpen csinál valamit (új állapotot vesz fel). A pletykát is lehet hasonlóképpen általánosítani: amikor két számítógép „pletykál” egymással, kicserélik az aktuális állapotukat, és ennek alapján mindketten kiszámítanak egy új állapotot. A hagyományos pletyka esetében az aktuális állapot az új információk halmaza, az új állapot pedig a két résztvevő új információinak az uniója.

Hogy egy másik példát is megemlítsék: a diffúziót is lehet modellezni pletykával. A diffúzió során egy anyag koncentrációja kiegyenlítődik egy zárt térben. Ha a résztvevőket a tér egy egységének tekintjük, és a pletykálás során a két résztvevő mindig lokálisan kiegyenlíti a koncentrációt egymás között, akkor az egész rendszerben valami olyasmi zajlik le, mint a diffúzió. Ezt az elosztott algoritmust arra lehet használni, hogy akár egy óriási elosztott számhalmaz átlagát kiszámoljuk nagyon gyorsan, pontosan és megbízhatóan. Ez csak egy példa, bonyolultabb dolgokat is ki lehet számolni, például a szórás, bármilyen közepet, a hálózat méretét stb.

Ezen kívül lehet pletyka alapú algoritmusokat ún. *overlay* hálózatok építésére is használni, amik például a fájlcsere rendszer alapját képezik. Ebben az esetben a résztvevők állapota másik résztvevők egy listája, amely a szomszédokat definiálja a hálózatban. Ha például véletlen hálózatot akarunk építeni, akkor a pletykálás során a résztvevők egyszerűen összekeverhetik a szomszédjaikat, és így gyakorlatilag bármilyen összefüggő hálózatból kiindulva véletlen hálózatot kaphatunk, gyorsan és megbízhatóan.

Létezik kapcsolódási pont a pletykaalgoritmusok és a memetika között?

Ez érdekes felvetés, és bár a memetika egy nem túlságosan jól körülhatárolható dolog, azt hiszem, mondhatjuk, hogy igen. A pletyka terjedésében is van egy szelekciós elem, például az ember csak a jó vicceket adja tovább, meg van egy kis mutáció is, mert mindig csiszolunk rajta egy kicsit, úgyhogy ha én kitalálok egy viccet, és elmesélem néhány embernek, az csak akkor fog bekerülni az emberiség kulturális örökségébe, ha jó, és akkor se változatlan formában...

Ami a pletyka algoritmusokat illeti, egy rövid ideig én magam is kísérleteztem azzal Amszterdamban, hogy a pletykát arra használjam fel, hogy egy csoport közösen tanuljon valamit, valahogy úgy, hogy az egyedek egymástól tanuljanak, azaz egyenként tanuljanak, és továbbadják azt, ami működik, egyfajta közös tudást létrehozva, márpedig ez memetika, bár én nem hívtam annak. Igazából a borg kollektíva ihletett meg a *Star Trekből*. Azt várná az ember, hogy így, mások hibáiból és sikereiből tanulva, sokkal gyorsabban lehet nagy tudásbázist felépíteni, ha nem kezdi mindenki a nulláról. Egyébként épp most indult egy project, ami a kollektív tanulásra fókuszál, ezeket az ötleteket is felhasználva (bár én magam nem veszek részt benne).

Hogyan látja a sejtautomata-kutatások, illetve a genetikus algoritmusok mai helyzetét? Ön is végzett kísérleteket ezen a területen, például Dombi Józseffel.

A sejtautomaták területét csak felszínesen követem, úgyhogy nem vagyok kompetens általános értelemben nyilatkozni. Viszont láttam néhány érdekes alkalmazást a Drezdai Műszaki Egyetem egyik laborjában, ami partnere az egyik projektnek, amiben dolgozom. Ők biológiai rendszerek modellezésével foglalkoznak, a zebrahal csfjkaitól a rákos daganatok fejlődéséig mindennel, eléggé sikeresen.

A genetikus algoritmusokkal (vagy mai, politikailag korrekt nevén: evolúciós számításokkal, mert a „genetikus” elnevezés csak az amerikai iskolát jelenti) harmadéves egyetemi hallgató koromban találkoztam, amikor témát kértem Dombi Józseftől egy tudományos diákköri dolgozathoz. Abban az időben csak annyit tudtam, hogy mesterséges intelligenciával akarok foglalkozni, és persze az evolúció is érdekelt, mint valószínűleg mindenkit, aki szokott gondolkodni. Szóval elég gyorsan beleástam magam a dologba, és össze is hoztunk egy algoritmust, ami a fajok keletkezésének egy modelljét alkalmazva képes függvények lokális optimumhelyeit is felderíteni, nem csak a globális optimumot.

Aztán elkezdett érdekelni, hogy miért van az, hogy egyik függvényen működik, a másikon meg nem, meg hogy egész pontosan mitől működik, amikor működik. Szóval nem csak egy diákköri lett belőle, hanem kettő, egy Pro Scientia aranyérem meg egy PhD-dolgozat is...

Az evolúciós számítások mai helyzete a felnőtté válás kríziseként jellemezhető. Már bizonyított, sok alkalmazása van, népszerű, olykor-olykor már a tömegmédiában is felbukkan. Viszont még mindig rengeteg problémával küzd, elsősorban az alapozás körül. A publikációk döntő többsége még mindig barkácsolásként jellemezhető és kevés igazán tudományos értéke van. Technikák és trükkök halmazáról van szó, amit egy tapasztalt kutató szükség esetén elő tud rántani, de nincs recept arra, hogy mikor, mi, miért és hogyan működik, márpedig ettől lesz igazán hasznos és érdekes egy eredmény. És persze az evolúcióhoz nagyon kevés köze van, az „evolúciós” szóhasználat nagyrészt marketing.

Ma már nem vagyok aktív a területen, de egy kis pihenés után lehet, hogy megint gondolkodom rajta. Jót tesz néha váltani, ha valaki megengedheti magának.

A biológia és a számítástudomány egyre szorosabb szálakkal kötődik egymáshoz. Az Ön eddigi munkásságában – projektről projektre – mennyire érhető tetten ez a trend?

Ez tényleg így van. Fontos tisztázni, hogy a biológia és a számítástudomány nagyon sokféleképpen kötődhet egymáshoz. Talán két csoportba lehetne osztani az együttműködést: az elsőben a biológiai problémák megoldására használjuk a számítástudományt, a másodikban pedig fordítva. Az első csoportba tartozó kutatásokat szokták bioinformatikának hívni. A bioinformatikusok sokféle problémán dolgoznak, az ismertebbek közé tartozik a DNS analízise, például gének

automatikus azonosítása, amelyhez gyakran gépi tanulási módszereket is használnak, így a mesterséges intelligencia egyik alkalmazásának is tekinthető. Egy másik példa komplex fehérjék térszerkezetének a vizsgálata, amelyet bonyolult energiafüggvények határoznak meg, és komoly optimalizálási módszereket igényel egy adott képletű fehérje lehetséges térszerkezeteinek a jellemzése. Ennek a területnek is nagyon fontos alkalmazásai vannak az orvosi kutatásokban.

Mindezekkel én nem foglalkozom, engem a másik irány érdekel, a biológia alkalmazása a számítástudományban. Itt persze nem konkrét alkalmazásokról van szó, habár vannak például biológiai alapú („nedves”) információátviteli módszerek és hasonlók. Inkább elsősorban analógiákra gondolok: megpróbáljuk megérteni, hogy egy adott problémát az evolúció hogyan oldott meg, és alkalmazni a megoldást a számítástudományban.

Ezzel visszakanyarodtunk a beszélgetés elejére, ugyanis itt éppen arról van szó, hogy a biológia „megoldásai” nem egy célból kiindulva, és azt részekre bontva, felülről lefelé jönnek létre: ezért érdekesek, sőt sokszor megérteni is nehéz őket. Sok biológus gondolja úgy, hogy számos igazán fontos folyamatnak a teljes megértésétől még mindig távol vagyunk, ilyenek a regeneráció és az ontogenezis, vagy az agy működése. A már feltérképezett területeken pedig gyakran találkoznak egészen meglepő, egyszerű és elegáns megoldásokkal, amik nem biztos, hogy egy mérnöknek eszébe jutottak volna.

Ami a saját tapasztalataimat illeti, az első terület, amin eredményeket értem el, az evolúciós számításoké volt, ami egyértelműen kapcsolódik az evolúcióhoz, ami pedig biológiai folyamatnak (is) tekinthető. Az évek során világossá vált a számomra, hogy az analógia nagyon távoli, és leggyakrabban nagyjából a variáció-szelekció ciklusára korlátozódik. Sokkal közelebb áll az állattenyésztéshez vagy a növényneveléshez. Mindezek ellenére tényleg tetten érhető egyfajta automatizált kreativitás: vannak olyan mérnöki megoldások, melyeket úgy „tenyésztettek”, és amelyek a mérnököket is meglepik az eredetiségükkel és hatékonyságukkal.

Az evolúció után következett egy viszonylag éles váltás, amikor elosztott rendszerekkel kezdtem foglalkozni. Itt olyan analógiákat kerestünk, melyek az elosztott rendszerekre vonatkoznak: hangyaboly, sejtek aggregációja, regeneráció, járványok, mintázatkialakulás. Mostanában az a sejtésem, hogy sok ilyen rendszer leírható abban a pletyka alapú modellben, amiről már beszéltem, és például konkrét eredményeink vannak az automatikus mintázatkialakulás terén, ami az esetünkben az elosztott rendszerek nyelvén egy fontos komponenst: kommunikációs topológiát jelent, a résztvevők összekapcsolódási hálózatát.

Hogyan definiálná a komplexitás fogalmát, illetve az Ön munkái mennyiben kapcsolódnak ehhez a tudományterülethez? Már amennyiben beszélhetünk önálló tudományterületről.

A komplexitás fogalmának vannak matematikai definíciói, beszélhetünk

számítások és algoritmusok komplexitásáról jól meghatározott matematikai értelemben.

Van egy másik, sokkal tágabb értelmezés, a komplex rendszerekkel kapcsolatban. Ezek részben szintén jól definiált fizikai rendszerek, amelyek sok kapcsolatban álló részből állnak, részben pedig bármire alkalmazhatók, ami komplex. Én, ha lehet, inkább nem definiálnám a komplexitás fogalmát ebben az értelemben, mert nem szeretem a homályos definíciókat. Nem emlékszem egyetlen esetre sem, amikor valami hasonló fogalomnak, például az intelligenciának a definiálására tett bármilyen kísérlet megvilágosított volna, vagy hozzájárult volna a dolgok jobb megértéséhez. Az ilyen kísérletek egyetlen tanulsága a definíció lehetetlensége. Példákat persze lehet sorolni, komplex rendszer például az ökoszisztéma, az internet, a hangyaboly, az agy, a társadalom.

A munkám kapcsolódik a komplex rendszerekhez, amennyiben a rendszerek, amelyeken dolgozom, besorolhatók a komplex rendszerek fogalmába. Viszont nem tartom magam komplexrendszerek-kutatónak. Az érdeklődésem középpontjában ugyanis nem az áll, hogy hogyan lehet komplex rendszereknek a lehető legtágabb halmazát közös törvényekkel leírni, hanem konkrét rendszerekre fókuszálok, és azokat próbálok megérteni és alkalmazni, esetleg a létező általános eredmények felhasználásával. Ezzel együtt drukkolok az általános törvények kutatóinak, mert nagyon hasznos lenne egy ilyen elmélet. Azt kétkedem, hogy minden komplex rendszer minden vonatkozását le lehet írni közös általános törvényekkel, de az biztos, hogy néhány általános érvényű eredmény lehetséges.

Miként látja az ágenskutató, illetve az ahhoz kapcsolódó rajintelligencia jelenlegi helyzetét?

Az ágenskutató és a rajintelligencia körül elég régóta nagy a felhajtás. Úgy látom, az emberek kezdenek kicsit belefáradni ebbe, most már szeretnék az ígéreteket valóra váltani, kézzelfogható eredmények és rendszerek formájában. Szóval a jelenlegi helyzet egy fontos eleme az, hogy az emberek most már megpróbálják a gyakorlatban is bizonyítani, hogy a rajintelligencia tényleg egy erős eszköz, amivel problémákat lehet megoldani, például az akár több ezer vagy millió komponensből álló teljesen elosztott (központ nélküli) rendszerek menedzselésében és alkalmazásában. Sok ilyen rendszer van, az internet például, vagy újabban a mobil *ad hoc* hálózatok, amelyek drót nélküli kapcsolatot használó, mozgó komponensekből épülnek fel, vagy az érzékelő hálózatok, amik nagyon sok egyszerű érzékelő, például hőmérő, drót nélküli hálózatát jelentik. Ezek mind a rajintelligencia „forró” alkalmazási területei.

Az Európai Unió finanszírozási programjában is fontos szerepet kap az ilyen irányú kutatás. Csak kiragadott példaként említem, hogy a hatodik keretben, négy integrált projekt is támogatást kapott, az egyikben érintett vagyok én is, úgy hívják: DELIS. Tudni kell, hogy egy integrált projekt öt-hat hagyományos projektet jelent, szóval ez komoly lendület.

Több európai uniós projektben (DREAM, BISON) vett részt. Ismertetné ezeket?

A DREAM projekt célja az volt, hogy egy olyan elosztott környezetet hozzunk létre, ami, az internetre kötött gépek kihasználatlan erőforrásait egyesítve, alkalmas lenne az evolúciós számítások kutatóinak kísérletek futtatására. Sok hasonló célú projekt van ma már általános felhasználási területtel, sőt a területnek neve is van: grid computing.

A mienk mégsem volt grid projekt, több okból. Elsősorban azért, mert nem általános célú alkalmazásokra koncentráltunk, hanem csak az evolúciós számításokat akartuk támogatni, kihasználva az evolúciós kísérletek speciális szerkezetét. Másrészt pedig a rendszer azt is lehetővé tette, hogy olyan kísérleteket futtassunk, amelyek eddig nem voltak lehetségesek, nem pedig csak azt, hogy gyorsabban futtassuk ugyanazt. A projekt fő eredménye az én szempontomból az lett hogy feltaláltam a pletykaalgoritmusokat, majd másoktól értesültem róla, hogy már húsz éve ismertek... De ettől függetlenül, vagy éppen ezért, kiderült, hogy a munkám mégis elég érdekes az elosztott rendszerek területén is. A szerencsének köszönhetően, hogy Andy Tanenbaummal, és az általa vezetett elosztott rendszerek csoporttal egy folyosón volt az irodám Amszterdamban, és ebből a csoportból elkezdtem együttműködni Maarten van Steennel, ami végül oda vezetett, hogy területet váltottam, immár nem először (bár talán nem is utoljára).

A BISON projekt immár másfél éve fut, ennyi ideje vagyok Bolognában. Itt nem egy konkrét rendszer építésén dolgozunk, hanem lazábban kapcsolódó ún. szolgáltatásokat fejlesztünk. Egy szolgáltatás valami egyszerű dolgot csinál az elosztott rendszerben: információkat kaphatunk a rendszerről, üzeneteket továbbíthatunk, feladatokat adhatunk. Az alapötlet az, hogy mindehhez a biológiai rendszerek, illetve általában a komplex rendszerek területéről keresünk inspirációt: ha úgy tetszik, rajtintelligenciáról van szó. Szóval a pletyka alapú algoritmusokkal kapcsolatos kutatásaim a BISON projekt keretében zajlanak, erről már beszéltem.

Végzett kutatásokat az automatikus beszédfelismerés területén is.

Igen, tettem egy kirándulást 1998 környékén. Akkoriban a szegedi MTA Mesterséges Intelligencia Kutatócsoportban célul tűztük ki, hogy kifejlesztünk egy automatikus beszédfelismerő rendszert. Elég bátor vállalkozás volt, mert gyakorlatilag a nulláról kellett kezdeni mindent. Korábban nem foglalkozott ezzel Szegeden senki, nem voltak sem hangminta-adatbázisaink, sem infrastruktúra ahhoz, hogy létrehozzunk egyet. Ugyanakkor a legmodernebb beszédfelismerők már elég jó teljesítményre voltak képesek, és nagyon sok nagyon erős kutatóbázis foglalkozott a kérdéssel világszerte. Be kell vallanom, hogy mai fejtel hasonló körülmények között lehet, hogy nem mentem volna neki. A csapatban kezdetben Tóth László képviselte a jelfeldolgozási oldalt, én pedig a gépi tanulást, azon kívül akkor jártam elméleti nyelvészetre, és azt gondoltam, hogy

az is segíthet. Egyébként nem a beszédfelismerés miatt vettem fel a nyelvészet szakot, ez csak véletlen egybeesés volt. Mindez Gyimóthy Tibor és Csirik János vezetésével történt.

Elkezdtünk amatőr körülmények között hangmintákat gyűjteni, egy vacak mikrofonnal és egy vacak hangkárttyával egy alsó kategóriás PC-n, az irodánkban. Ennek azért előnyei is voltak, mert tudtuk, hogy az az algoritmus, ami ezen az adatbázison képes értékelhető teljesítményre, felveszi a versenyt bármivel. Elvégre a legtöbb alkalmazás ilyen körülmények között kell, hogy működjön. Ezzel párhuzamosan elkezdtem kidolgozni egy viszonylag eredeti megközelítést a beszédfelismerésre, aminek a lényege az, hogy a beszéd jellemzőinek az analízisével többé-kevésbé pontosan meg akartam határozni a beszéd viszonylag homogén szegmenseit, az így meghatározott szegmenseket pedig (szintén felhasználva a jellemzőket) szótárban tárolt mintákra illeszteni. A magánhangzók egy, a mássalhangzók általában több ilyen szegmensből rakhatók össze elméletileg. Írtunk egy egyszerű prototípust számok felismerésére, ami körülbelül 80-90%-os teljesítményt ért el, ha jól emlékszem, elég primitív eszközökkel: úgy gondoltuk, ha csiszoljuk, működhet.

Ezen a ponton távoztam Hollandiába, és attól kezdve nem foglalkoztam többet beszédfelismeréssel. A továbbiakban a projekt elsősorban Kocsor András kezébe került, aki a mai napig foglalkozik a témával. Több tehetséges PhD-hallgató bevonásával óriási haladást értek el, ma már komoly beszédminta-adatbázissal rendelkeznek, jelentős szoftverkönyvtárakat írtak, és kifejlesztettek egy hasznos gyakorlati alkalmazást is siketek számára, amely képes a beszédük érthetőségét javítani azáltal, hogy automatikusan visszajelzést ad a kiejtés minőségéről. Kocsor András egyébként több díjat is kapott a munkája elismeréseképpen. Némi büszkeséggel tölt el, hogy az eredeti ötleteim nyomokban még azonosíthatók ezekben az eredményekben.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Engem elsősorban az alapkutatás érdekel, ezért a K+F világról kevesebb tapasztalatom van első kézből. A kutató szemszögéből nézve nem hinném, hogy bármilyen speciális titka lenne. Ha az ember tudja, hogy mit akar, azaz világosak a célok, akkor magától megy minden. Vagy ha egy csoportban legalább egy ember tudja, hogy mit akar, az is elég. Segít, ha a projektben aktívan részt vesz az eredmények felhasználója (fejlesztés rész), például egy cég, és gondoskodik róla, hogy a célok folyamatosan világosak és érthetőek legyenek mindenki számára. Ehhez persze kell valaki, aki jól érti a felhasználás és a kutatás oldalát is, képes és akarja is az összekötő szerepét játszani. Sok projekt siklik félre a kommunikáció hibái vagy hiánya miatt. Számos egyéb tényező van persze, a csoportpszichológiától a menedzsmentig, a kutatók felkészültségétől a motiváció mértékéig. Erről könyveket írnak mások.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Definiáljuk a csúcstechnológiát, mondjuk, világszínvonalú alkalmazott kutatásként a technológia területén. A kutató szemszögéből nézve nem elvi kérdés a dolog. Azt hiszem, éppen elég fiatal kutató képes és akar is csúcstechnológiát fejleszteni, és ennyi elég is a kutatói részről. Annyira így van ez, hogy a legtöbben az országot is elhagyják, hogy ezt tehessék, nem is mindig csak a pénz miatt.

Hogy Magyarország milyen mértékben vesz részt az aktuális csúcstechnológiák kifejlesztésében, ez bonyolult, elsősorban gazdasági, és talán részben politikai kérdés. Mivel itt mindenképpen szükség van magántőkére, ideális lenne, ha a meghatározó világcégek kutató-fejlesztő bázisokat is telepítenének az országba, és nem csak az olcsó képzetlen munkaerőre tartanának igényt. Ahhoz, hogy a legjobb szakemberek itthon dolgozhassanak, nyilvánvalóan megfelelő mennyiségű, színvonalú és fizetésű állás kell. Ezen kívül az egyetemek foytogatása helyett inkább arra kellene vigyázni, hogy a nyersanyag, a fiatal kutatók, továbbra is képesek legyenek nemzetközi szintű munkát végezni.

Jelasiy Márk

Universita di Bologna, Dipartimento di Scienze dell'Informazione

Mura Anteo Zamboni, 7

40127 Bologna, Italia

<http://www.cs.unibo.it>

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Informatikai Tanszékcsoport,

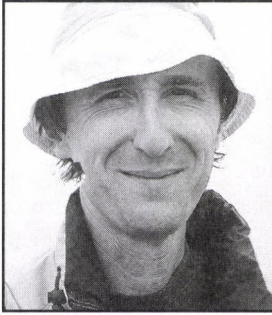
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

6720 Szeged, Aradi vértanúk tere 1., 6701 Szeged, Pf 652.

<http://www.inf.u-szeged.hu/tanszekek/rgai/starthu.xml>

Kampis György

Természetes és mesterséges szerveződések



Az ELTE TTK tudománytörténet és tudományfilozófia tanszékét vezeti. Villamosmérnöki diplomáját 1981-ben szerezte, dolgozott a KFKI-ban, biológiát tanult az ELTE-n, 1987-ben kandidált, 1995 óta a filozófiatudomány doktora. Neves külföldi egyetemek rendszeres vendégtanára, számos konferencián vesz részt, publikációit a mindenkori tudományos közvélemény élénk érdeklődése kíséri. Kampis György a mai magyar szellemi élet egyik legeredetibb, legsokoldalúbb szereplője.

Szerteágazó életpálya, szerteágazó érdeklődés: foglalkozott mikroelektronikával, biológus, elmetörténész, tudományfilozófus, és a kognitív tudományokban is dolgozik. Minek vallja magát?

Elég könnyű válaszolni, mert tudományfilozófusnak vallom magam ebben a pillanatban. Jól lehatárolható szakma, és most már tíz éve vezetem a tanszékét. Jelentős szerepet vállaltam a tanszék profiljának kialakításában, egyáltalán a szakma ELTE-n való képviselésében. Ez egy kicsit identitást is biztosít az embernek, tehát nem lehet balkézről csinálni. Hosszú út vezetett ide. A tudományfilozófián kívülre mutató részét a mai napig megőriztem az érdeklődésemnek, tehát látom magam előtt az utat. Egyébként éppen mostanában kezdek egyre inkább olyan témákkal foglalkozni, amelyek kimutatnak a tudományfilozófiából. Nem időben, hanem tematikailag, de részben visszafelé haladok.

Az általánosabb kérdésre válaszolva: olyan kutatónak tartom magam, akit elsősorban a szerveződésnek, a szerveződés változásának a problémái érdekelnek. Ennek fényében érdekel az evolúció, a mesterséges intelligencia, az elme. Tulajdonképpen mindig is csak egyvalami érdekelt, amit – talán furcsa – a *science fiction* motivált. Gimnazista koromban nagyon sok sci-fit olvastam: Asimovot, Lemet, filozofikus, de ugyanakkor technikailag is szilárd lábakon álló fantáziaműveket. Rendkívüli mértékben hatottak rám, a mai napig irányítják a gondolkodásomat. Borgest szintén olvastam. Ő is hasonlókról gondolkodott; igaz, nem annyira technikai háttérrel, egészen másfajta módon.

A háttér adott egy olyan orientációt, ami kicsit romantikus módon vezetett a villamosmérnöki tanulmányokhoz, azt gondolva, hogy majd a robotikában megtalálom az érdeklődésemet. Kiderült, hogy – legalábbis az akkori Magyarországon – semmihez semmi köze az ott tanulható és csinálható dolgoknak. Ezért már az egyetem alatt elkezdtem a biológia iránt érdeklődni, majd az ELTE-n – hall-

gatóként, az ő irányításával, az ő témáján, az általa kitalált keretek között – Csányi Vilmostal dolgozni. Amiből egy kis kitérő után az egész életemet meghatározó érdeklődés lett. Így lettem a modellezésen keresztül elméleti biológus.

A KFKI-ban töltött idő és a mikroelektronika mellékvágány, zsákutca volt. Annyiból viszont mégsem, hogy ott tanultam meg tisztességesen programozni. A nyolcvanas évek elején egészen amatőr módon is lehetett modellezgetni. Fizikusok írogattak Basicben programokat parányi kis gépekre, és ezekkel a szimulációs modellekkel publikációkat lehetett csinálni...

Én viszont professzionális programozási munkát végeztem, mert tervezéstechnológiai szoftverfejlesztés volt a feladatunk az akkori Magyarország csúcs-körülményei között. Mindez nemcsak a szimulációs munkáimon hagyta rajta a nyomát, hanem – sőt inkább – a gondolkodásomon is.

Ugorva az időben, amikor néhány éve ismét elkezdtem érdeklődni a szimulációs modellek iránt, viszonylag könnyen megtaláltam a hangot az objektumorientált, ágens alapú világban élő fiatalokkal – valahogy úgy érzem, azt csinálják, amit mindig is akartunk. Csak annak idején még nem alakult ki, de tapintható volt, hogy errefelé szeretne orientálódni a világ. Már akkor strukturált programozásról beszéltek. Arról, hogy modularizálni kell a programokat, újrafelhasználható, kompakt, zárt egységeket kell kitalálni, és nem szabályokban gondolkodni. Jól áttekinthető, világos mélyszerkezet kidolgozása felé mutatott az, ami bennünket érdekelt. Nagy örömmel látom, hogy a maiak egyértelműen a fejlett mélyszerkezet felől közelítik a problémakört, és magának a szimulációnak a felszíni megjelenése huszadrangú részletkérdés. Néha a legvégén születik meg, hogy mit és hogyan látunk belőle.

Munkáiban Lemé mellett két másik név köszön vissza nagyon gyakran: Darwiné – ön fordította magyarra a Fajok eredetét – és Dennetté.

Lemen kívül nem találtam mást, akinek az életműve ennyire világosan ötvöznél vagy egymásra építve használná a nagyszabású, messzire tekintő fikciót és a teljesen kézzelfogható, természettudományos felkészültségen alapuló hétköznapi józan észet. Arról beszél, amiről beszélni kell: egyszerre az elmével és a szerveződéssel kapcsolatos, legnagyobb filozófiai kérdésekről, és arról, hogy a technológiánk, technikánk milyen viszonyban áll mindezekkel.

Darwin sokkal későbbi ügy. Az evolúció utáni érdeklődésem révén jutottam el hozzá. Furcsa, de nem ő jut az eszünkbe, amikor elkezdünk evolúcióval foglalkozni. A mai világban az evolúció viszonylag technikai, jól tanulható tananyagot jelent, ahol Darwin neve elhangzik ugyan, de körülbelül úgy, mint a fizikában Newtoné. Egy név. Mindaddig nem fontos, amíg el nem kezdünk komolyabb problémákkal foglalkozni, melyekre a kurrens elméletekben nincs válasz. Kinek meglepő, kinek nem, de nagyon sokszor a régi munkákban lehet megtalálni, talán nem magát a választ, de azt a fajta igényes elméleti gondolkodást és fogalmi keretet, amelynek a segítségével az értelmesen kereshető.

Darwin példamutató ebből a szempontból: a XIX. századi kristálytisztá józan ész talaján áll, tehát üdítő élmény olvasni, a dolgok nincsenek összemazsolva, elmismásolva. Ennek megfelelően nem minden működik. Ha felmutatunk valamit, akkor elköteleztük magunkat, és utólag derül csak ki, igazunk volt-e, vagy nem. Darwinnak vannak tévedései, nem lehet mindig jól használni, ugyanakkor nagyon világosan épít fel egy alapvető vonásaiban máig érvényes szerkezetet. Az antiesszencializmus fogalma itt a kulcsszó: a tárgyakról és az élőlényekről nem lehatárolt, jól meghatározott kezdetű és végű, egyszer és mindenkorra rögzített tulajdonságú entitásokként gondolkodunk. Darwin azt az alapvető élményt élte át és fogalmazta meg, hogy a dolgok folyamatosan mennek át egymásba. Az evolúció esetében a fejlődés biztosítja ezt a folytonosságot: egymásból alakítja át azokat az egyedeket, amelyeket később, már különváltan fajokként azonosítunk. Ezek tehát valójában az idő és a látásmódunk termékei. A természet nem fajokban gondolkodik. Emiatt Darwin a ma számára is rendkívül fontos fogalom- és filozófiaalkotó gondolkodó. Ezt az antiesszencialista gondolkodást a nyelvészettől az elmekutatáson át számos egyéb területig konkrétan lehet alkalmazni a ma problémáinak a szintjén. Megkíséreljük feloldani, szőrösebbé tenni a dolgokat, de nem úgy, mint a fuzzipróbálkozások idejében gondolták. A technika nem mindig kiforrott, de már az óriási segítség, ha fogalmilag tisztán látjuk, mit akarunk, mi az, ami egy rendszert működőképessé tesz.

Dennett furcsa madár. Ő az az amerikai filozófus, aki leginkább érti – általában is –, miről szól a tudomány. Nagyon komolyan veszi, hogy természettudományból építsen filozófiát. Nagyon komolyan veszi az evolúciót. Egészen messzire: a jövő felé irányt mutató, ahogyan felépíti a filozófiai rendszerét. Mivel a XX. század a filozófiai rendszerek lebontásának az évszázada volt, már ebből a szempontból is nagyon fontosnak tartom. Az egyik első, de mindenképpen a legjobb azok közül, akik ma újra mernek rendszert építeni. Hiszek a rendszerben, csak nem úgy, mint a XIX. század végén képzelték, és nem azért, amiért a XX. században az utolsó tartórúdig összeomlott a váz. A tudomány szempontjából nagyon előremutató, hogy Dennett megpróbálja.

Ugyanakkor – lényegében – semmiben nem értek egyet vele. Egészen más-ként látom az általa kidolgozottakat. Viszont azt gondolom, hogy úgy kell csinálni, ahogy ő csinálja. Rendkívül nagyszabású embernek tartom, rendkívül jelentős a hatása.

Hogyan látja Dennett és az MI-kutatás kapcsolatát?

Van egy fura feldolgozatlanság a filozófiájában. Látszólag funkcionalista, mindig arról beszél, hogy csak az algoritmusban megfogalmazható szintiszta működés számít, és ezért úgy tűnik, mintha mindenféle praktikus tanácsokat adhatna a szoftveres elmemodellezőknek. A gyakorlatban ez sokszorosan nem működik. Egyrészt a tanácsai nem működnek. Másrészt nemigen fogadja meg őket senki.

Van néhány próbálkozó, de igazából nincs hatással erre a területre. A robotikára viszont annál inkább. Ott nagyon komolyan veszik az intencionalitásról, a tudatról alkotott véleményét.

Az evolúció, a mesterséges evolúció és a mesterséges élet kapcsán Ön szembeállítja az organizációt és a viselkedést.

A szimuláció alapvető problémája: mit akarunk szimulálni? Ha az ember azzal a háttérrel rendelkezik, amivel én, a természetes hozzáállás az, hogy nem jelentőséget, tehát nem azt, hogy miként lesz egy piros pöttyből két piros pötty a képernyőn, mert erre – ha cinikus akarok lenni – az a válasz, hogy bárhogy. Lényegében végtelen számú szabály létezik, melyek segítségével bármilyen kívánt, mintázatok szintjén leírható viselkedés modellezhető. Ha mintázatról beszélünk, az embernek vagy az állatnak a viselkedése is az. Mindaddig, amíg jelenségek, események érdekelnek, a mintázatok világán belül maradunk. Szerintem zsákutca, ha csak a mintázatok érdekelnek, ez empirikus vagy szociológiai értelemben be is bizonyosodott.

Itt jön a kérdés: mit akarunk valójában szimulálni? Azt hiszem, egy olyan alapvető viszonyt, ami a mintázatok és a mintázatok képződéséért felelős anyagi hordozók között fennáll. Ha azt kérdezzük, miben áll az élőlény működése, már a XIX. század vagy bizonyos akkori gondolkodók számára világos volt, hogy valami ilyesfajta viszonyban áll. Ezt nevezték el ők organizációnak, de adott esetben jelenthet pusztán kontextust, például azt, hogy milyen molekulák rendszere alkot egy sejtet. Hogy egymásnak olyan környezetet biztosítanak, ami átalakítja azt a módot, ahogy az egyik molekula a másik számára reakciót létesít. Az élő rendszer működését az egész rendszer működése jelenti. Nagyon sok a félreértés: gúnyolták az oszthatatlan egészről beszélő holistákat. Ma már relációkról, kontextusokról beszélünk „oszthatatlan egész” helyett. Arról, miként nyílnak ki az élőlényeket alkotó komponensek tulajdonságai, vagy hogyan nyílnak ki az élőlények tulajdonságai, ha más környezetbe helyezük őket. Környezetfüggő, relacionális, dinamikusan változó viszonyok. Manipulálhatók: beteszek egy komponenst, és ezzel megváltoztattam más komponensek működési hálózatát. Nem csak annyi történt, hogy egy relációt adtam hozzá: az összes többi is megváltozik ettől.

A felszíni, mintázatok szintjén megfogható működés és a komponensek ezt létrehozó anyagi tulajdonságainak egymással történő összekapcsolódása az igazán érdekes kutatási terület. Ebből az irányból várom a jövőben a mesterséges intelligencia és a mesterséges evolúció kutatásának a nagy áttörését.

Az utóbbi időben Gulyás Lászlóval olyan modellen kezdtem el dolgozni, amely ezt a fajta, környezeti változásokra reagáló organizmusképet használja ki új evolúciós erők generálására, s ennek segítségével lendít tovább egy valódi értelemben vett – tehát nem valahova tartó, valahol megálló, befejeződő, hanem a jövő felé nyitott, új komplexitást létrehozó – evolúciós folyamatot. Most

vagyunk a publikációs fázisban. Megvan, és működik a modell. Ne engem kérdezzen arról, hogy mit ér. Mi természetesen bízunk benne.

Jó pár éve, Vargyas Miklóssal kidolgoztak egy SPL-rendszert is.

Az SPL a *String Processing Language* rövidítése. Sok stringfeldolgozó nyelv létezik, de ez más volt. Egész érdekes eredményeink voltak. Azzal próbálkoztunk, hogy a kontextusfüggőséget olyan rendszer szintjére vigyük le, ami – a makromolekulák egymásra való kölcsönhatásának a mintájára – azt modellezi, hogyan működhet egy rendszer úgy, hogy stringeknek, tehát szekvenciáknak tekintett molekulák kis számítógépprogramokként transzformációkat, átalakításokat végeznek egymáson. A kontextus mindig változik egy kicsit, és egy kicsit megváltozik az egyes molekulák – a modellben az egyes stringek – működését leíró programok jelentése. Igazából a kontextusfüggőség – és így a dinamikus komponens – volt az új elem. Ezt leszámítva mások is csináltak hasonlókat; valamilyen módon az élet, a molekuláris rendszerek modellezése, az *artificial chemistry*, az *artificial life* voltak a motivációk. Az volt a baj velük, hogy eléggé megjósolható módon, viszonylag zárt működéssel rendelkeztek, és nem tudtak önszervező, időben nyitott, evolúcióképes, emergens rendszereket modellezni.

A rendszerünk a mai napig megvan, tehát még elképzelhető, hogy lesz folytatása.

Az evolúciót az optimalizációval állítja szembe.

Ez egy sokszorosan fontos és érvényes szembeállítás. Az evolúciónak természetesen léteznek az optimális viselkedéssel, optimalizációval összefüggő vetületei, de úgy szeretek erre gondolni, hogy az evolúcióban az optimalizáció, ha van, akkor termék. Nincs is mindig. Ma már nagyon kevesen gondolják, hogy van. Dennett szereti lebegtetni, hogy mindig fontos az optimalizáció – mert, ha valami eltér ettől, az is kivétel. Azt hiszem, ez teljesen téves. Alapvetően nem így működik az evolúció. Nem csak azért, mert annyira gyakoriak az optimalitástól távoli megoldások, hanem azért is, mert nem az optimalitásra törekvés, hanem egészen más elvek mentén szerveződik az egész. Ezeket az elveket kell megértenünk, ha meg akarjuk érteni. Amik mellékesen azt is meg fogják adni, hogy hol, mikor, milyen körülmények között kerül sor optimalizációra. Sokszor sor kerül rá. Nagyon fontos elem a konvergens evolúciós fejlődés, amikor felvannak állítva a konvergenciát eredményező korlátok.

Durva tévedés tehát az evolúció jelenségét afelől, és pláne az optimalitást vezető folyamatok modelljei felől megközelíteni. Ha kicsit technikaiak akarunk lenni: a genetikai algoritmusok semmit nem mondanak az evolúcióról. Ezt egyébként az egész 1962-ben kitaláló John Holland hirdeti ma a leghangosabban.

Az ágensek szintén a természetes és a mesterséges közötti párhuzamokat példázzák..

Az ágensszemlélet több szempontból a mesterséges világok építésének a csúcsa.

Amikor mesterséges világot kezdek építeni, tárgyakat hozok létre bennük. Amikor tárgyakat hozok létre, tulajdonságokkal építem fel azokat. Így lesznek belőlük objektumok, illetve – a mai, részben az MI motiválta kutatás terminológiájával – ontológiák a számítógépvilágban. Esszenciákkal működő arisztotelészi ontológiák: felépítjük a kategorikusan definiált entitásokat, amelyeknek listák a tulajdonságai, és esetleg minimális módon gondoskodunk arról, hogyan lehet kiegészíteni azzal, ami nem ilyesmi. Egymásba skatulyázott objektumok világa az alapvető kép. Tulajdonképpen ennek a csúcsa az ágens alapú programozás, mert az ágensbe még a működést is beviszem. Hogy ne kívülről manipulálják az objektumokat, hanem valahogy a hasukban legyen minden szükséges. Inkább interpretációs dolog ez – hogy autonómbabnak lássam az entitásokat, mint ahogy a valódi világban szintén autonómok. Bármit is jelentsen ez, egy szék teljes egészében magában hordozza a székségét. Csak látszólag olyan lila-filozofikus ez, mert amikor szoftvert írok, hirtelen véresen komollyá válik, mit jelent a szék. Pláne a mai, mesterséges világokat létrehozó, tehát az azonnali interaktivitás révén a külső felhasználó számára értelmezést engedő programozási környezetben. Nagyon komoly kérdés, hogy mi az, hogy szék. Az első megközelítés: egy olyan ágens, ami egy arisztotelészi módon felépülő objektumra épül.

A természetes ágensek azonban sokszor nagyon nem ilyenek, és ezt kicsit kezdik látni a modellezők is. A legfejlettebb ágens alapú rendszerek, mint a kifejezetten szociális szimulációkra létrehozott RePast engedi, sőt támogatja az ágensek olyasfajta definícióját és használatát, ami paradox módon, miután létrehozta a kompakt, zárt környezetet, újra kinyitja azt. Az ágensek időnként belelátanak egymás hasába, befolyásolják egymást egy kicsit, átvehetnek egymástól dolgokat, tehát – kissé az emberi társas viszonyokra is jellemző módon – átalakítják egymást. Egyre általánosabb lesz ez a megfontolás; a mi evolúciós munkánk, mint említettem, szintén ilyen irányban használja az ágens alapú rendszereket.

Az ágenstechnológia a természet új minőségi értelemben történő beemelését jelenti a mesterséges világba. Nagy perspektíva van benne. Az internettel vonnék párhuzamot: iszonyatosan nagy divat mindkettő, népszerű, könnyű elveszni benne, azt hinni, a felszíni jegyeiben van a lényeg. Valójában egyiket se értjük még, nem tudjuk, mire valók. Majd ötven év múlva... Már több évszázada létezett könyvnyomtatás, amikor kiderült, mire való: megszületett a regény.

A könyvnyomtatáshoz és az internethez mérhető nagyon új szemléleti forradalom lehetőségét látom az ágensvilágban.

Meghatározó szereplője a kognitív tudomány itthoni fejlődésének is.

Átalakulóban van a kognitív tudományok magyarországi helyzete. Remélem, egy fiatal, új generáció dinamikusán a kezébe veszi az irányítást. Tizenegy éve indítottuk útjukra az éves rendszerességgel megtartott interdiszciplináris konferenciákat, melyeket kifejezetten azzal a céllal hoztunk létre, hogy a különböző szakterületek egy közös, a kognitív tudomány címkéjével jelezhető új identitás és

interfész jegyében formálisan is kapcsolatot tartsanak egymással. Éppen most adtuk át a konferenciaszervező alapítványt az új generációnak. Szervezeti értelemben nem ambicionálok, hogy bármit is csináljak ebben a jól működő rendszerben. Magával a kognitív kutatásokkal továbbra is foglalkozom, mint ahogy az azt végző emberekkel is ápolom a kapcsolatot, és a konferenciákra is el fogok menni.

Jövőbeli projektek?

A tanszéken nagyon különböző kérdésekkel foglalkozunk. Egy tudományfilozófiai tanszék működéséből adódóan: a tudomány alapkérdéseivel, tudomány és társadalom általános viszonyával, dinamikus társadalmi folyamatokkal kapcsolatos jelenségekkel, például a tudás címkéjével fellépő mozgalmakkal, tudomány és áltudomány, tudomány és vallás, metafizika, transzcendencia vagy a (nem mindenképpen vallásos) hit kapcsolatával, illetve ezek társadalmi/szociológiai dokumentálásával.

A magam részéről egyre több időt szeretnék szentelni saját modellezési munkámnak. Ezen felül – nemcsak a tanszéken – futnak például a kauzalitással összefüggő, klasszikus tudományfilozófiai projektek is. Azokat a nagy kérdéseket érintik, melyeknél az ember – akármit csinált – megnyugvással dőlhet hátra: tudja, hogy ezeket a problémákat nem lehet megoldani, csak dolgozni lehet rajtuk.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Erre így általánosságban nem lehet mit mondani, de Magyarországon a sikernek nagy akadálya a tudományos provincializmus, ezen belül a nagyképűség és kishitűség keveréke. Egyes természettudományok, talán a fizika meg a biológia néhány része mentes ettől, de különben akármerre nézek, sajnos elég általános. Állandóan azt hallom, hogy lenézően beszélnek termékeny külföldi kollégáikról olyanok, akik nem tudnak és nem is próbálnak valóban rangos külföldi publikációkat közölni, és ha ezt számon kérik rajtuk, mindenféle tündérmesét szednek elő, hogy az a lobbik kezében van, és hogy oda innen nem lehet bekerülni, stb. Sokan ráadásul nem is értik, mit jelent az, hogy tudományos eredmény, azt hiszik, a publikációt csak meg kell írni. Bírálóként legjobban azon szoktam felháborodni, amikor valaki csinál valami olyat, amit mindenki más, és komolyan azt várja, hogy ezért meg fogják dicsérni. A kutatás Kolumbusz tojása: majdnem mindent csak először érdemes csinálni. Ha erre nincs esély, akkor egy fillért sem szabad adni rá. Összefügg ezért az említett problémával a tudományos finanszírozás kérdése is. Miközben Magyarországon szégyenletesen kevés az egy főre jutó GDP-hez képest a kutatási és felsőoktatási ráfordítás (ami nagyjából az afrikai országok közé sorol minket), ugyanakkor a támogatási rendszer pazarló is, mert nem párosul a valódi teljesítmény követelményével: mindenhova adunk egy kicsit, mert különben összeomlik X tanszék. Pénz nélkül persze valóban nem

megy. A siker azonban nem demokratikus, nem átlagban kell jól futni, hanem néhány olimpiai aranyat kell elhozni, mindegy, hogyan. A pénz sajnos itt is varázsszer.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Talán meglepő lesz a válasz: ezt a két kérdést nem szabad összekeverni. Azt gondolom ugyanis, majdnem mindegy, mit tanul valaki, nem biztos, hogy azt kell tanulni, amivel később foglalkozunk, vagy ami a legjobban érdekel. Kíváncsi volnék, e kötet interjúalanyai közül hányan vannak szűken véve az eredeti szakmájukban – én nem. Fontos viszont, hogy olyat tanuljon az ember, ami valóban színvonalas, kemény dolog, ami megtanít tanulni, és ami jól konvertálható, ha nem is a konkrét ismeretek szintjén, hanem a készségek, hozzáállás, gondolkodásmód terén. Ha ma iratkoznék be, vagy újra villamosmérnök lennék, vagy fizikus, vagy valami kemény bölcész, mondjuk kínai-orsz szakos, akinek kiguvad a szeme a sok olvasástól. Aki ezt túléli, bármit túl fog élni – különben, Amerikában már nemcsak a fizikusokat keresik a bankszakmába (még a közgazdászoknál is jobban), hanem a filozófusokat is. Magyarországon erre még nem jöttek rá. Pedig egy rendes filozófust bizony szintén megtanítanak fegyelmезetten, színvonalasan gondolkodni, és ez az egyetlen, ami számít. Mik a perspektivikus témák? Mindenképpen a biológia közelében kell lenni, ez közhely, de mivel igaznak tartom, ezért nem tudok mást mondani. Ebben a században jó sokáig minden arról fog szólni, arrafelé lesznek nagy felfedezések, meg van ágyazva nekik. És a biológia mindenhova benyomul, és jól teszi – a robotikától a nyelvészetig. De nem csak természettudomány a világ. Bölcészeti témaként az ázsiai nyelvek, az ázsiai kultúrák lehetnek fontosak, az egyik gyerekem is érrefelé tájékozódik. Nem kell ehhez sem látnoknak lenni persze – minden ötödik földlakó kínai, minden hatodik indiai, ketten együtt a világ harmada, és most fedezik fel magukat; a többi már fel van fedezve.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A csúcstechnológia nem az én világom, bár kétszer is dolgoztam olyan intézetben, ahol mások ilyesmiket csináltak (a KFKI-ban, ahol a folyosó túloldalán volt a buborékmemóriás részleg, ez akkor világegyetem csoport volt, a Newsweek is írt róla, és nemrég a JAIST-ban, Japánban, ők az anyagtechnológiában, nanotechnológiában jók, bár ezt valóban távolról láttam). Mindezt előrebocsátva, mondjuk tehát, hogy művelt laikusként feltűnőnek tartom, mennyire sokat számít a kockázatvállalás, ami egyébként a legelső kérdés lényegével is összefügg. Aki azt állítja, tudja, miből mi lesz majd, az hazudik. Az nem

kutatás, ha tudom, mi lesz belőle. Nem azt kell támogatni, ami „garantált” eredményt hoz, hanem amit megszállottan csinál valaki, aki hisz benne. Arra azért érdemes vigyázni, hogy a megszállottságon kívül más paraméterek is stimmeljenek; itt megjegyzem, hogy a vízhajtású benzinmotorral vagy az antigravitációval sem az a baj, hogy nem érteni, mi ez, hanem hogy igen. Visszatérve a garanciára: éppenhogy a kockázati tőke, és a kockáztató kutató teszi Amerikát (és részben Kelet-Ázsiát) sikeressé a fejlett technológiákban, a biotechnológiától a robotikáig. Mindenféle „vad” ötletre adnak pénzt, tudván, hogy ennek a 99%-át kidobják az ablakon. De egy százalék bejön, amire sehol másutt nem adtak, mert nem hagyták jóvá. Az egy százalékból tehát száz százalék lesz, hiszen csak nekik van. Biztos, hogy döbbenetes marhaságokat is csinálnak az arizonai sivatagban, de (viccesen fogalmazva) Burt Rutan lett a negyedik úrhatalom az USA, Oroszország és Kína mögött. Boltban kapható GPS navigátort celluxoztak a műszerfalra. Valakinek a saját tízmillió dollárja van a projektben. Ugyanolyan hülyeségnek látszott, ugyanúgy ellendrukkerek vették körül. És mégis. Magyarországon (de másutt is Európában) miért nincs erre senkinek egy-két milliárdja? Miért nem akarnak híresek és még gazdagabbak lenni? (Nem szeretném azzal a szomorú válasszal zárni, hogy előre tudni, úgyse kapna felszállási engedélyt... Hátha addigra kapna.)

Kampis György

ELTE TTK Tudománytörténeti és Tudományfilozófia Tanszék

1518 Budapest, Pf. 32., 1117 Pázmány P. sétány 1/c.

http://hps.elte.hu/index_hu.html

Kutor László

Mesterségesintelligencia-oktatás

Kutor László Magyarországon az elsők között szerzett számítástechnikai diplomát a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán, majd elvégezte az ELTE pszichológia szakát, ahol doktori fokozatot is szerzett. 1974-től a Kandó oktatója, a BMF megalakulása óta a Neumann János Informatikai Kar Alkalmazott Informatika Intézetének docense, az Intelligens Rendszerek és Mobil Informatika Szakcsoport vezetője. 1990 és 1993 között a Texasi Egyetemen dolgozott, 2001-ben megszervezte az érzékszervi fogyatékosok informatikaoktatását. 2002-ben elnyerte Az év informatika oktatója, 2003-ban a Mestertanár és a Neumann János-díjat.



Szerteágazó kutatásokat folytat a biológiai indíttatású informatika, a biometrikus személyazonosítás, a mobil rendszerek, valamint a fogyatékosokat segítő informatika témakörében.

Az első számítástechnikai évfolyamon végeztem. Ismereteim szerint az országban is akkor indult először számítástechnika szak, amikor kezdtem. Alapvetően *mainframe*-nek nevezett nagy számítógépekről tanultunk. Személyi számítógép természetesen még nem volt. 1971-ben találták fel a mikroprocesszort, de a ma mindennapos személyi számítógépekre még néhány évet várni kellett. Az IBM és DEC gépek és rendszerek ismerete volt a törzsanyag. És amik kapcsolódtak: mérés- és szabályozástechnika, programozás, számítógépperifériák. Élveztük, amit tanultunk. Az évfolyamtársaim zöme most is a szakmában dolgozik, életkori sajátosságként nagyon sokan vezető szerepben. Természetesen előttünk is voltak már „számítástechnikusok”, vagy ezzel a szakterülettel foglalkozók, de ilyen jellegű diplomát akkor adtak ki először.

Már a tanulmányaim alatt úgy gondoltam, hogy számítástechnikai szemlélettel szeretnék más területeket is megismerni. Az ELTE pszichológia szakán kötöttem ki, amely nézőpontom szerint a legfejlettebb biológiai-, és kiemelten az emberi információfeldolgozás tudományával ismertetett meg.

A választásomban a legfontosabb szempont az volt, hogy hol lehet a legtöbbet tanulni az idegrendszer működéséről.

Nagy örömmre szolgált, hogy a magyarországi pszichológusképzés a biológiai és fiziológiai alapokra építette fel az idegrendszeri és lelki működéseket. Számítógépes szóhasználattal a hardver részletes megismerése után került sor a szoftver tanulmányozására.

Már a nyolcvanas években tanította a mesterséges intelligenciát.

A nyolcvanas évek közepén, amikor befejeztem pszichológiai tárgyú tanulmányaimat, a főiskolán meghirdettem a mesterséges intelligencia tantárgyat. Kezdetben vendégelőadókat hívtam, azokat, akik egy-egy témában a legjobbak voltak Magyarországon. A tárgy gerincét mára saját előadások teszik ki, de a kiváló vendég előadók meghívásának gyakorlatát most is igyekszem folytatni.

A ma „intelligens rendszerek”-nek nevezett tantárgyban először az intelligencia fogalmát igyekszem körüljárni. Itt a sok megközelítés közül az MIT híres professzora, P. H. Winston szemléletét követem. Ő a mesterségesintelligencia-kutatás két céljában a gépek okosabbá tételét, valamint az intelligencia fogalmának jobb megértését jelölte meg. Ez a két cél most is nagyon fontos. Az informatikai fejlesztés egyik legfontosabb iránya, hogy minél több tudást és problémamegoldó képességet építsünk az informatikai eszközeinkbe. A másik cél, az intelligencia megismerése, szintén nagyon aktuális. A mára elkoptatott szó mögött rejlő célszerű, tehát tudásra épülő viselkedés mechanizmusainak megismerése mind pszichológiai, mind technikai szempontból rendkívül izgalmas és fontos. A sok, mesterséges (és talán nemcsak mesterséges) intelligenciával foglalkozó megközelítés közül Ray Kurzweil meghatározását tartom irányadónak: „A mesterséges intelligencia az érzékelést, a célszerű cselekvéssel összekötő információfeldolgozással foglalkozó tudomány.” Tehát az intelligens viselkedés érzékeléssel kezdődik, van benne tudásra épülő információfeldolgozás, és a végén van egy, az adott helyzetben elvárt célszerű akciót kivitelező beavatkozás, cselekvés. A főiskolán oktatott kurzus erre a gondolatra épül. Felöleli az érzékelés, a problémamegoldás, a tudáskezelés, a tanulás, valamint a cselekvés főbb ismereteit.

Hogyan kapcsolódnak a kognitív rendszerek a mesterséges intelligenciához?

Előrebocsátom, hogy nem vagyok kognitív szakértő. A háttérismeretemet az egyetemen annak idején ebben a témában tanultak adják, és ami még rám rakódott azóta. Mindenesetre a „kogníció = gondolkodás” az emberi információfeldolgozás nagyon fontos kutatási területe. Mérnöki szóhasználattal talán úgy lehet nevezni, hogy ez a felülről történő megközelítés. A gondolkodás tanulmányozásánál gyakran a legbonyolultabb emberi folyamatokból indulnak ki. A tanulás vagy az emlékezés például ilyen nagyon fontos kognitív folyamat. A kognitív folyamatok megismerése az elméleti szempontokon túl az MI-kutatás szempontjából is nagyon fontos. Visszaülva Winstonra: a központi cél, hogy okos gépet építsünk, azonban ezt több modell, vagy ahogy gyakran említik, paradigma alapján is megközelíthetjük. A ma legdivatosabb informatikai paradigma a „digitális”. Sikerét elsősorban rugalmas programozhatósága, rendkívüli megbízhatósága, gyorsasága és reprodukálhatósága alapozta meg. Legjobb ismereteim szerint a biológiai rendszerek elsősorban nem digitális elvek szerint működnek. Legalábbis ránézésre. Talán, ha lemegyünk a mélyre, akkor megfi-

gyelhetünk digitális elemeket, de összességében folytonos jelekkel működő, modell elvű, tehát analóg információfeldolgozásról van szó, és ha azokat az úgynevezett kognitív folyamatokat megértjük, amelyek például az élőlények működését meghatározzák, akkor ezeknek a metaforájára, modelljére rá lehet építeni egy technikai megoldást is, és ezzel „okosabbá” tehetők a gépek. Elsősorban ez az MI-kutatók, mérnökök vágya. Ugyanakkor a gépek felhasználói is sokkal többet tudnak majd elérni ezáltal. Már napjainkban is egyre fontosabbak, szinte nélkülözhetetlenek a sok tudást kezelő okos gépek, például az alakfelismerő rendszerek, a beszédfelismerő és beszélő számítógépek, internetképes mobiltelefonok, vagy akár a bizonyos szívbetegék életét segítő „okos” ritmus-szabályozók.

Visszakanyarodva a kognitív témához: leginkább a pszichológusok, a biológiával mélyebben foglalkozó kutatók közelítenek ebből az irányból. Minél inkább szeretnénk megérteni a működési mechanizmusokat, annál nagyobb szerepet kapnak a mérések, a mérések feldolgozásai, a matematikai modellek és a számítógépes szimulációk. A kognitív tudomány alapvetően interdiszciplináris terület.

Mit ért a soft computing kifejezésen?

Magyarra fordítva talán biológiai indíttatású vagy biológiai alapú informatikának lehetne nevezni. Az informatikát mondhatjuk az információfeldolgozás tudományának is. Eredetileg Lotfi Zadeh volt az élenjárója, ő kezdte el szorgalmazni az emberi fuzzy fogalmakra épülő információfeldolgozást, és a soft computing kifejezést. Azóta jócskán kibővült a fogalmi kör.

A soft *computing*nek nevezett irányzatnak jelenleg három fő területe van: a fuzzy logika, a neurális hálózatok és a genetikus algoritmusok. Az első terület, ahonnan az egész irányzat indult, a fuzzy rendszerekkel foglalkozik. A fuzzy szó ma-nyar megfelelője még nem alakult ki, én leginkább az „árnyalt” (tehát nem kétértékű) megnevezést tartom kifejezőnek. Zadeh javaslata alapján úgy oldjuk meg a problémákat, hogy olyan változókat használunk, amelyeneket az ember. Az ember tipikusan árnyalt, gyakran ködösen, homályosan meghatározható értékű változókat használ: erős, gyenge, kicsi, nagy, hideg, meleg, gyors, lassú, késő, korán... Autót is úgy vezetünk, hogy pontosan nem tudjuk, adott közlekedési helyzetben pontosan hány fokban kell megnyomni a féket, vagy eltekerni a kormányt. Csak annyit tudunk, hogy kicsit vagy erősen. Az árnyalt változók használata azzal jár együtt, hogy döntési mechanizmusainkban is egyidejűleg sok körülmény mérlegelésével alakítjuk ki a döntést. Ez a fuzzy logikára és vezérlési elvekre épülő információfeldolgozás mára bevonult az intelligens rendszerek eszköztárába. Az ázsiai országokban, ahol filozófiai gyökerei vannak az árnyalt gondolkodásnak, marketingszlogenné vált, hogy ami nem fuzzyval működik, az már nem is lehet jó. Fényképezőgépektől a járművezérlésen át a mosógépekig szinte mindenütt megtalálhatjuk a fuzzy, ezért intelligensnek is nevezett alkalmazásokat.

A soft computing másik fontos témaköre a mesterséges neurális hálózatok. Ebben a paradigmában az információkat nem digitálisan és nem Neumann elvű processzorra, memóriára, buszokra, algoritmosos problémamegoldásra alapozzuk, hanem az idegsejtek működését utánozó mesterséges neuronokra és azok összekapcsolt hálózatára. Ezek a hálózatok párhuzamos, hibátűrő, gyakran tanulásra képes, folytonos információkat is kezelni tudó viselkedést mutatnak. Mesterséges neurális hálózatokkal mára számos fontos feladatot meg lehet oldani, gyakran sikeresebben, mint a hagyományos „digitális” módon. Például alakot lehet felismertetni, osztályoztatni lehet vele. Számos olyan feladatot, melyet az idegrendszer jól, hatékonyan csinál. Példaként szoktam mondani: a hagyományos számítógép minden olyan feladatban jó, amiben mi rosszak vagyunk. Megbízhatóan és gyorsan tárol és továbbít adatot, viszont minden olyan feladatban, amiben mi emberek (és sokszor az állatok) jók vagyunk, például az alakfelismerésben, fogalmak, ködös dolgok felidézésében, összetett összefüggések felismerésében, önműködő tanulásban a hagyományos számítástechnika nem jeleskedik. Ezért érdemes megismerni az idegsejtek és az idegrendszer működését, hogy erre a tudásra alapozva hatékony mesterséges – neurális – rendszereket építhessünk.

A biológiai indíttatású informatika harmadik fontos szegmense a genetikus algoritmusokra épít.

Elsősorban J. Holland nevéhez szokták kötni azt a felismerést, hogy a biológia alapvető optimalizáló, – pontosabban vizsgálva – kereső eljárása a technikában is alkalmazható. A mesterséges genetikus algoritmusok alkalmazásának van három alapfeltétele.

Az első probléma, vagyis az optimalizálandó egyed, illetve tárgy egyértelmű reprezentálása egy ún. mesterséges kromoszómába. Második feltétel: e kromoszómák alapján egy megfelelő méretű populáció létrehozása. Ezen a populáción alkalmazhatóvá válnak a genetikus operátorok, mint például a kiválasztás, keresztezés, mutáció. Harmadik feltétel egy alkalmas „mérce”, illetve mérési módszer, amivel el lehet dönteni, hogy a kromoszómával reprezentált egyedek mennyire jók.

A genetikus algoritmusok alkalmazásával számos olyan bonyolult optimalizálási problémát sikerült megoldani, amely hagyományos algoritmusokkal nem volt kezelhető.

A biológiai alapú informatikai modellek egymáshoz is kapcsolódnak. A genetikus algoritmusokat például mesterséges neurális hálózatok paramétereinek optimalizálására is lehet használni. A fuzzy rendszerek neurális hálózatokkal való kapcsolata is egyre jobban ismert.

Összegzésül elmondható, hogy a biológiában felismert információfeldolgozó módszerek technikai alkalmazásai, hatékonyságuk miatt is, a mesterségesintelligencia-kutatás egyre fontosabb területévé válnak.

Mivel foglalkoznak az Alkalmazott Informatikai Intézetben?

Egy olyan sok évtizede működő intézetben, ahol körülbelül száz munkatárs

tevékenykedik, szerteágazó munka folyik. Az eredeti hátterünk mérnöki, tehát elsősorban villamosmérnöki rendszerektől, a számítástechnika területéről indulunk, bár sok más végzettségű, például matematikus kollégánk is van. Ahogy az informatika a számítástechnikából fokozatosan átalakult, kibővült, a korábbi zömében mérnöki problémák és modellek matematikai, gazdasági, biológiai és számos más területtel egészülnek ki. Folyamatosan tágul és alakul a horizont.

Intézetünk tisztán informatikai profillal elsőként alakult Magyarországon.

Mint ahogy alapvetően oktatási intézményről van szó, fő tevékenységünk az oktatás és az ehhez kapcsolódó kutatás.

A műszaki informatika szakon évente közel 300 hallgató kezdi meg tanulmányait. Ennek hozzávetőlegesen a fele szerez diplomát. Ez évben az első között kezdjük meg a BSc. szintű, majd a tervek szerint az MSc. képzést.

Az oktatás mellett a kar kutatási erősségei közé tartozik a fejlett számítógép-architektúrák, a robotika, a számítógéphálózatok, az intelligens rendszerek és mobil informatikai rendszerek kutatása.

A kutatómunkába gyakran bevonjuk a hallgatókat. Sok év óta a hallgatói projektek és az azokra épülő tudományos diákköri munkák a legsikeresebb, sok munkát jelentő, de egyben legtöbb örömet adó tevékenységeink közé tartozik.

Milyen kutatásokat végeznek az Intelligens Rendszerek és Mobil Informatika Szakcsoportban?

A csoportunk nevében szereplő mindkét témát rendkívül fontosnak tartjuk: a tudásra épülő intelligens rendszerek megismerését és korszerű oktatását, ahogy természetesen a mobil rendszereket is. A munkatársak kutatómunkája sok ponton találkozhat a hallgatók kutatásával. A két önmagában is összetett szakterületet a diákok szakirányként választhatják. A mobil rendszerek gerincét manapság a GSM alapú rendszerek alkotják. Zömében ehhez kapcsolódnak a kutatásaink is. A mobil informatika szakirányt választó diákoknak már a tanulmányaik első félévében önálló projekt témát kell választaniuk. Példaként kiragadva néhányat a témák közül: helyfüggő mobil szolgáltatás, SMS és WAP alkalmazások, GPS alapú alkalmazások, távvezérlés, távfelügyelet, fogyatékosokat segítő alkalmazások.

Az elmúlt években végzett munkák összefoglalói elolvashatók a csoportunk honlapján, a mobil.nik.bmf.hu oldalon a hallgatói projektek alatt.

Az intelligens rendszerek témakörben – amivel sok éve foglalkozunk – a biometrikus személyazonosítást tartom az egyik legfontosabbnak. Több ok miatt is közel áll hozzánk. Elsősorban azért, mert az informatikai rendszerekben a személyazonosítás rendkívül aktuális és fontos. Másodsorban több szakterületet is egyesíteni lehet vele, ráadásul különböző alkalmazásain sok diák dolgozhat csoportmunkában. A biometrikus személyazonosítás problémaköre kellően összetett, így tanulmányozásukkal szerteágazó tapasztalatokra lehet szert tenni. A különböző technikáknak azonos a logikai vázuk. Első lépésként a személyazonosítás alapját adó biológiai jellemzőket kell megbízhatóan meg mérnünk.

Ezek a többnyire kép formájú mintákon kép- vagy jelfeldolgozást kell folytatnunk. A nyers, sokszor analóg jelfolyamból ki kell gyűjteni a jellemzőket, melyekre rá lehet építeni egy olyan osztályozó alakfelismerő módszert, ami el tudja végezni az osztályba sorolást, a személy azonosítását.

A szerteágazó biometrikus személyazonosítás témakört rendkívül jól lehet diákokkal együtt kutatni. Ugyanis különböző biológiai jellemzőkre építve, más-más rendszereket lehet létrehozni. Megközelítőleg húsz szakdolgozat készült ebben a témában. Sajnos idő és anyagi források hiányában nem tudunk belőlük terméket létrehozni, de egy oktatási intézménynek ez nem is feladata.

Az intelligens rendszerek témakör másik területe, amivel szintén aktívan foglalkozunk, az érzékelőkkel felszerelt, részben autonóm, lábakon járó és repülő ún. mobil robotok. Ezek a munkák szintén nagyon motiválják a hallgatókat. Kiváló lehetőséget kínálnak a kreativitás kibontakoztatására és a mérnöki szemléletű problémamegoldás gyakorlására a tervezéstől a működő rendszer teszteléséig.

Miként látja az érzékszervi fogyatékosok informatikaoktatását?

Az a meggyőződés hajt, hogy ha valakinek valamelyik szerve, például a látása, hallása nem megfelelően működik, vagy ha mozgásában akadályozott, akkor a technikai, elsősorban informatikai eszközök nagyban hozzásegíthetik ezen akadályok leküzdésében. A siketen és vakon hosszú, sikeres életet élt amerikai írónőt, Helen Kellert és a súlyosan mozgáskorlátozott angol fizikust, Stephen Hawkingot szoktam példaként felhozni.

Mindketten technikai segédeszközökkel, írógéppel, illetve speciális számítógéppel hidalták át a kommunikációs nehézségeket.

Helen Keller szerint a siketek az emberi kommunikációban, a vakok a tárgyakal való viszonyukban akadályozottak. Az informatika mindkét területen sokat segíthet: újabb csatornát nyithat meg. Ezt felismerve kezdtünk el foglalkozni azokkal a gyakran intelligensnek is nevezett számítógépes megoldásokkal, amelyek közvetlenül segíthetik a fogyatékkal élő embereket. Manapság a vakok például beszélő számítógépeikkel és mobiltelefonjaikkal a látókkal szinte azonos hatékonysággal tudnak kommunikálni. A gépi beszédszintézis, beszédértés a klasszikus MI témakörébe tartozik. A beszédszintézis mára elérte azt a szintet, hogy abszolút jól használható. Napi sok órán keresztül lehet egy beszélő számítógéppel dolgozni. A számítógépezés ismeretében siketek és nagyothalók szintén könnyedén tudnak az interneten akár távolban lévő társaikkal vagy a hallókkal is írásban beszélgetni. Az intézetünkben megszervezett speciális kiscsoportos képzés keretében látás- és halláskorlátozott fiatalokat készítünk fel az informatika által kínáló lehetőségek kihasználására. Eddig közel ötven vak és több mint húsz siket hallgató szerezte meg a szükséges ismereteket és tett sikeres ECDL (európai számítógéphasználói) vizsgát.

A képzés sikere több tényezőn múlik. Az intézetünkben rendelkezésre áll

egy speciális felszereltségű, garantáltan működő, mindig hozzáférhető laboratórium.

Mind a látás-, mind a halláskorlátozott hallgatókat a problémák megoldásában gyakorlott vak, illetve a jelyelvet ismerő és alkalmazó halláskorlátozott tanár tanítja.

A képzés térítésmentes, a vizsgákat a Neumann János Számítógép-tudományi társaság ingyenes vizsgakártyákkal és vizsgafelügyelettel támogatja.

A hallgatóktól csak a komoly munkát várjuk el. Szerencsére ezzel van a legkevesebb problémánk. Gyakran elképesztő az az elszántság és kitartó akarat, amivel például többen távoli városokból – Debrecenből, Szombathelyről, a Miskolc melletti Kánóról – hetente többször felutaznak a tanfolyamra. Az egyik hallgatónk például még Szombathelynél is távolabb lakik. Hajnalban a szülők beviszik Szombathelyre, felteszik az intercityre. A vasútállomásról tömegközlekedéssel eljön a főiskolára, majd a tanfolyam után ugyanez hazafelé. Már több ECDL-modulból sikeresen levizsgázott. Szociális munkásként dolgozik, vakon segít más rászoruló embereket. Abszolút tökéletes kommunikációs készséggel rendelkezik. Mindent megold körülöttük. A munka elvégzéséhez viszont alapvető a számítógép. Mára teljes biztonsággal, szó szerint vakon kezeli a számítógépet, levelez, adatbázist kezel.

Hiszem, hogy nagyon fontosak – számomra a legfontosabbak – az ember munkáját segítő informatikai alkalmazások.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Nem gondolom, hogy titokról, inkább fontos tényezőkről lehet beszélni.

Az első a jó, érdekes, korszerű és perspektivikus téma. Fontosnak tartom, hogy világosan érthető legyen, hogy mi lesz jobb, ha sikerül megoldani a feladatot.

Másik tényező a motivált és kompetens csapat.

Fontos a reális munkaterv és a kitartó, szervezett munka.

A siker tényezője az eredmények megfelelő bemutatása a megbízónak, illetve a megoldásban érintetteknek.

Végül az őszinte konstruktív munkaléggör, a teljesítmény elismerése szintén sokat segít.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Mostanában az informatikai szakma vezetői hasonló kérdésekre gyakran azt a választ adják, hogy a biotechnológiában.

Magam a biológiai tanulságok felhasználásával kiegészített informatikát tartom továbbra is nagyon izgalmasnak.

Van néhány fontos terület, amely várhatóan nagy fejlődésen megy majd át,

hatásaiban pedig hasonló változást hozhat, mint a jelenleg megfigyelhető számításteljesítmény-növekedés.

Az egyik a szenzorok egyre intenzívebb használata, a másik az adaptív, öntanuló képességek fejlesztése. A biológiai példák mindkét területen szinte korlátlan lehetőségeket ígérnek.

Az élővilágban megfigyelhető elosztott, hibatűrő, asszociatív információátvitel szintén nagyon fontos új lehetőségeket nyithat.

Ha előlről kezdeném a tanulmányaimat, újra az okos gépek tervezéséhez szükséges informatikával foglalkoznék.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Különösen ezen a területen fontos a munkatársak és a kutatási támogatások kritikus tömege. A magányos kutatók előállhatnak ugyan jó ötletekkel, de a megvalósításhoz csapat és forrás kell.

Kis országban lehetetlen minden területen élvonalba kerülni vagy az élen maradni. Az ír és finn példák is bizonyítják, hogy az informatika területén sikerrel lehet élvonalban maradni, ha sikerül jól kiválasztani a koncentrálandó területet.

Ilyen stratégiai döntésre lenne nálunk is szükség.

Az egyre bonyolultabb informatika megértéséhez, az élvonalba kerüléshez vitathatatlanul szükség van a magas színvonalú felsőoktatásra.

Húzóerőt a tehetséggondozás és a teljesítménnyel összefüggő hallgatói és oktatói támogatási rendszer jelenthet.

Kutor László

BMF, Neumann János Informatikai Főiskolai Kar,
Mobil Informatika és Mesterséges Intelligencia Szakcsoport
1034 Budapest, Bécsi út 96/b.
<http://mobil.nik.bmf.hu>

Lőrincz András

Neurobiológia, intelligens rendszerek és alkalmazások

Lőrincz András 1975-ben szerzett fizikusi diplomát, majd az MTA Izotópkutató Intézetében a fotoakusztikát és a kvantumrendszerek szabályozását tanulmányozta. 1986-ban kísérleti és elméleti szilárdtest-fizikai és molekulafizikai témákban kandidált. Lézerfizikából habilitált 1998-ban a Szegedi Tudományegyetemen. 1997-1998-ban az Associative Computing Inc. nevű amerikai vállalkozás magyarországi leányvállalatának tudományos igazgatója. 1998 óta dolgozik az ELTE Informatika Karán. Hét szabadalmat, kétszáz nemzetközi publikációt jegyez. Több mint négy évet kutatott és tanított külföldön, például a Chicagói Egyetemen és az Illinoisi Műszaki Egyetemen.



A kilencvenes évek közepe óta foglalkozik mesterséges intelligenciával. Milyen kutatásokat végzett előtte?

Fizikusként végeztem 1975-ben. Az egyetemen különböző dolgokkal foglalkoztam: elméleti részecskefizikával, aztán kísérleti és elméleti szilárdtestfizikával, molekula-fizikával. Elkerültem egy ösztöndíjjal az Egyesült Államokba, ahol kísérleti rendszert építettem. Az volt a cél, hogy rendkívül alacsony hőmérsékletű szuperszonikus molekulanyalábokban fényel tanulmányozzunk molekulákat. Méghozzá úgy, hogy a fényt a molekulákhoz igazítjuk. Ebből – a nyolcvanas évek elején végzett kutatásból – néhány éven belül kerekedett ki az a téma, amit ma úgy hívnak, hogy kvantumrendszerek szabályozása, illetve szelektív lézerekémia. Kvantumrendszerek szabályozásával kezdtem foglalkozni. Elsősorban elméleti vonalon, miután itthon erre volt lehetőség. Világossá vált, hogy ha számítógépen kívánjuk kiszámolni a Schrödinger-egyenlet segítségével az optimális fényimpulzust, mondjuk egy háromatomos molekulára és mintegy egy pikoszekundumos időintervallumra, akkor ahhoz sok-sok órára van szükség. Utána pedig kérdéses, hogy az optimális fényimpulzust elő lehet-e állítani a laboratóriumban. Az a lehetőség állt ezzel szemben, hogy a molekula pontosan „számolja” a saját Schrödinger-egyenletét, amit én csak közelíték, illetve ez a „számítás” csak egy pikoszekundumig tart. Egyszerűbb volt a molekulára bízni a „számolást”, zárt hurokba tenni a folyamatot, ahol a tapasztalt eredmény birtokában alakítom, optimalizálom a fényimpulzus alakját. Tehát a kísérleti elrendezést érdemes volt beágyazni egy tanulórendszerbe.

Így kerültem a tanulórendszerek környékére a kilencvenes évek elején. Elég hamar kiderült, hogy ez külön tudomány. Párhuzamosan foglalkoztam a tanulórendszerekkel, optimális szabályozással, majd szépen csapdába is estem ezen az újabb területen.

1997 elején volt az Akadémián az ésszerűsítési, racionalizálási időszak. Akkor huszonkét éve dolgoztam az Akadémia Izotópkutató Intézetében. Az Intézet részben izotópokat gyártott, részben kutatott. A racionalizálás miatt nem foglalkozhattam volna tovább sem a kvantumrendszerek szabályozásával, sem a tanulási rendszerek témával, mert az intézet fő kutatási profilja a felületkutatás volt. Vissza kellett volna térnem az akkoriban már lecsengőben lévő fotoakusztikus témámhoz. Ez 1997 tavaszán történt, és nagyon nem tudtam, hogy mit csináljak. Augusztus táján, teljesen véletlenül, összefutottam régebbi izotópos kollégámmal, Király Józseffel, aki akkoriban szervezte meg az amerikai Associative Computing vállalkozás itthoni leányvállalatát.

1997-98-ban az Associative Computing magyarországi leányvállalatának a tudományos igazgatójaként dolgozott. Milyen jellegű fejlesztéseket végeztek?

Éppen akkoriban fúvódott fel az informatikai luftballon. Késő ősszel indult a magyar leányvállalat. A lehető legkorrektebb vállalat volt ebben a korszakban, nem épített légvárakat. Folyamatosan készített termékeket: elképzelései szerint intelligens számítógépes ágenseket fejlesztett, amelyek szöveggé tudják alakítani a beszélt nyelvet, és a felhasználóval interakcióra képesek. Tehát van bennük beszédfelismerő program, tudnak szövegből beszédet alkotni, képesek a kommunikációra, esetleg képfeldolgozással is foglalkoznak, arc- és arckifejezés-felismeréssel, valamint animációra is alkalmasak. Ezek hosszú távú célok voltak. Közben folyamatosan foglalkoztunk közvetlen célokkal, amelyekből pénzhez jutott a vállalkozás, és dinamikus növekedésbe kezdhetett. Sokat foglalkoztunk a beszédfelismerés és a beszédgenerálás technológiáival. Különböző nagyobb cégeknek – a Creative Technologiesnak és a Learnout and Hauspie-nak – voltunk társai. Egészen kicsi – hónapos – projektektől viszonylag nagy – éves – projektekig történtek fejlesztések. Volt olyan, amelyik átvette a Windows feletti vezérést – az intelligens ágens vezérelte a gépet, kommunikálni lehetett vele, illetve „szolgált” a felhasználót, aki betaníthatta különböző számítógépes feladatokra. Kevésbé komplex fejlesztések közé tartozott például a kínai karakterek felismerése. A hálózaton keresztül történő együttműködés korai variánsai is a fejlesztések körébe tartoztak.

Több nemzetközi projektet vezetett a hardver-szoftver kosztinézis, a képfeldolgozás, az ember-számítógép interakció témakörökben. Ismertetné a legjelentősebbeket?

Az ELTE-n a humán-számítógép együttműködés a központi témám. Számos oldala van: részben neurobiológia, részben kognitív tudományok, részben képfeldolgozás, részben beszédfelismerés, részben megerősítéses tanulás. Összetett a téma: a pszichológiától a matematikáig, a szoftvertől a hardverig terjed. Természetesen vannak alkalmazások is. A mesterségesintelligencia-kutatások nagyon régi problémája, hogy lényegében bármely algoritmushoz van adatbázis, amin az

algoritmus jól teljesít. A fordított probléma biztonságosabb: vannak nehéznek gondolt számítási feladatok, ún. benchmark-problémák. A feladat az, hogy ezekhez a benchmarkokhoz fejlesszünk egyre jobb algoritmusokat. A benchmarkok szinte kivétel nélkül alkalmazások.

Ha valamilyen partner a központi témánkhöz kapcsolódó alkalmazási témával jelent meg, akkor megpróbáltuk megtalálni a közös nevezőt, és közös projektbe kezdtünk. Mindig cél volt, hogy együttműködés alakuljon ki más magyar kutatócsoportokkal, illetve hogy finanszírozott témákon is dolgozzunk. Az utóbbihoz tartozott például a Honda Future Technology Research németországi részlege. A Hondának vannak robotjai, illetve fejleszt robotvezérlésű autókat. Mindkét feladatban központi szerepet játszik a képfeldolgozás. Valamilyen oknál fogva ők úgy gondolták, hogy érdemes megismerniük az emberi agyban alkalmazott képfeldolgozási algoritmusokat. Külön kutatócsoportot hoztak létre. Ez a csoport neurobiológiai motivációjú képfeldolgozási algoritmusokkal foglalkozott. Konferencián találkoztam a részleg vezetőjével. A találkozásból közös projekt alakult ki.

A másik – nagyon tanulságos – eset volt a Panasonic hardver-szoftver kozsintézis témája. A Panasonic teljesen más motivációból, azért, hogy tudományos potenciálját növelhesse, szeretett volna Magyarországon együttműködést kiépíteni. Kerülő utakon talált meg minket, illetve rajtunk keresztül Arató Péter kutatócsoportját a BME-n. Együtt olyan kutatási potenciált tudunk felmutatni, ami már érdekelte ezt az óriásvállalatot. A hardver-szoftver együttes optimalizáció érdekes volt a számukra. Akkor, 1999-ben, nem egészen értettem, mit is akar pontosan a Panasonic. Példaként olyasmit mondtak, hogy a kórházakban vagy nagy épületekben működő mosógépek és mikrohullámú sütők, melyek kicsi, fil-léres chippel rendelkeznek, amikor éppen sem nem mosnak, sem nem sütnék, akkor 220V-on (!) keresztül – ami nyilvánvalóan butaság – esetleg kommunikálnak, és együtt nagyobb intelligenciát hoznak létre. Ma már eléggé nyilvánvaló, hogy rádiófrekvenciális (RF) kommunikációs eszközökre és az RF segítségével elosztott intelligenciákra gondoltak. Akkoriban ez nem volt világos. A projekt szépen indult. Sajnos az informatikai luftballon kipukkadása, amely később az Associative Computingot is maga alá temetette, a Panasonicot is költségle-faragásra kényszerítette.

Egy harmadik, szintén véletlenül kialakult projektünket az amerikai légierő, a US Air Force (USAF) finanszírozza. Európai képviselőjük járja az országokat, kutatókat és témákat keres Ablak a Tudományra (WoS) projektjük keretében. Időnként egyet-egyét meg is finanszíroz, ha az valamilyen központi témához, például informatikai témáikhoz kapcsolódik. A WoS-on keresztül alakult ki a humán-számítógép együttműködéssel foglalkozó USAF finanszírozású projektünk. A számítógép feladata az internetes keresés, az interneten található információ gyűjtése és „tálalása” a felhasználó számára. Tálalás alatt értendő, hogy a gép használja az ismert asszociációkat és szinonimákat, és megpróbálja az

aktuális felhasználó asszociációit, és a saját maga által összegyűjtött anyagokban fellelhető kváziasszociációkat, egymásra képezni. Kívülről úgy tűnhet, mintha a gép magyarázna, angolról angolra fordítana. Pár éve folyik ez a projekt, amiben bemutatható eredményeket várunk két éven belül.

Voltaképpen két alapvető projekttypusunk van. Az egyik a közvetlen humán-számítógép kölcsönhatást, az együttműködést célozza. Itt a gép is, és a felhasználó is beszélhet, a gép kamerán keresztül figyeli a felhasználót, a felhasználó figyeli a gépi animációt. Nehéz megmondani, hogy mikor fogadjuk könnyen a gépi segítséget – ez már az Associative Computingnál is kiderült. Vannak triviális, de hasznos esetek, és mi ezekkel foglalkozunk. Mozgáskorlátozott vagy beszédértő, de nem beszélő gyermekek esetében például könnyű megmondani, mire van szükség. Itt használhatjuk összes eddigi projektünket.

Nagyobb együttműködések próbálunk kiépíteni. Egyik ilyen projektünkben számítógép segítségével országos felmérést szeretnénk végezni különböző kognitív problémák felfedésére az internet, a sulinetes rendszer és teleházak segítségével. Ha a gyermek a képernyő elé ül, és a számítógéppel dolgozik, akkor az esetleges diszlexia, diszgráfia vagy a figyelemproblémák a kamera és az interakció irányításával felfedhetőek. Sajnos ma a gyerekek mintegy tizenöt százaléka küszködik valamilyen problémával, amelynek korai felismerése jelentősen javíthatná a terápiás lehetőségeket. Pszichológusok, pedagógusok, informatikusok, tananyagfejlesztők fogtunk össze, és próbálunk projektet építeni ezen a területen. A projekt elemeiben már elindult. Állami vagy európai támogatással kell felgyorsítanunk.

A Műegyetemmel közösen volt egy, az IHM által támogatott projektünk is, amelyet alapvetően fontosnak gondolok. Vannak olyan problémák, amelyekben az internet sokat segíthetne, de a jog nem teszi lehetővé – gondoljunk például a gyógyszerekre. Személyiségi jogaimhoz tartozik, hogy egészségi adataim ne lehessenek nyilvánosak. A probléma összetett: nemcsak az adataimat nem tudhatják, hanem azt se, hogy ki rendelkezik azokkal. Következésképpen az engem vizsgáló, az adataimat birtokló orvos se kommunikálhat bármiről. Tulajdonképpen anonim módon, azaz névtelenül és beazonosíthatatlanul kellene kommunikálnia rólunk, rólam, miközben ő szintén nem szerepelhet a saját nevén. Biztosítani kell, hogy sem ő, sem a betegek ne legyenek felfedhetőek. Az anonim közösségekben azonban a minőség-ellenőrzés, az információkiszűrés komoly számítástechnikai kérdéseket vet fel, mivel mihelyest anonim módon kommunikálunk, abban a pillanatban bizonytalanná válik a felelősségre vonás. Pedig az adatokért bizonyos esetekben felelősséget kell vállalni. Gyakorlatilag készen van a szoftver, amelynek első alkalmazása nem orvosi alkalmazás lesz. A „betegek” az egyetemi kurzusok, az „orvosok” az egyetemi hallgatók, és ők nyilatkoznak majd a kurzusokról. Nyilvánvalóan nem kell a kurzusok személyiségi jogait védeni. Mégis hasonló a szituáció: a diák anonim módon írhatja meg véleményét

és javaslatait az egyes – például egyetemi vagy internetes – kurzusokról. Az is fontos, hogy többen egy időben, több egyetemről gyűjtjük majd az információt, mert bizonyos kurzusok az ELTE-n, mások a Műegyetemen, illetve egyre növekvő mennyiségben az interneten vannak meg jó minőségben. A közösségnek lesz egy szerkesztőbizottsága, amelynek tagjai esetenként internetes titkos szavazással és ún. küszöbkriptográfiai eszközökkel dönthetnek arról, hogy a hallgatók közleményei nem sértik-e a közösségi normákat, esetleg nincsenek-e összeütközésben a törvényekkel. A döntés eredménye lehet az is, hogy a közleményt közzétevő személyt kizárja a közösség. Szükség esetén adatai is nyilvánosságra kerülhetnek.

Többek között a megerősítéses tanulást és tervezést, a neurobiológiát, az intelligens rendszereket és alkalmazásokat jelöli meg kutatási területeként. Hogyan látja az elért eredményeket?

Attól függ, mihez viszonyítjuk. Elsősorban a kilencvenes éveket szokás az agy évtizedének nevezni, mert annyi neurobiológiai felfedezés történt. A számítástudomány területén hasonlóan nagy áttörés eddig még nem zajlott le. Az az érzésem, hogy tulajdonképpen minden elem megvan az agyban lejátszódó algoritmusokból, csak az nem világos, milyen módon kell az elemeket egymáshoz illeszteni. Sokan dolgoznak ebben a témában, és az is lehet, hogy hamarosan megfejtik a kérdést. Közben az elmúlt ötven évben folyamatosan jelentek meg jóslatok arról, hogy a számítógép hamarosan eléri az emberi intelligenciát. Ezek a jóslatok eddig messze nem teljesültek. De nem merem levonni azt a következtetést, hogy a következő ötven évben sem fognak teljesülni.

Ma nem világos, hogy mi hiányzik, hiányzik-e valami még egyáltalán? Számomra iránytűt ad, hogy neurobiológiai kényszereket figyelembe véve, illetve matematikai szempontból bizonyíthatóan konvergens algoritmusokkal foglalkozunk csak. Derüljön ki, mi is az alapvető probléma, amit az emberi agy meg tud oldani. Valószínűleg nem jutunk tovább addig, amíg az intelligencia, a különböző intelligencia szempontjából kirívó pozitív vagy negatív teljesítmények mibenlétét nem értjük. Így kapcsolódnak össze a témáink, ahol az alkalmazások között közvetlen benchmark-, az algoritmusok sikerességét tesztelő problémák találhatók.

A kért területek fejlődéséről a következőket gondolom: a megerősítéses tanulás nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, nem tud megbirkózni nagy problémákkal. Valami hiányzik. A mesterséges neuronháló leginkább az emberi intelligenciához nem sorolható feladatok megoldására képesek. A kettő közötti különbség, hogy a megerősítéses tanulás valamilyen értelemben intelligensnek nevezhető, képes „távlatokat” is figyelembe venni. A mesterséges neuronháló nem foglalkoznak az intelligencia számára releváns kérdésekkel, de képesek nagy feladatok leírására. Nem tudni, hogy a kettő között hogyan lehet hidat

építeni. Szkeptikusok számára az is kérdéses, hogy ezek a megfelelő algoritmusok, vagy esetleg mások?

A neurobiológia, a kognitív tudományok, a neuropszichológia azok a területek, amelyek valamilyen szinten információt adhatnak. Mi az, amit a hét hónapos gyerek már tud, és a megerősítéses tanulás még nem tud? Ilyen kérdésekre érdemes választ keresni.

1998 óta tanít és kutat az ELTE Informatikai Karán. A Neurális Információfeldolgozó Csoportot vezeti. Hogyan értékeli a csoport tevékenységét?

Talán másnak kellene erre válaszolni. Számokat tudok mondani. 1998 őszén nüláról, lényegében diák nélkül indult a csoport. Hat év telt el – ebben az időszakban két országos tudományos diákköri konferenciát rendeztek, ahol összesen hét Pro Scientia-díjat osztottak ki. A hallgatóim hétből hármat elhoztak, ami talán nem rossz. Sikerült összesen félmillió dollárnyi külső támogatást szerezni, és ebben egy kicsit már a jövő is benne van. A pénz zöme a hallgatók ösztöndíjára fordítódik. Az említett projekteket vagy sikerült időben teljesíteni, vagy ma is folynak. Ma egyetemi és PhD-hallgatókból áll a csoport. Az elmúlt hat év alatt azonban nagyon megváltozott a környezet. Akkoriban a negyed- és ötödévesekből kellett és lehetett válogatni. Ma már az első- és másodéveseknél el kell kezdeni az építkezést, meg kell tudni mutatni számukra, milyen is az a színvonal, amit közvetlen környezetük esetleg elfed. Egy ilyen kis ország nem elég gazdag ugyanis ahhoz, hogy csúcseyetemeket működtessen, ahol minden tanszéket Nobel-díjas professzor vezet. Az átlagos magyar egyetemeken hallgatók felső öt-tíz százaléka így nem szembesül bizonyos kihívásokkal, amelyekre pedig szükségük lenne. A diákoknak minél hamarabb látniuk kell, hova tudnak kifutni, mi a nemzetközi színvonal, mit lennének képesek megtanulni, mi számukra az optimális. Ez a fajta ismeretterjesztés szintén része a csoport tevékenységének. Már az egyetemi évek során elkezdjük a PhD-re való felkészítést.

Jelentős számú publikációnk van. Azt gondolom, szépen haladunk. Igazán akkor haladunk majd jól, ha az első PhD-hallgatóink már visszajöttek. Ketten már külföldön vannak: egyikük San Franciscóban, másikuk San Diegóban és egy, esetleg két év múlva jönnek haza. Most már évente fognak végezni a hallgatók.

Egész munkásságát a multi- és interdiszciplinaritás jellemzi. Mit gondol a biológia és az informatika vagy MI közötti egyre markánsabb összefonódásokról?

A kérdésnek két oldala van. Ismét visszatérnék az Associative Computinghoz, ahol azt próbáltuk kitalálni, milyen módon lesz alkalmas a számítógép az intelligens kommunikációra. A válasz ma sem világos, nem használunk minden percünkben számítógépet. Viszont szinte el sem tudunk szabadulni mobil eszközeinktől. Az egész MI várhatóan ezeken keresztül nyer teret. Ma még ezek az eszközök igazán nem láthatók, bár már van kamera a telefonunkban is. Körülbelül egy év múlva kerülnek nagy sorozatokban piacra az első fejlesztések,

amelyek régóta elérhetőek, csak eddig rendkívül drágák voltak. A vadászpilótáknak például volt a vizuális információt a retinára vetítő sisakjuk, láthatták mind a műszerfalat, mind a többi vadászgépet. Ilyen jellegű eszközök viszonylag olcsón és napszemüveg formájában kerülnek hamarosan piacra. Kommunikálni is tudnak majd a környezetükben lévő számítógépekkel. Ez már egy kicsit közelebb hozza az emberhez a gépet, alkalmazások széles köre áll fejlesztés alatt.

A másik terület a rendkívül kicsi, intelligens pornak, *smart dust*nak nevezett eszközök területe. A Smart Dust szintén rádiófrekvencián kommunikál. Ugyanúgy, mint a mobiltelefon. Rendkívül gazdaságos lehet a felhasználás tekintetében. Ezek az eszközök képesek számításokra, kommunikálni tudnak, mozoghatnak, esetleg kémiai koncentrációkat mérnek, vagy gyógyszereket adagolhatnak. Előbb vagy utóbb az emberi testbe is belekerülnek. A neurális protézisek különleges részeik ennek a kutatási területnek: retinaprotézisek készülnek, hallóprotézisek már vannak. Ma már a kutatók hatékony, a mozgás vezérlésére is alkalmas protézisekkel foglalkoznak. Egyre közelebb kerül egymáshoz a számítógép és az ember. Azt jósolják, hogy az ún. RF-MEMS piacba – RF, mint rádiófrekvencia, MEMS, mint mikrotechnológia és elektronika szilíciumból – 2015-ig csak Kaliforniában ezer milliárd dollárt investálnak majd. Ha ez igaz, akkor gyors felfutásnak lehetünk tanúi a közeljövőben. A tények: tavaly nyolcszáz millió dollárt tett bele a Bush-adminisztráció, idén már hárommilliárdot, mindent megtesznek a jóslat beteljesüléséért. Japán, az Egyesült Államok és Európa között folyik a verseny. Amerikai vezetéssel készülnek az emberi szervezettel kompatibilis, tehát beültethető bioeszközök. Beláthatatlan a fejlődés, és nagyon nehéz bármi közelebbit mondani róla.

A kérdés másik oldala: hogyan dolgozzuk fel mindezt? Azt látjuk, hogy egyre gyorsul a fejlődés. Miközben a mi korosztályunk még támaszkodhatott a szülők tapasztalataira, a mai már nem teheti. Több okból: már kicsi korában tapasztalja, hogy a szülő nem hatékony a videó, a számítógép gombjaival, tehát nem érdemes (!) tőle tanácsot kérni... Az iskolában pedig csak megerősítik erről egymást a gyermekek. Sőt, a tanárok is erősítik ezt a tapasztalatot, mert nyilvánvalóan nem érdekes, erőltetett dolgokkal foglalkoztatják őket. Az a benyomásom, hogy a gyerekek, talán már tízéves kortól kezdve (?), egymástól és a televízióból nyerik a képet az életről. Gyakorlatilag támasz nélküliek.

Az is fontos kérdés, hogy milyen szociális feszültségek ébrednek az egyre gyorsuló világban, illetve milyen módon lehetne a kérdéseknek elébe menni. Úgy látom, nagyon sok az olyan kutatási feladat, amelyek egy részét nélkülünk is megoldják majd. De vannak olyanok is, amiket biztosan nem oldanak meg nélkülünk. Kutatni kell ezeket a kérdéseket, vizsgálni kell, miként lehet a szükséges, fontos ismereteket a legszélesebb körben eljuttatni, hogyan lehet segíteni a felzárkóztatást. Egységben kell tekinteni a pedagógiát, a pszichológiát, a kognitív tudományokat, a technológiákat.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Egyik barátomat idézem. Mindig fel kell tenni a kérdést: mi a termék? Kiderül majd, hogy kinek készül, kivel versenyez, mi az ára, mi a haszna, közvetlen és közvetett értelemben egyaránt.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Remélhetőleg megfogalmazná valaki a számomra, hogy az elkövetkezendő időkben (harminc-ötven évben) folyamatosan tanulnom kell majd. Remélem, arra is felhívna a figyelmemet, hogy bizonyos dolgok tanulása nem halasztható későbbre, most még (talán) könnyű. Így elsősorban a matematikára, az informatikára és a fizikára koncentrálnék a neurobiológia és a kognitív tudományok mellett...

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Nemzetközi együttműködés és kooperáció, nemzetközi kapcsolatok és mérce, lokális benchmark és felhasználás, fiatalítás, tapasztalatáramlás csúcstechnológiai vállalatok és egyetemek között. Már régóta közhelyek.

Lőrincz András

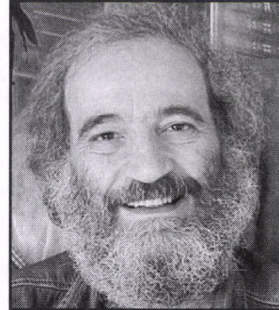
ELTE Informatikai Kar, Információs Rendszerek Tanszék, Neurális Információfeldolgozó Csoport
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://people.inf.elte.hu/lorincz>

Mérő László

Kereső algoritmusok, memetika, játékok

Mérő László 1974-ben végzett az ELTE matematika szakán. 1974-től 1984-ig a SZTAKI-ban dolgozott számítógépes látáson, illetve az MI egyéb területein. Legfontosabb ottani eredményének új elvű heurisztikus keresőalgoritmusok létrehozását tartja. 1984-től az ELTE Kísérleti Pszichológia Tanszékén kutat és oktat, 1987-től különböző cégek (Intellobot, Androsoft, Phone2Play) keretében komputeres játékokat fejleszt. Számos publikációja közül három – több idegen nyelvre lefordított – könyve, az *Észjárások*, a *Mindenki másképp egyforma* és *Az élő pénz* a legismertebbek.



Hogyan lett matematikusból MI-kutató?

Nagyon egyszerű volt anno. Az egyetem után rögtön a SZTAKI-ban kezdtem, Vámos Tibor hívott. Még nem tudtam annyira világosan, mint most, hogy igazából nem matematikus akarok lenni. A matematika olyan, hogy ha megy az embernek, akkor mindig ad egy pályát. De megvan az a hátránya, hogy az is matematikus lesz, akinek megy ugyan, ám igazából nem ez az életpályája. Főleg egy ilyen országban, mint Magyarország, ahol egyrészt nagy a hagyománya, másrészt – különösen akkoriban – sok mást nem lehetett csinálni.

1990-ben vagy '91-ben, amikor még éppen volt Szovjetunió, a *Playboy* riportere megkérdezte Kaszparovot, miért van annyi jó orosz sakkozó. A világbajnok mondott erre valami egészen megdöbbentőt: „Mit lehet itt, kérem, csinálni?” Tehát Amerikában, vagy Nyugat-Európában ha valaki jó matematikus – mert általában okos –, de mellel még mindenféle egyéb képességei is vannak, akkor létrehozza a saját cégét, vagy projektvezető lesz a NASA-nál. Sokkal nagyobb a pálya, több a lehetőség.

Ilyen értelemben, a hetvenes években nagy pályának számított, hogy az ember MI-kutatással foglalkozott. Meg kellett adni a módját, már csak a kollégák miatt is. Akkor még nem volt PhD, hanem kandidátusi fokozat. Mivel mérnökök között voltam, megvontam a vállam, és mondtam: jó, akkor műszaki tudományokból fogok kandidálni. Így kerültem a mesterséges intelligenciába, és aztán onnan is elég természetes módon a pszichológiához.

A pszichológia előtt a számítógépes látás, valamint a heurisztikus algoritmusok területén folytatott kutatásokat.

Azért volt adott a számítógépes látás, mert Vámos Tibor intelligens szem-kéz rendszert akart készíteni. A munkamegosztásban a szem rész jutott rám.

Valamennyire beletanultam a képfeldolgozó algoritmusokba, valamennyit magam is javítottam némelyiken.

Az ezekhez a kutatásokhoz nem kapcsolódó heurisztikus algoritmusoknak pedig olyan eredményük lett, hogy a szakma elitlapjában, az *Artificial Intelligence*-ben is írtak róluk. Ha jól tudom, Magyarországról azóta se jelent meg cikk náluk.

Milyen út vezetett az MI-től a kísérleti pszichológiáig?

Tíz év után úgy éreztem, sokkal lassabban halad a dolog, mint remélhető volt. Minden trend megtört, minden előrejelzés késett. És ami megvalósult – mint a világbajnok erejű sakkprogram is –, húsz évvel később készült el. Nem tudni, tényleg világbajnok erejű-e, de a körüli mindenesetre; egyszer legyőzte. Nincs fordítóprogram, vagy gyakorlatilag nem használható, talán csak szakfordításokra jó, ami van.

Maga az MI-kép is átalakult. Mást értünk rajta 2004-ben, mint 1974-ben.

Az alapcélokban tulajdonképpen nem, és ez a baj. Ágenskutatás volt akkor is, csak másként neveztük. Tíz-tizenöt évenként bűvópatakként felbukkan, legutóbb Wolfram dobta fel nagyon. De nem újdonság, mert mindenki tudta, hogy így is lehet. Máig sincs egy olyan elmélet, aminek alapján tudnánk, miért így érdemes. Van, ami működik, van, ami nem, próbáljuk ki... Nagyjából ezt látom benne. Egy tipikus műszaki tudomány, viszont még annyi elméleti alapja sincs, mint általában a műszaki tudományoknak. Ami elméletben szép az MI-ben, az meg a gyakorlatban nem nagyon működik: ilyen a logikai programozás. Azt mondom, hogy csinálni kell, meg kell próbálni, hátha van benne valami, de én már nagyon rég nem hiszek benne. A robotikai eredményekben sincs semmi különös. Nem fejlődött annyit a Shannon-egér, mint amennyit gyorsultak és kisebbedtek a számítógépek. Szemben az akkori tíz-húsz kilobájttal, most már sok-sok gigabájt és sok-sok másodpercenkénti milliárd művelet elfér a hasában, ehhez képest viszont nem tud annyival többet.

Mivel magyarázható, hogy a szoftverevolúció nem tartja a lépést a hardverevolúcióval?

Nem értjük, hogyan működik. Pont ezért vezetett az én utam a pszichológiához. Egy mérnököt vagy egy matematikust nem érdekel, hogy a természet miként valósítja meg azt, amit ő. Az autókat se inakkal, ízületekkel készítik, hanem olyan eszközt használnak, ami a természetben szinte nincs is: a kereket.

Tehát nem haladt a dolog, és egyre inkább azon kaptam magam, hogy kognitív tudományos, kognitív pszichológiai munkákat olvasok. 1984-ben alakult a tan-szék, és elfogadtam az alapító Illyés Sándor professzor meghívását. Egyrészt azért, mert volt egy tanult szakmám, a matematika, aminek valami haszna van: ki tudom számolni a korrelációt a macska és a farka között, ha kell – akkor még

nem voltak ennyire összkomfortos statisztikai programok. Gondoltam, néhány évig beletanulok, hogy a pszichológusok mit tudnak erről, és majd megnézem, mit lehet használni belőle az MI-hez. Nem tértem vissza... Továbbra is érdekesnek találom, izgat és tetszik, amit a pszichológusok kutatnak és találnak meg benne, de nem látom úgy, hogy egy az egyben használni lehetne. Nem értjük igazából, mitől működik ezen a szinten.

Az evolúciós algoritmusokban, a mesterséges-élet-projektekben se lát előre-lépést?

A Tierra és a folytatásai nagyon jók. Valami fontos történt ott, de valójában nem az MI, hanem a biológia számára. Egyszerűen azért, mert mit tud tenni egy evolúciókutató? Csak egy evolúció van, amit a Földön meg tudunk figyelni, és annak is csak egy pillanatnyi állapotát, meg esetleg néhány elszenesedett, megkövesedett maradványt. Ennyiből tudunk következtetni.

A Tierra zseniális és szerencsés volt, Thomas Ray is ráérezett erre. Most az evolúcióképeséssel (*evolvability*) foglalkozik, ami azért izgatja, mert annyira mázlis kézzel nyúlt a Tierrához, hogy beindult egy evolúció. Jó dolgok ezek, ám az alapkérdésekre nem tudnak válaszolni.

Mik az alapkérdések?

Hogy mitől működik. Mit jelent az, hogy valamit megérteni? Az MI-nek mindig az volt a problémája, hogy nem értjük, mi az, hogy megérteni valamit.

Mondok egy hasonlatot. Nagy csinnadrattával bejelentették: megfejtették az emberi genómot. Bizonyos értelemben igaz, bizonyos értelemben nem igaz. A DNS-szekvencia valóban le van írva, viszont fogalmunk sincs, minek hol vannak variációi. De ami még rosszabb, arról sincs, hogy az egész mit jelent. Hol van belénk kódolva, hogy két kezünk van? Nem tudjuk. Szóval itt van egy óriási nagy könyv, és nem értjük. Csak hasznos apróságokat.

A genetikára rímelő memetikával szintén foglalkozik.

Olvasgatók mindenfélét, és megragadta a fantáziámat. Egyrészt az a probléma vele, hogy nagyon fiatal. Talán hatékonyabb, mint az evolúciós pszichológia, viszont harminc év hátrányban van. Harminc év alatt evolúciós pszichológiából elkészült, mondjuk, ötezer doktori disszertáció, memetikából egyelőre csak néhány. Nem fejlődött ki, hátrányból indul, mint minden paradigmaváltás. Ráadásul túl populáris, mindenre ráhúzható. Nem vagyok biztos benne, hogy tehetséges hallgatónak egészen nyugodt lelkiismerettel ajánlhatom a memetikából doktorálást. De talán azért most már igen.

Egy ideje a gazdaságpszichológia felé fordultam; a pénz szerepe foglalkoztat. Úgy néz ki, a pénz nagy valószínűséggel szintén egy replikátor. Mint a gének, vagy a mémek. Erről írok most egy könyvet.

A memetikában igazából nem a memetika, hanem az univerzális darwinizmus

érdekel. Az a része, hogy ha egyszer valami replikátor, akkor arra – pusztán a darwini elvek miatt – magától beindul az evolúció. Semmilyen általam ismert természeti törvény nem írja elő, hogy csak a gén lehet replikátor. Tehát, abban a pillanatban, hogy más replikátorok szintén megjelennek, minden bizonyosan koevolúció történik.

Egyébként még egy szempontból tetszik a memetika. Mi az, amit Darwin mondott, mi az, amit értelmetlenül általánosítanak belőle? Végül is azt mondta, hogy ha a reprodukció, a variabilitás és egyfajta szűkösség jelen van a világban, akkor magától indul be az új fajok kialakulásának egyedüli mechanizmusa, a természetes szelekció. A biológiában valószínűleg így van, és valószínűleg mindenhol máshol is, ahol van replikátor. De ahol nincs replikátor, vagy van más is, ott nem biztos, hogy csak a természetes szelekció a mechanizmus. Nyugodtan létezhetnek más darwini mechanizmusok is.

A replikátor fogalma viszonylag jól eltalálja azoknak az evolúciós jelenségeknek a körét, melyekre a darwini érvényes. De semmi garancia nincs arra, hogy a darwini az evolúció egyetlen formája. Ráadásul – szerencsére – nem kell kilépnem ebből a körből, mert a mém és a pénz evolúciója egyaránt lehet teljesen darwini. Miért különbözne az egyik replikátor a másiktól? Csak mert előbb jött, vagy szüksége volt a másakra? Ha már replikátor, teljesen mindegy. Tehát ilyenkor tényleg elkezdődik egy koevolúciós, párhuzamos evolúciós folyamat.

Eddigi pályafutását szinte végigkísérik a játékok.

Érdekes tudományterület a játékelmélet, de amióta befejeztem a *Mindenki másképp egyformát*, radikálisan nem követem. Nagyon sok tudós egy életet eltölt egy témával. Én valahogy nem – időnként lezárom őket, és valami más jön. Például már húsz éve nem foglalkozom MI-vel. A játékokkal viszont nagyjából azóta foglalkozom, amióta az eszemet tudom. Tényleg végigkísértek. Még amikor évekig nem dolgoztam rajtuk, akkor is ott voltak a levegőben.

Játékokat fejleszt, amelyek valamilyen szinten mégis gépi partnereink vagy gépi ellenfeleink, azaz valamilyen szintű MI-t képviselnek.

Persze, benne van, de nem a csúcsteljesítmények, nem a csúcstechnológia. Olyasmik, amiket húsz-harminc éve is bele tudtunk volna tenni, ha megrázzuk magunkat. Az MI-ből nem tudok sokkal modernebbet beletenni. Például az is MI, ha egy ellenséget mozgatva, én jobbra lépek, ő meg balra. Nem a csúcsa, de az. Fejlesztői tapasztalatomból tudom azt is, hogy nagyon könnyű olyan lényeket programozni, melyeknek a játékos érzelmeket tulajdonít. De attól még nincs nekik. Ha játékot programoz az ember, akkor bevallottan illúziót teremt. Tehát senki nem kéri számon, hogy „ez most tényleg szeret?”.

Mégis van haszna, hogy megfürödtem a tudományterületben, mert nem lehet megetetni „a marha nagy MI-t rakunk bele, csak kell hozzá egy év” jellegű

szövegekkel. Megkérdem: mitől lesz olyan marha nagy? Többnyire kiderül, blöff. Jobb esetben pedig az, hogy ugyan már húsz éve kipróbálták, de akkor se működött. Az „öregembereknek” megvan az a hátrányuk, hogy harminc-negyven éve voltak fiatalok, és ha valami akkor ugyanaz volt, mint most, akkor ott valószínűleg nem történtek nagyon fontos dolgok, ott hiányzik valami. Ellenpéldaként: a molekuláris biológiáért egészen másképp lelkesednek a jelenlegi művelői, mint a negyven évvel ezelőttiek.

Visszatérve a játékokra: ha valami jól meg van csinálva, a világ akkor is érdekesebb lesz tőle, ha amúgy nem fontos, hogy legyen.

Azért a sakkprogramok terén történt előrelépés. Hogyan látja a sakk és az MI viszonyát?

Gyakorlatilag sehogy. A mostani világverő programokban ugyanazok az algoritmusok, esetleg kicsit javított formában, mint amikkel harminc-negyven éve próbálkoztunk, csak éppen ezerszer vagy százezerszer gyorsabbak. Nincs elvi újítás.

Cégében, a Phone2Play-ben mobiltelefonokra dolgoznak ki játékokat. Miként vélekedik erről a szakterületről?

Nem tudom. Mondhatnék néhány jóslatot, de nem teszem.

Ha már itt van előttünk a mobiltelefon, és van egy színes képernyője, akkor valószínűleg sokan játszanak majd vele. Az is valószínű, hogy nem *Quake*-et, tehát nem civilizálnak, nem stratégiai, hanem helyes, ügyes kis játékokat játszanak. Olyasmit, amit öt-tíz percig lehet, és nem része a vizuális élmény. Nem kell megborzadnunk a szembejövő élethű szörnyektől.

Ilyeneket fejlesztünk.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Én igazából abban hiszek, hogy a siker titka a siker. Olyan vezető, aki sikerre van predesztinálva, és olyan emberek, akiket ő személyesen sikerre tud vinni. A többi mázli dolga. Ezt persze a nagy sikerre értem, ami ritka. A kis siker titka a jó önadminisztráció.

Ha visszamehetnének az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Ami megtalálna. De ez az interjúból is kiderült: szinte sohasem én találtam meg a témáimat, hanem azok engem. Nem témakörben vagy területben látnék perspektívát, hanem személyekben, akik be tudnak lelkesíteni. Már régen nem vagyok egyetemista, de még ma is így vagyok vele. Persze sose voltam könnyű ember, buta sem nagyon, úgyhogy aki be tud lelkesíteni, az biztosan tud valamit.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A csúcstechnológiát a csúcson kutatják. Innen legfeljebb beszállítók lehetünk, és esetleg néhány kiváló kutatót exportálhatunk. De ez nem is olyan rossz perspektíva, aki hazajön, az legalább hosszabb ideig mindent első kézből tud, és a kapcsolatai is megmaradnak.

Mérő László

ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar, Szociálpszichológiai Tanszék

1064 Budapest Izabella u. 46.

<http://www.ppk.elte.hu>

Phone2Play

<http://www.phone2play.com>

Molnár Bálint

Ismeretalapú rendszerek

Molnár Bálint az ELTE TTK matematika szakán végzett, a PhD-fokozatot a BME-n szerezte műszaki informatikából. Jelenleg a Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem információrendszerek tanszékén docens. A Bolyai János Matematikai Társulat, a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, valamint az ISACA magyar tagozatának tagja. A Kalmár László-díjas kutató főként az ismeret alapú, tudás alapú rendszerekre vonatkozó munkáiról ismert, például a CommonKADS módszertannal kapcsolatos fejlesztéseiről.



Milyen kutatásokban vett részt a BKÁE előtt?

A KFKI Mérés és Számítástechnikai Kutatóintézetben kezdtem el dolgozni 1981-től. Ott kerültem kapcsolatba a mesterséges intelligenciának nevezett témakörrel. Akkoriban a KFKI-ban a DEC-kompatibilis gépekkel foglalkoztak. Amerikában a DEC, a Digital Equipment Corporation volt az az egyik számítógépgyártó vállalat, amelynek gépeit és bizonyos alapszoftvereit az amerikai egyetemeken MI-kutatásokra is használták. Magyarországon a KFKI követte ezt a vonalat, azaz a DEC-kompatibilis hardvergyártást és a szoftverek alkalmazását, ennek következtében a KFKI Számítástechnikai Kutató Intézetébe is beszűrődött az MI, mint kutatási téma. Ez jelentette a fő motivációt. Különböző projektek merültek fel – röviden még Prószéky Gáborékkal is együttműködtünk egy magyar nyelvű valamilyen fordítóprogram távlati célkitűzéseinek az előkészítésében. Sok téma felmerült, és végül egy román akadémiai intézettel, szintén számítástechnikai kutatóintézettel alakult ki együttműködés, és éveken keresztül fejlesztgettünk egy keretprogramot, amely ismeret bázisú (tudás bázisú) rendszerek készítését segítette. LISP alapokon tette lehetővé, hogy szakértő, tudás alapú, ismeret alapú rendszerek fejlesztését segítse. Éveken keresztül folyt ez az együttműködés, körülbelül 1989-ig tartott, közösen publikáltunk, kölcsönösen látogattuk egymást, és felhasználtuk a kutatási eredményeket. A publikációkat az MI-ben jelentős konferenciákon fogadták el, az *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, valamint éveken keresztül sikeres avignoni *International Workshop on Expert Systems and Their Applications*. A fejlesztéseink ezzel az ismeret bázisú rendszerek kifejlesztését támogató keretprogrammal kapcsolatosak voltak. Kerestük az alkalmazásokat, alkalmazási lehetőségeket az ismeret alapú rendszerekre. OMFb-támogatással különböző projekteket hajtottunk végre, MI kutatási-fejlesztési

feladatokra, a fejlesztő eszközök használata ismeretének megszerzése végett. A KFKI beszerzett abban az időszakban egy nagyon komolynak számító fejlesztő eszközt – OMFB támogatással – a *Knowledge Craftot*. Többek között erre alapozva doktori programokat indítottunk, amelyek azt célozták meg, hogy a szoftverfejlesztést szakértő rendszer alapú eszközökkel támogassuk. A Kísérleti rendszerek osztálya, dr. Kiss József vezetésével foglalkozott MI-kutatásokkal, de az osztály fő profilja az adatbázis központú információrendszerek fejlesztése és hozzájuk kapcsolódó módszertanok kutatása, fejlesztése és alkalmazása. Az volt az elképzelés, hogy az akkoriban – a nyolcvanas évek közepén, végén – divatos eszközöket, információrendszer tervező eszközöket (CASE, Computer Aided System Engineering) továbbfejlesztjük, legalábbis olyan formában, hogy megfelelő kapcsoló felület kialakítása révén az ismeret alapú eszközökben végzett elemzést visszacsatoljuk a fejlesztő eszközbe. Az ismeret alapú rendszer a módszertani szabályokat, illetve a rendszerszervezők, elemzők és tervezők megragadható szaktudásának egy részét tárolta volna. Az intézetben és a Kísérleti rendszerek osztályán erre vonatkozólag folytak kutatások, doktoranduszok készítettek ebből a témából disszertációkat. Szakmai irányítóként én is részt vettem ezekben, felügyeltem a munkájukat.

Lényegében ennyi volt az 1992-ig tartó KFKI-s MI-pályafutásom. Az MI-ben jellegzetes módon több prototípusrendszer készült, amelyekben én is közreműködtem, főként a tervezési, módszertani részekben, nevezetesen egy LISP alapú keretrendszer ismeret alapú rendszerek fejlesztésére, egy információrendszer fejlesztést támogató ismeret alapú rendszer prototípusa.

A KFKI átalakulása következtében a főosztályunk alapítványá, az MTA Információtechnológiai Alapítványává változott át, és itt folytattam utána a munkát. Elsődlegesen az államigazgatásnak nyújtunk informatikai szaktanácsadást, ez a főprofilunk: a stratégiai tervezéstől kezdve széles spektrumot átfogóan, nevezetesen: projektirányítás, információrendszer-tervezés és elemzés, informatikai rendszerek beszerzése módszertani alapokon, informatikai biztonsági kérdések stb. Viszont az alapítvány alapító-okiratában szerepel a kutatás és fejlesztés is, mint kiemelt alapítványi tevékenység. A kilencvenes évek elején nyílt meg a lehetőség, hogy az európai uniós projektekhez csatlakozzunk. Pályáztunk, és a múltunkra támaszkodva próbáltunk különböző pályázatokban részt venni. Végül is 1992-93-ban nyújtottuk be, és 1994-ben nyertük el egy konzorciummal azt a pályázatot és projektet, amelynek betűszava a PEKADS volt, és amelyben egy angol és egy román partner, az amszterdami egyetem, és mi mint alapítvány vettünk részt. Ez a fejlesztés, kutatás az Amszterdami Egyetemen a korábbi évtizedben kialakított szakértő rendszer, ismeret alapú rendszer tervezésére alkalmas módszertannal volt kapcsolatos, illetve erre a módszertanra dolgoztak ki egy tervezőeszközt. Az volt a célja a közös projektünknek, hogy ezt az eszközt kipróbáljuk, továbbfejlesszük, és olyan állapotba juttassuk, hogy kereskedelmi forgalomba lehessen hozni. Tehát a prototípus utáni továbbfej-

lesztés és az ezzel kapcsolatos kutatások. A román partner pedig egy matematikai elmélettel alátámasztott automatikus generálási részt készített volna el. A projekt 1994-től '96-ig tartott. Néhány publikáció és jelentés jelent meg róla. Ennek következtében az alapítványon, illetve az én személyemen keresztül a CommonKADS-nak nevezett módszertan bekerült Magyarországra. Az én kutatási feladatom kettős volt. Egyrészt használtam a CommonKADS módszer-tan tervezőeszközét és az eszközből adódó problémákat visszacsatoltam az alapeszköz, a tervezőrendszer tökéletesítésével foglalkozó fejlesztőknek. Másrészt egy önálló ismeretbázis-rendszer kifejlesztését végeztem el a CommonKADS módszertan alapján. Ennek a kutatás-fejlesztésnek az eredménye volt egy ismeret bázisú rendszer, amely durva teljesítménybecslést és tervezői támogatást tudott adni egy SSADM (Structured Systems Analysis and Development Method) módszertanban leírt információrendszerre, rá tudott mutatni a műszaki, technikai, architekturális alternatívák kialakításakor a vélelmezhető szűk keresztmetszetekre. Az ehhez szükséges szakismeretek forrása – a saját tapasztalatok mellett – a szakirodalomban leírt tervezői ökölszabályok, közelítő módszerek, számítási algoritmusok összegyűjtése volt. Ezeket az ismereteket a CommonKADS módszertani szabályait betartva fogalmaztam át logikai szabályokká, illetve alakítottam ki a szakterület fogalmi modelljét. Az összetett igénynek megfelelően az ismeret alapú rendszert egy objektum orientált rendszerben készítettem el. Erről is megjelent néhány publikáció, és ebből a témából írtam meg PhD-dolgozatomat is.

Közben, összhangban az alapítvány célkitűzéseivel, egyre stabilabb kapcsolat alakult ki a Közgazdaságtudományi Egyetemmel, az információrendszerek tanszékkel, és tulajdonképpen ezen a területen – a mesterséges intelligencia, szakértő rendszerek fejlesztésében – is megjelent a CommonKADS a tanszék profiljában, és bevezettük az oktatásba a tudásmenedzsment részeként. Megpróbáltuk magyar pályázatokban is felhasználni ezt a tudást. Kicsit később sikerült egy OMFB IKTA pályázatot elnyerni. *Advisor*-nak hívtuk a kutatás-fejlesztési projektet, aminek célja az volt, hogy a humán erőforrás-menedzsment adjon szakértő rendszerként ismeret alapú támogatást, a béren kívüli juttatások optimális csomagjának kiválasztásához. Az egész projekt a CommonKADS-ra épült. Végigvittük az annak megfelelő ismeret alapú rendszer fejlesztését. A tudásmenedzsmenttel összeszedett tudást próbáltuk ismeret alapú rendszerre átalakítani. A projekt fejlesztési szempontból teljes sikerrel zárult, a nehézségeket, a szakértő megtalálása és a szakértő adott területre vonatkozó tudásának kinyerése és formalizálása okozta.

Ismertetné a CommonKADS módszertant?

A KADS módszertant 1983-84-ben kezdték el az Amszterdami Egyetemen. Az 1970-es évek vége felé jelent meg egyre erősebben a szoftverfejlesztésben a szoftverkrízis problematikája. Ez abban állt, hogy a hetvenes évek végén a

szoftvermérnök-statisztikusok kezdték kimutatni, hogy olyan sok hiba van az elkészült szoftverekben, hogy – leegyszerűsítve és durvítva – 2000 körül a Föld népességének kilencven százaléka programozóként fog dolgozni, és ez a programozótömeg az elkészült szoftverek kilencven százalékának a javításával foglalkozik majd. Direkt túloztam, de hasonló exponenciális rémképet vetítettek előre. Az erre adott egyik válasz a szoftverfejlesztési módszertan kialakítása volt. Éppen a nyolcvanas évek elején értek el bizonyos sikereket ezek a módszerek. A mérnöki szabatoságú tervezés elemeit vitték be fokozatosan a szoftverfejlesztésbe. Kodifikálták, közérthetővé is tették, és szabályozták ezeket. Végül már nemzeti és nemzetközi szabványokban is megjelentek az informatikai rendszerek fejlesztésének szabályai, módszerei, módszertanai, a minőség kezelésének kérdései. Ha lehet, az ismeretbázisú rendszerek, szakértő rendszerek területén még élesebb volt a helyzet. A hetvenes évek végén, nyolcvanas évek elején az volt a divat, hogy Amerikában PhD-hallgatók készítettek MI-rendszereket, megírták a dolgozatukat, elkészítették a dolgozat alátámasztásaként a prototípus rendszert, majd senki nem tudta használni őket tovább, illetve, ha továbbhasználták, rettenetesen sok hibajelenséget mutattak. Ezek egyemberes produkciók voltak általában. Valamilyen tézist igyekeztek bizonyítani, de utána nagyon kevés rendszer működött, kevésre hivatkoznak a szakirodalomban. A probléma egyik része volt azonban csak az, hogy a konkrét informatikai megvalósítás sok hibával működött és nem volt továbbfejleszhető. Sokkal nagyobb probléma az volt, hogy az ilyen rendszerek kifejlesztéséhez felhalmozott tudás és ismeretek sem voltak újra alkalmazhatók, vagy gyorsan elsajátíthatók és feldolgozhatók egy másik informatikai rendszerben történő megvalósítás érdekében.

A Digital Equipment Corporation készítettett egy számítógépkonfiguráció-készítő rendszert, és eleinte az esetek nyolcvan, később kilencven százalékában össze tudott értelmesen rakni egy kereskedelmi konfigurációt, amit azelőtt speciális szaktudású mérnökök csináltak. Ám ez a rendszer sem tudott végül komoly és bonyolult problémákat emberi segítség nélkül megoldani, az esetek kis százalékában a feladatot mérnökök oldották meg, de végül is a viszonylagosan rutin feladatokban nagy segítséget jelentett. Az orvostudomány területén vannak még sikeres rendszerek, amelyek jelentős publicitást kaptak, nem csak a szűken vett szakirodalomban. De éppen e rendszerek fejlesztésének a tanulmányozása mutatott rá arra, hogy be kellene vezetni valamilyen szabályozott eljárást, módszertant a rendszerek kifejlesztésére. Erre vállalkoztak az Amszterdami Egyetemen, és az Európai Uniótól lehetőséget is kaptak rá. A módszer kifejezett célja a szakértő és ismeretbázis alapú rendszerek készítése. A nyolcvanas évek közepén született a KADS I, majd a KADS II, később a CommonKADS következett, amihez kidolgoztak egy fejlesztő-eszközt is.

Az EU projektek sorozata:

Project 12	1983-1984
Project 304	1984-1985
Project 1098	1985-1989
Project 5248	1990-1994
Project CP-7599	1994-1996 PEKADS

A módszertanban megjelenő modellek egy-egy rendszerfejlesztési dokumentumnak felelnek meg, amelyek valamilyen félig formális vagy formális leírónyelvben, ábrázolástechnikában jelenítik meg a modell tartalmát, mérnöki szabotosságú igényvel, vagyis segítségükkel a rendszer egyes oldalait, aspektusait egységes formában lehet leírni.

A szoftver- és az egyéb rendszerfejlesztéseknél az a lényeg, hogy különböző szempontokból írjuk le a rendszert, és a modelleket megpróbáljuk összehangolni – különben eltérések lesznek közöttük. Ez az egyeztetés jótékony hatású, ha a rendszerfejlesztés során idejekorán kiaknázuk a rendszer minőségének javítása végett. A rendszer addig nem jó, amíg nem illeszkednek össze simán a különböző modellek, nézetek, aspektusok. A CommonKADS fejlesztőeszköz ezt is támogatja. A projekt a kilencvenes évek közepén fejeződött be.

Utána olyan projektek indultak, melyekben európai uniós kiterjedésben próbálták használni a módszertant. Amikor a PEKADS projekt keretében foglalkoztunk a CommonKADS-szal, kapcsolatot tartottunk egy KACTUS nevű fejlesztéssel. Ennek a projektnek az volt a célja, hogy használja a CommonKADS fejlesztőeszközeit, illetve modelljeit, és készítsen egy, a hajók mérnöki tervét leellenőrző ismeret alapú rendszert. A rendszernek azt vizsgálnia kellett, hogy elkezdődhet-e a gyártás, vagy sem. Nagyon szabályozott ipari folyamatról van szó, rengeteg nemzetközi szabvány van a műszaki elemek pontos leírására. Ezeket a szabványokat képezték le egy közös ábrázolási formára. A különböző részletezettségű műszaki tervek és modellek átalakításánál annak a szabványnak az informatikai interpretálását is megvalósították, amely a gépészeti berendezések leírására ad formális (matematika jellegű) leíró nyelvet. Különböző fordítók, compilerek működtek, amelyek lépésenként alakították át a műszaki terveket – végül a mérnöki terveket odáig vitték, hogy egy CommonKADS-ban készített ismeret alapú rendszer értelmezte, ellenőrizte a műszaki terv elemeit, például az olyan csatlakozásokat, ahol ponthegesztést kellene végezni, de a mérnök mégis másfajta tervezett, illetve fordította. Ez is egy prototípusig eljutó projekt lett. Nem tudom, mi lett belőle ipari szinten. Ilyen jellegű kutatásokkal és fejlesztésekkel igyekeztek alátámasztani azt, hogy a módszertan életképes. Kutatások, felmérések bizonyítják, hogy francia atomerőművekben szakértő rendszerek tervezésére alkalmazták a CommonKADS módszertant. Más területeken is – például gyógyászat, orvosi szakértő rendszerek – vannak CommonKADS módszertannal készített alkalmazások.

A módszertan végül már nagyon bonyolult lett, mert a szoftverfejlesztésből, a projektmenedzsmentből, a minőségbiztosításból nagyon sok elemet magába illesztett. De sikeresnek bizonyult az alapgondolata, hogy alapos szervezet- és tudáselemzés – korszerű változataiban tudásmenedzsment – alapján olyan modelleket alakított ki, melyekből tulajdonképpen logikai állítások hozhatók létre egy egységes szakterületi fogalmi modellre mint bázisra vonatkoztatva. Először a szervezetet képezi le klasszikus szervezési módszerekkel feladatokra, majd a feladatokat bontja olyan elemekre, melyekben az ismereteink testesülnek meg. A feladatokban megjelenő cselekvés az, ami leírható, megragadható, kodifikálható ismereteinknek tekinthető, amelyeket valamiféle fogalmi hierarchiába tudunk rendezni a módszertan segítségével, illetve következtetési, logikai állításokká tudunk átalakítani. A rendszer két oldalát ábrázolják ezek a modellek, és ezeknek az ábrázolásoknak össze kell illeszkedniük. Szerepelniük kell egy logikai állításban, amelyre hivatkozom a fogalmi modellekben, és fordítva. A fogalmi modell kapcsolatait, kényszerfeltételeit, összefüggéseit pedig logikai állításokkal kell leírnom. Ez a két legfontosabb alkotóeleme a CommonKADS módszertannak, nevezetesen a fogalmi modell és a következtetések modellje, és ebből lehet egy szakértő rendszer ismeretbázisát is létrehozni. Nagy jelentősége van még a feladat modellnek, amely valójában a vezérlési struktúrát adja meg: azt a lépéssorozatot határozza meg, amely szerint a szakértő működik, vagy a szervezet előírja, szabályozza a feladat végrehajtását.

Az MI-kutatások e korszakában ami számunkra is világhosszá vált, amikor befejeztük a PEKADS projektet: egy szakértő rendszer nem önmagában működik, hanem igaz ugyan, hogy az informatika önálló ágának tekinthető, de alkalmazási szempontból teljesen integrálódik más alkalmazási rendszerekbe, más számítógépes környezetbe. A CommonKADS elég komoly hangsúlyt helyezett arra, hogy a modellek figyelnek, és leírják, hogy kikkel kommunikálnak – emberrel, számítógéppel, más informatikai rendszerrel –, illetve hogy kik a felhasználók, milyen ágensek vannak, hogyan lép kapcsolatba ezekkel az ismeret alapú rendszer – az „ágens” jelenthet itt embert, számítógépet, más rendszert. Kidolgozták ezeket a modelleket is a CommonKADS részeként, és ennek következtében viszonylag nagyszámú modell alakult ki így. De ha valaki következetesen végigviszi a módszertant a rendszerelemzés és tervezés fázisaiban, akkor az elemek összeilleszkedése nagyobb valószínűséggel valósul meg a programozási, megvalósítási fázisban, mintha ezeket nem csinálná meg.

Van hozzá egy projektmenedzsment részmodszertan is, ahol Böhm spirálmodelljére alapozva elkészítették, testre szabták a projektirányítás modelljét – a rendszerfejlesztés életciklusmodelljét, és persze létezik minőségbiztosítási részmodszertan, dokumentációs szabvány és egyéb is, amiket lényegében más módszertanoktól vettek át. Kevés új van ezen a területen a CommonKADS-ban, viszont azok nagyon sok dokumentálást igényelnek.

Mi az Ön pontos szerepe ezekben a kutatásokban?

A 94-96-os PEKADS projektünkben a CommonKADS fejlesztőeszközt használva hoztam létre egy ismeret bázisú rendszert. Ez egy *pilot* projekt volt, valójában egy éles, kutatási feladat, amelynek célja egy ismeret bázisú rendszer kifejlesztése volt a CommonKADS módszertant követve. Az ismeretbázisú rendszer célja az információs rendszerek teljesítménybecslése volt. Ez egy elég bonyolult kérdés volt, mert egy információrendszeren belül különböző architekturális rétegek léteznek, egymás között komplex kapcsolatokkal. Durva szakértői becslések, illetve szabályok vannak, és ebben a módszertanban próbáltam leírni egy olyan rendszert, amelyik a számítógéptől elindulva megbecsülteti az SSADM-ben megtervezett információrendszer várható válaszidőit, áteresztő képességét. Ezt igyekeztem végigvinni a projektben.

Hol tartanak ma az ismeret alapú, tudás alapú rendszerekre vonatkozó fejlesztések?

Eljutottunk odáig, hogy egy ismeret bázisú rendszer viszonylag „könnyen” előállítható. Vannak módszertanok, nem csak a CommonKADS, hanem például a szintén EU-támogatással kifejlesztett VITAL módszertan és annak támogatóeszközei. Egy ismeret alapú rendszer, amely a szervezet egy vagy több szakértőjének tudását tartalmazza, bizonyos mértékig segíti az egyéb munkatársakat. Az ilyen rendszerek felhasználhatók arra, hogy a szakértők ismereteinek egy részét – főként a cég tudásvagyona szempontjából – átmentsük, illetve hogy segítse vagy betanítsa a kezdő vagy kevésbé jártas munkatársakat egyes speciális szakértelmet igénylő területeken. Az ismeretek gyakorlatban megvalósítható begyűjtése viszonylag korlátozott. Az ismeret bázisú rendszerek viszonylag jól, nagyon leszűkített szakterületen működnek. A nem túl nagy méretű rendszerek akkor használhatók, ha nem építünk beléjük túl bonyolult ismereteket.

Folynak olyan matematikai-logikai kutatások, informatikai fejlesztések – egyre bonyolultabb elméleti hátterekkel –, amelyek nem nagyon nyújtanak az iparban vagy a kereskedelemben azonnal és készen használható eszközöket. Ez a kutatás önmozgása, ami semmiképpen nem haszontalan, mert azért hosszú távon, reméljük, sikerül egy kicsit előrelépni, és a kutatásokból idővel átkerülnek egyes elemek a hétköznapi, ipari gyakorlatban használt technológiákba. Viszonylag egyszerűbb szakértő rendszereket elő lehet állítani, és elő is állítanak, mert megvannak rá az eszközök. De egy bizonyos ponton túl valahogy falba ütközünk. A matematikai-logikai, elméleti háttér nem elegendő az összes tudás leírására. Éppen ezért nagyon sokszor látható, hogy az ezekkel a kérdésekkel foglalkozó kutatók a tudásmenedzsment felé fordulnak, a szervezeti aspektusokat vizsgálják, mert korlátozott a leírható, kodifikálható, megfogható tudás. Csak az tehető át ismeret alapú rendszerbe, ami matematikailag-logikailag leírható, bármilyen magasabb rendű logikát, fuzzy elméletet használunk is. Éppen a tudásmenedzsment kifejlődése, filozófiai háttere bizonyítja, hogy a tudás nagy része

nem fordítható át ismeretté. Ezt hívják „tacit” vagy rejtett tudásnak. Polányi Károly, a magyar származású filozófus írt erről egy könyvet – mindenki belőle indul ki, az ő gondolatait értelmezik tovább.

Oda jutottunk, hogy az egyéni és a szervezeti tudás nagy része kodifikálható, és bizonyos elemekre készíthető szakértő rendszer. Abból a szempontból jó az, hogy rendelkezésünkre áll az ismeret bázisú rendszerek kifejlesztésére alkalmas technológia, hogy átmenti a szakértők tudását a jövőnek, de tudatában kell lennünk a komoly korlátoknak. Ezért fordul elő, hogy a manapság divatos tudásmenedzsment-eszközök tulajdonképpen csak dokumentálnak, ami viszont nem oldja meg az alapvető problémát, hogy megtalálható, visszakereshető legyen egy „ismeretdarab”, amire éppen szükségünk van úgy, ahogy azt egy emberi szakértő az asszociatív memóriájával meg tudja tenni. Egy darabig segít a keresésben, ha elektronikus formában írásos feljegyzéseket tárolunk, de nagyobb mennyiség esetében már nem. Igazából nem jelentenek megoldást a dokumentumtároló és -feldolgozó rendszerek, míg a szakértő, ismeret alapú rendszerek pedig bizonyos korlátig tudnak csak eredményesen és hatékonyan tárolni ismereteket, mind méretben, mind bonyolultságban. Nehéz megfogalmazni, hol a határ, hiszen az adattárolásban nagy sikereket értek el az adatbázisrendszerek, azonban ismeret bázisú rendszereknél nem jutottunk el ilyen sikerekig. Ezt a határt vagy falat talán tapasztalati úton lehet meghatározni, illetve úgy lehet érzékeltetni népszerűen, hogy például a fizikában hosszú ideig nem sikerült működő örökmozgó szerkezetet létrehozni, a Francia Akadémia erre a tapasztalati tényre alapozva mondta ki, hogy nincs örökmozgó, az energiamegmaradás pontos megfogalmazása ezek után később következett be. Az ismeret bázisú rendszerek az informatika és a műszaki tudományok jelenlegi állása szerint úgy viselkednek, hogy próbálók készíteni egy ismeret bázisú rendszert, egy darabig működik, miközben növekszik a benne tárolt ismeretek mennyisége, és a köztük levő összefüggések komplexitása fokozódik majd egy idő után, viszont egyre rosszabbul kezd működni, és egyelőre ezt a legkorszerűbb matematikai, elméleti és technológiai háttérrel sem sikerül kiküszöbölni. Egy ismeret alapú rendszer nagyon hasznos addig, amíg el tud menni, jó működést, „ésszerű viselkedést” mutat, utána azonban már nem. Ezen a ponton kell a fejlesztést megállítani, és csak azokra a feladatokra szabad alkalmazni, amelyeknek elvégzésére képes.

Körülbelül így látom az MI gyakorlati alkalmazásának helyzetét. Annyiban igaz van a tudásmenedzsmentnek mint tudományágnak, hogy foglalkozni kell a szervezeti, emberi szempontokkal. De számomra önmagában nem jelenik meg önálló szervezetelméletként a tudásmenedzsment, ha nem támaszkodik elsősorban informatikai, illetve esetleg más technológiai eszközökre. A tudásmenedzsment a szervezetekben és az egyéneknél fellelhető tudás eredményes és hatékony kezelésére ugyanazokat a menedzsmenteszközöket használja, mint általában a vezetés- és szervezetelméletben jártas vezető, márpedig akkor az nem jelent semmilyen különbséget, nincs semmilyen *differentia specifica*. Ha viszont

nem használjuk a többletadó eszközöket, akkor nem válik se önálló ággá, se igazán hasznosíthatóvá. Remélem, hogy a műszaki, technológiai, informatikai eszközök a szervezési, vezetési módszerek kombinálásával eredményesen hasznosítható eszközkészletet teremtenek a tudásmenedzsment égisze alatt.

Milyen egyéb kutatásokban vesz részt mostanában?

A tanszéknek sikerült bekapcsolódni több európai uniós projektbe. Az egyik témakör az *identity management*, a személyazonosság és hitelesség kezelése, ami a korszerű informatikai rendszerekben és a világhálón kritikus fontosságú biztonsági kérdéseket érint. Azzal az ismeretháttérrel, amivel a tanszék rendelkezik, azt vállalta fel, hogy ismeret alapú megközelítést vagy legalábbis leírást készít a problémaköréről. A személyazonosítás és hitelesítés komoly informatikai és szervezési kérdéseket vet fel. A nyilvános kulcsú infrastruktúra (PKI, Public Key Infrastructure) kérdéseivel kapcsolódik, és az elektronikus kereskedelemtől az elektronikus közigazgatásig számos területet érint. Csak egy részterület az, hogy miként lehet kezelni, megfogni, hogy valaki azonos-e önmagával, ha informatikai rendszeren keresztül kezdeményez valamilyen kényes üzleti vagy államigazgatási tranzakciót.

A CommonKADS esetében nem hoztam elő, most viszont elő kell hoznom az ontológia fogalmát. Ez a szakkifejezés valójában fogalmi leírást takar – ebben a leírásban a fogalmakhoz esetleg logikai állításokat, axiómákat is tudunk még kapcsolni, illetve logikai állításokkal, kijelentésekkel leírjuk a kapcsolatokat. Több tudományos műhely, iskola van ezen a területen, vitáznak a pontos meghatározáson, az ontológia tartalmán, de én körülbelül így foglalnám össze a lényegét.

A tanszék elvállalta, hogy ontológiát készít az *identity management* témakörre. Én is bekapcsolódtam ebbe a kutatásba, jelenleg ezzel a kérdéssel foglalkozom. Ez a témakör a mesterséges intelligenciához kötődik, de sok mással is foglalkozunk a tanszéken, például informatikai audittal. Egyik PhD-hallgató kolléganőm csinálja az informatikai audit fogalmi szerkezetének feltárását, ontológiai megfogalmazását, s egyfajta szakmai konzulensként én is részt veszek ebben a munkában.

Európai uniós projektmenedzsmenten is dolgozunk, amelyből a minőségtervezés és a minőségbiztosítás a mi feladatunk. Azaz több, nem csak mesterséges intelligencia témájú projektben veszek részt. Mivel komoly tapasztalataink vannak az MI-ben, CommonKADS módszertanban és ontológiaépítésben, ha lehetőség adódik, akkor az ontológia alapú megközelítéseket és egyéb említett tapasztalatainkat kívánjuk felhasználni.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Ahogy Montecuccoli mondaná: pénz, pénz, pénz. De valójában a pénz csupán egy bizonyos mértékig szükséges, de nem feltétlenül meghatározó. Sokkal

fontosabb az, hogy a projekt egy adott szerepkörére a megfelelő szakmai ismeretekkel és kutatási képességekkel rendelkező szakembert a kellő időben megtaláljuk.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Egyetemistaként, illetve ha a kutatási és pénzügyi körülmény megengedték volna, többet foglalkoztam volna a matematikai, elméleti háttérrel. Ma a kombinált informatikai alkalmazásokban – MI és egyéb technológiák – látok érdekes kutatási területeket, különösen az informatikai biztonság területén.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A kutatásban a különböző dimenzióknak, a sikeresség mérésének érvényesülnie kell. Az alapkutatásban az adott szakterületen belül az elismertségnek, tudományos eredmények elérésének, a kutatás szabadságának nagyobb teret kell kapnia. De minél inkább technológia és alkalmazás irányultságú a kutatás, annál nagyobb hangsúlyt kell kapnia úgy a pénzügyi és gazdasági sikeresség dimenzióinak. Ideális esetben a pénzügyi és a kutatás tudományos eredményesség észszerű kombinációjának kell megvalósulnia, mindegyik ösztönző tényezőnek teret biztosítva.

Molnár Bálint

Budapesti Corvinus Egyetem, Információrendszerek Tanszék
1053 Budapest, Veres Pálné u. 36.

<http://informatika.bke.hu>

MTA IT Alapítvány

1121 Budapest, Konkoly Thege út 29-33.

ISACA Magyar Tagozat, Információrendszer Ellenőrök Egyesülete

<http://www.isaca.hu>

Monostori László

Intelligens gyártási és üzleti folyamatok



Monostori László professzor, az MTA SZTAKI tudományos igazgatóhelyettese, a BME Gépészmérnöki Kar gépészeti informatika tanszékét, valamint a SZTAKI Intelligens Gyártási és Üzleti Folyamatok Kutatócsoportját vezeti. 1978-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karán. Pályáját szakmai kitüntetések és díjak fémjelzik, mintegy 260 cikke jelent meg referált folyóiratokban, könyvekben, konferenciakiadványokban.

Mik a főbb kutatási területei?

Az informatika, termelésinformatika, villamosmérnökség, mesterséges intelligencia határán dolgozunk. Ez azt jelenti, hogy – mondjuk így – a cél a tágabb értelemben vett gyártás vagy termelés (beleértve még tágabb értelemben az üzleti folyamatokat is) javítását szolgáló módszerek kutatása és alkalmazása. Az elmúlt húsz évben különböző technikákat alkalmaztunk. Kezdődött az alakfelismerési eljárásokkal, utána mesterséges neurális hálókkal, neuro-fuzzy rendszerekkel, neuro-fuzzy genetikus rendszerekkel. Általában a gépi tanulás felé próbáltunk elmenni, mert olyan problémákkal néztünk szembe, ahol nem állt rendelkezésre például analitikus információ, sőt sok esetben szakértői információ sem. Az utóbbi időben az egyik súlypontunk az ágensrendszerek kutatása és elsősorban alkalmazása a gyártási és üzleti folyamatokban. A legújabb irányvonal: megpróbálni adaptív tanuló ágenseket alkalmazni különböző területeken, például a termelésirányítás-ütemezésben.

Mit ért intelligens gyártási és üzleti folyamatokon?

Az intelligens gyártórendszerekkel kezdem, melyek – Hatvany József nyomán – hiányos és pontatlan információ esetén előre nem látható szituációban is megfelelő döntéseket hozó, gyártásra képes rendszerekként definiálhatók. Körülbelül húsz éve született a meghatározás, és annyira divatos lett, hogy – japán kezdeményezésre – világméretű projektté vált. Yoshikawa professzor, a Tokiói Egyetem későbbi rektora indította el.

A gyártás és a termelés előtt álló feladatokat csak nemzetközi léptékben lehet megoldani. Az információtechnológiának, a mesterséges intelligenciának a gyártásban történő felhasználása a cél. Ezen az úton indultunk el, és tulajdonképpen végigmenve a gyártási hierarchián – tehát alul vannak folyamatok, szenzorok

stb., felül pedig a menedzsment, és így tovább az ottani tevékenységeket különböző típusú mesterségesintelligencia-technikákkal lehet megtámogatni. Például ahol szenzorközelben információt dolgozunk fel nagyon nagy mennyiségben, ott az ún. szubszimbolikus módszereket, neurális hálókat, neuro-fuzzy rendszereket használjuk, míg feljebb menve elérünk a szakértői rendszerig. Mostanában korlátozáskielégítő megoldásokat, illetve ágens alapú rendszereket alkalmazunk, aminek számunkra az első feladata az üzemszintű ütemezés. Ez azt jelenti, hogy nem központi gép vagy számítógéprendszer adja meg, melyik gép mikor, mit tegyen, hanem önálló döntéshozatalra képes eszközök szerepelnek az üzemben: robot, megmunkálógép döntheti el, milyen feladatot lát el. Ezek általában üzleti mechanizmuson alapuló ágenses rendszerek. Van egy feladat – mondjuk, egy komplex munkadarabnak a gyártása –, amihez a gyárban különböző erőforrások, kapacitások kelljenek. Erre jelentkeznek, szövetkeznek az ágenses működésmóddal dolgozó erőforrások, hogy képesek elvégezni. Nyilvánvalóan az az előnye, hogy ha valami változik a rendszerben – elromlik egy gép, újabb gépet állítanak be, stb. –, akkor az egész rendszer sokkal rugalmasabban tud működni. Ugyanakkor a teljesen lapos vagy heterarchikus rendszerektől nem is várhatjuk el, hogy optimumközelen működjenek. Ezért az a kutatásaink újabb része, hogy miként lehet különböző technikákkal, például időszakos vagy állandó hierarchiák szerepeltetésével heterarchikus rendszerekben, vagy adaptív, tanuló ágenses szerepeltetésével úgy felkészíteni a rendszereket, hogy optimum-közelben dolgozzanak. Az alapprobléma, hogy egy elosztott, ebben az esetben gyártási rendszert – ami lehet vállalatban belül, vagy lehet világméretű ún. termelési hálózat, ahol különböző érdekkörökbe tartozó cégek dolgoznak együtt – hogyan lehet a központi információ minimalizálásával, tehát lokális információk alapján történő döntésekkel jól működtetni. Szűkebb körben ezek a mostani kutatásaink. A tanuló ágenses szerepeltetésénél megerősítő tanulást alkalmazunk, illetve megtettük az első lépéseket a neurodinamikus programozás felhasználása felé.

Hogyan látja az ágens technikák jövőbeli alkalmazását?

A mi területünkön a fő akadályozó tényező, hogy egyrészt a vezérlési struktúrák hierarchikusak, másrészt nem csak számítástechnikáról van szó, hanem gépekről, hozzájuk tartozó vezérléskomplexumokról. Hogy ezek a gépek ágensként tudjanak működni, ahhoz a vezérlésgyártóknak kell lépniük. Léteznek technikák, melyekkel régebbi típusú gépet is alkalmassá tudunk tenni, hogy így kommunikáljon, és hozzon döntéseket, illetve ezt teszi lehetővé az ún. virtuális gyártás koncepciója, tehát a már meglévő gyártórendszernek a virtuális térbe történő leképezése. Ott már nem hierarchikus vezérlési elveket alkalmazunk, hanem ágens alapú rendszereket. Van egy valódi gyárunk, ahol központi irányítás alatt dolgoznak a gépek, és van egy virtuális gyárunk ugyanolyan, csak okosabb gépekkel. A virtuális térben minden gyorsabban működik, mert csak informá-

ciőfeldolgozás folyik, és nem gyártás. Ott futnak az ágens alapú algoritmusok, és az eredményt egy meglévő gyárba tudjuk továbbítani.

Egyik európai projektünkben egy üzemcsarnokkal mutatjuk meg, hogy a rendszer eredményesebben működik ágenstechnikákkal, mint előre eltervezett ütemezéssel, ami nehezen kezeli a mindig előforduló késéseket. Egyébként az ágens-technikának az egyik előnye a mi területünkön, hogy a kiszolgáló személyzetet a többi erőforráshoz hasonlóan tudjuk kezelni. A másik, hogy – véleményünk szerint – az üzemszinten is hasonló technikák alkalmazhatók, és ugyanezt fel lehet vinni a termelési hálózatok szintjére. Nagyobb termelési hálózat menedzselésében jelentős szerepet játszhatnak az olyan ágenses megközelítések, amikor egy-egy üzem, s a benne lévő összes tudást ágens(ek) képviseli(k). Választ tud adni egy hirtelen megrendelésre; esetleg további partnereket is képes keresni. Tehát mind üzemcsarnokok, mind globális vállalatok szintjén sikeres technika lehet. De azért sok esetben szem előtt kell tartanunk, hogy termelőipari környezetben igazán akkor fogadnak el egy rendszert, ha elsősorban döntéstámogató szerepet játszik. Ha az ágenses rendszer megfelelő információkat ad egy menedzsernek, akkor sokkal inkább elfogadható, mint amikor minden magától működik, és azt hiszi a menedzser, hogy nincs is befolyása rá.

Milyen projekteken dolgozik még?

Érintettük a termelőhálózatok irányítását és menedzserjét. A másik az üzemszintű termelésirányítási problémák tanulmányozása ágenses megközelítéssel. A nemzeti kutatásfejlesztési program keretében a Digitális vállalatok, termelési hálózatok projektet vezetem. A BME és a Miskolci Egyetem az akadémiai, a GE Hungary a nagyipari partner.

Nemzetközi szinten három-négy európai uniós kutatásban veszünk részt. Az egyik az intelligens gyártórendszerek ún. kiválósági hálózata – a kiterjesztett vállalatokban egy francia kutatóval irányítjuk az ütemezés alcsoportot. A másik egy Modular Plant Architecture nevezetű EU-projekt, jelentős egyetemi és ipari cégekkel: Bosch, autóipari beszállítók. Azt célozza, miként lehet a termelést az épületektől a gépekig úgy szervezni, hogy a legjobban változtatható legyen. Hogy ma esetleg egészen más funkciót lásson el, mint másnap.

Ez hogyan érhető el?

Úgy kell felépíteni, olyan mechanikai tényezőkkel, vezérlési elvekkkel, hogy moduláris legyen. A projekten belül megfelelően rugalmas vezérlési struktúrák gyorsan változó környezetben történő létrehozásán dolgozunk. Hangyakolonniás optimalizáló módszerek is helyet kaptak a rendszerben. Egyébként a rugalmas struktúrák gazdasági jelentőségét mutatja, hogy például sok mobiltelefont már nem is gyártanak akkor, amikor megvesszük. És ez nem csak a gép, az épület, de a vezérlési struktúrák szintjén is jelentkezik.

Szintén európai projekt a Global Education in Manufacturing: a termelés-

menedzsment-oktatásra esetleg világszerte alkalmazható tantervet próbálunk létrehozni.

Most indult meg egy hatodik keretprogrambeli Network of Excellence ('kiválósági hálózat'), Knowledge Community in Production címmel. Elosztott cégeken vagy európai laborokon belül a különböző helyeken felhalmozott, szerteágazó tudáselemek menedzsmentjének megvalósítása a cél.

A SZTAKI a Németországban sikerrel működő, általában egyetemek melletti Fraunhofer kutatóintézetek egyikével, a stuttgarti Gyártásautomatizálási Intézetrel tavaly Gyártási és Üzleti Menedzsment virtuális intézetet alapított, azzal a céllal, hogy a főként német érdekeltségbe tartozó magyarországi cégeket szolgáljuk ki, illetve hogy létrehozzuk az első igazi hazai Fraunhofer Intézetet. A jelenlegi fázisban projekteket akarunk beindítani. Például autóipari beszállítóknak tartottunk egész napos workshopot arról, hogyan lehetne támogatni az információtechnológia, a mesterséges intelligencia módszereivel az ő területüket. Reméljük, sikerül bebizonyítani egy ilyen intézet magyarországi létjogosultságát!

Van itt egy kis ellentmondás. Mint mondtam, a Fraunhofer Intézetek Németországban egyetemek mellett vannak. De meg kell említenem, hogy a BME-n a Gépészeti Informatika Tanszéket vezetem, amely egyetemi egységeknek egy kihelyezett, korábban tisztán SZTAKI-s munkatársakból álló tanszékkal történt összevonásával jött létre. Tehát egy viszonylag nagy méretű egyetemi tanszék, egy akadémiai kutatóintézet (része) és egy felépülő Fraunhofer-típusú iparorientált társaság hármasa jön esetleg létre. Reméljük, kellő ütőerőt jelent.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

A kiemelkedő eredmények eléréséhez nyilvánvalóan több tényező kölcsönhatása szükséges: jó téma, rátermett, karizmatikus vezető(k), valamint a téma jellegének megfelelő emberi és anyagi ráfordítás. Talán a legfontosabb tényező: az emberi- és szakmailag is kiváló minőségű kollégákból álló csapat.

Az én életemben jelentős szerepet játszott a személyre szóló Humboldt-ösztöndíj, amely a nehezen elnyerhető támogatás után teljes szabadságot adott a kutatásnak.

A fent említett külső szempontok (szakmai szűrés után, jelentős feladatok megoldását lehetővé tévő, többéves biztonságot adó támogatás) érvényesítési szándékát itthon leginkább az NKFP (Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program) megalkotóinál véltem felfedezni.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Távközlés, bionika, komplex rendszerek, és még sorolhatnám. A világ akkorát

fejlődött, hogy szívesen kezdeném újra egyetemi hallgatóként, ifjú kutatóként. Igen odafigyelnék, kihez, kinek az iskolájához próbáljak csatlakozni.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Amennyire lehet, objektívan kellene kezelni a rendelkezésre álló forrásokat. Akár nemzetközi zsűri bevonásával (jómagam több országban veszek részt kutatásfejlesztési pályázatok és projektek értékelésében) kellene kiválasztanunk – természetesen a hazai körülményeket figyelembe véve – a legmegfelelőbb témákat, kutatókat, kutatócsoportokat. Mihelyst azonban a támogatást odaítéltük, a most a kutatás kárára is menő adminisztratív kötelezettségeket minimálisra kellene csökkentenünk.

Igen fontos, hogy megteremtsük a jogi és gazdasági feltételeit a kutatási eredmények piacosításának. Gondolok itt a jogvédelem támogatására, az induló vállalkozások jogi, pénzügyi támogatására. Szerencsére az utóbbi időben mintha kedvező előjeleket látnék a jelenlegi helyzet pozitív irányú módosítására, egymást segítő csapat, illetve a magas szintű működést biztosító, többéves biztonságot adó támogatás formájában.

Monostori László

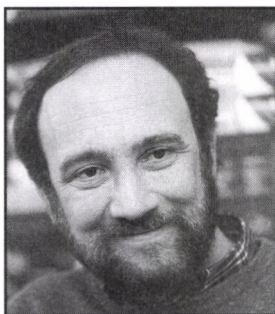
MTA SZTAKI Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratórium

1111 Budapest, Kende u. 13-17.

<http://www.sztaki.hu/reszleg/EMI>

Prószéky Gábor

Számítógépes nyelvészet



Prószéky Gábor 1981-ben az ELTE Természettudományi Karán programtervező matematikusként, 1982-ben a Bölcsészkaron általános és alkalmazott nyelvészként végzett. 1994 óta a nyelvtudomány kandidátusa. A hetvenes évek végétől folytat szakirányú munkát, jelenleg az 1991-ben általa alapított, nemzetközileg is elismert MorphoLogic kutatócég ügyvezető igazgatója. A témakör első hazai szakkönyvének (*Számítógépes nyelvészet*) szerzője, a *Számítógéppel emberi nyelven* társszerzője, száznál több tudományos publikáció írója. Munkásságát számos díjjal honorálták, például 1997-ben a Worldcom kanadai kongresszusa a World Young Business Achiever-rel.

Már a MorphoLogic előtt is sokirányú kutatásokat folytatott: bonyolult struktúrájú természetes nyelvek gépi reprezentációja, intelligens tudásbázis-lekérdezés, gépi fordítás...

A MorphoLogicot megelőző időkben a saját kutatásaim inkább a hobbimnak számítottak. Amikor programtervező matematikusként végeztem már, de az általános nyelvészet szakon még nem, azt reméltem, hogy olyan állást találok, ami a kettőt együtt engedi. A Nyelvtudományi Intézetben lett volna lehetőség, de jelezték, hogy még sincs. Ilyen típusú munkát máshol nem lehetett találni, így – mivel zenéltem is közben – a Zenetudományi Intézetben kezdtem az életemet. A gépi nyelvészetet emellett csináltam magamban. Mindez öt évig tartott – elég sok anyagot gyűjtöttem, és mindenféle kisebb elméleti kutatást folytattam. Az akkori gépparkon nem lehetett komoly nyelvtechnológiai fejlesztéseket végezni. 1985-ben a Műszaki Kiadótól megbízást kaptam a Számítógépes nyelvészet című könyv megírására. De ez megint csak könyv volt, azaz nem szoftvert gyártottam. A kiadónak elfogyott a pénze, a kézirat nálam maradt, évekig házaltam vele, míg 1989-ben a Számalknál jelent meg. Megpróbáltam mindent leírni benne, lefedni a lényeges témákat, bemutatni a kapcsolódó irodalmat, és ehhez kapcsolatot teremteni mindenkivel a világban, aki számomra fontosnak tűnő kutatást folytatott.

A nyolcvanas évek végén az Országos Pedagógiai Könyvtár és Múzeumban dolgoztam, aminek volt egy nagyon jó kis számítástechnikai csoportja. Elég sok lehetőségem akadt a könyv befejezésére, illetve a máshol aligha megvalósítható kutatásokra. A könyv és a kutatások kapcsán kijutottam Hollandiába, egy, az akkor még éppen csak induló európai közösségi projektek egyikén dolgozó kis céghez. A projektben szerepe volt a nyelvtechnológiának: konkrét rendszernek, intelligens tudásbázisnak a lekérdezése kapcsán érintette a természetesnyelv-fel-

dolgozást. A '89 és '91 közötti projekt inkább azért volt érdekes, mert a későbbi webet, azaz az akkori lehetőségeket: a teletext, a videotex, a gopher és a többi hasonló technika egységes felületen történő kezelését szerette volna megvalósítani. Ez volt az első eset, ahol a tudásomat nem csak papírra kellett rakni, hanem valami készült is belőle. Láttam egy európai projektet, s annak az adminisztratív oldalát is, ami azért érdekes, mert hazajövelemtkor alapítottuk meg a MorphoLogicot.

Hogyan indult a MorphoLogic?

Nem akartunk feltétlenül céget alapítani, hanem az addigi saját tapasztalataimból összejött egy nyelvelíró rendszer váza, illetve nem csak a váza, hanem a magyar nyelv szóalaktani leírása, és felmerült az igény, hogy mivel nem volt Magyarországon helyesírás-ellenőrző program, legyen ilyen. Ekkortájt váltott a Windows a 3.0-ból 3.1-re, és a Word szövegszerkesztő is megjelent a Windows alatt. Ennek a 2.0 változatába került bele az első alkalmazásunk. Látszott, van igény ilyesmikre: a Word Perfect, vagy az XYwrite is magyarításra került. Kiderült, hogy a mi nyelvelíró formalizmusunk lényegesen hatékonyabb, mint amikkel mások kísérleteznek, és gyorsan sikerült magyar nyelven működő alkalmazásokat is létrehozni belőle.

Így indult a MorphoLogic. Az előzmények – a fióknak készített programok, a csak fióknak írt cikkek, a nem csak fióknak írt cikkek, maga az elkészült könyvem és a kapcsolatrendszerem – mind elkezdtek élni. A világban akkor indultak a ma már nyelvtechnológiának nevezett alkalmazások. A nagy cégek ezekben járatos egyetemi, akadémiai emberektől kértek tanácsokat. Hatalmas előnyt jelentett nekem, hogy induláskor nem professzionális üzletemberekkel, hanem gépi nyelvészekkel, azaz ugyanolyan „amatőr üzletemberekkel” álltam szemben, mint amilyen én magam is voltam, ez pedig hihetetlen gyorsan működtette a lehetőségeket. Rájöttek, hogy ebben a régióban is kellenek nyelvi megoldások – magyarra, lengyelre, csehre, románra – és hogy van egy megbízható cég, amely ezt el tudja végezni. A Microsofttal például még gmk korunkban kötöttünk szerződést. A világ is elég kezdetlegesen kezelte az ügyet. Ma már másként van.

Abban az időben csak az volt a kérdés, hogy meg tudjuk-e oldani a problémát, vagy nem. Korai indulásnál nagyon jó az ilyen. Valószínűleg ez alapozta meg a cég működését. Illetve azok a fiókban lappangó, majd hirtelen életre kelő elvi dolgok. Ki voltak dolgozva, egyiket sem a hirtelen igény szülte. Ráadásul az induláskor – az embargó megszűntével – ugyanolyan gépparkkal rendelkezhetünk, mint a nyugati partnereink. A tapasztalat viszont sokkal inkább a bitek személyes ismeretén alapult, hisz mint tudjuk, nálunk nem voltak elkényeztetve a szoftveresek. Előnynek számított ugyanakkor az is, hogy a legjobbnak, legátgondoltabbnak tekinthető szoftvertchnológiát tudtuk indulásunktól alkalmazni. Ellentétben számos nyugati céggel, nem kötött minket semmilyen, tíz-tizenöt éve létező és folyamatosan javítgatásra szoruló kód: úgy indultunk, ahogy akartunk.

Tehát szoftvertéchnológiailag és nyelvileg átgondolt, új elveken alapuló, a bitek miriádjai között magukat jól feltaláló profi programozókkal kezdtük.

A végére hagytam a legfontosabbat: a magyar nyelv problémáit kellett megoldanunk. Formai szempontból ugyanis az angol egyszerűbb a legtöbb világnyelvnél. Viszont, ha már megoldottuk a magyar nehéz problémáit, akkor olyan ötletek és megoldások vannak a kezünkben, amik nem jutnának egy angolnak vagy amerikaiinak az eszébe. Nem azért van ez, mert szeretjük azt hangoztatni, hogy „mi magyarnak születünk, és más van a fejünkben”, hanem mert itt tényleg a nyelvről volt szó. Bonyolult a nyelvünk, a problémáit viszont ugyanakkora helyen, ugyanannyi időben kellett megoldanunk. Amikor megvolt a szóalaktani leírás, az alkalmazásokat már könnyebben le lehetett belőle vezetni, sőt, a tapasztalataink segítettek más nyelvekre is hamar megoldani a hasonló problémákat. Egy példa: a lengyel és cseh nyugati szemmel nézve bonyolult. A mi oldalunkról nézve, a magyar után a leírást csak egyszerűsíteni kellett: így vált előnnyé a magyar nyelv. A mai napig szívesen mondogatjuk, hogy ha valami jól működik a magyarra, akkor a többire se okozhat nagy gondot. Nem állítom, hogy ez a világ összes nyelvére igaz, maradjunk az Unióban... Ez azért lényeges, mert mi valóban egyazon formalizmussal estünk neki a különböző nyelveknek. Amikor létrejött a szóalaktani, később mondattani leírás, az alkalmazások teljesen függetlenek voltak a nyelvtől. Különböző alkalmazások használják a nyelvi leírásokat. Különböző platformokon, különböző gépeken és operációs rendszereken működnek. A világban sokszor nem létezik egységes platform, csak egységesnek tűnő marketing: egy-egy nagy cég A-tól ezt, B-től azt, C-től pedig amazt vette meg, majd mindegyikre ráragasztotta, hogy az övé. De ezek az eljárások belül teljesen inkompatibilisek. Viszont amikor nekünk hirtelen és úgyesen kell váltani, nagy előny, ha létezik egy közös platform, és a nyelvek és az alkalmazások tényleg ahhoz tartoznak.

Hogyan ítéli meg az MI és a gépi nyelvészet viszonyát?

Az MI minden intelligensnek gondolt tevékenységet lefed, így a nyelvfeldolgozását is. Viszont a számítógépes nyelvészet, a nyelvfeldolgozás elég hamar „önálló sodott”. Chomsky az ötvenes években zseniálisan kitalált valamit, ami a formális nyelvek elméletében óriási jelentőségű, aminek gyakorlatilag az összes programozási nyelv és elemezhetőségük a létét köszönheti. Ám az emberi nyelvek esetében gyorsan rájöttek a számítógépes kutatók, hogy a Chomsky-modellek saját maguk demonstrálására megfelelőek ugyan, de a nyelv jó működtetéséhez rengeteg további dologra van szükség. Hamar elvált a számítógépes nyelvészet paradigmája Chomskytól. Elméleti nyelvészeti oldalról viszont nem létezett alternatíva: mindegyikbe „belelógott” a pszichológia, az MI stb. A hatvanas és hetvenes években ezért haladt együtt az MI és a nyelvészet. A hetvenes évek végén azonban megjelentek az alternatív – számítógépen is jól kezelhető – generatív nyelvelméletek, és belőlük lett modern generatív számítógépes nyelvészet, míg

korábban a számítógépeseknek, illetve az MI-kutatóknak az egyedi, részben ad hoc, részben más, az ember egyéb tevékenységeit szintén lefedő kitalációja működött. Gyakorlatilag ekkor mozdult el a gépi nyelvészet a kimondottan a nyelv leírásával foglalkozó paradigmáktól. Ugyanakkor szintén a nyolcvanas években jelent meg az első Macintosh, majd a PC-k, aztán a rajtuk futtatható szövegszerkesztők, melyeknek a fejlesztésébe a kilencvenes évek elején már mi is be tudtunk kapcsolódni. Ezeken az alkalmazási területeken gyors, hatékony eredményt kellett elérni. Az ilyen jellegű feladatokra kezdtek koncentrálni a gépi nyelvészek, és a nyelv emberi kommunikációban, pszichében betöltött általános szerepe egyre kevésbé tűnt lényegesnek az alkalmazások világához képest. Majd egyszer. Ha olyan okosak lesznek a rendszereink, hogy túljutottak a szavakon, mondatokon, szövegegységeken, akkor megint előjön az MI: ennek bizonyos jeleit körülbelül mostanában láthatjuk. Vannak külön-külön jól működő nyelvtechnológiai modulok, de az egészet az ember mozgatja. Chomsky gondolatára visszatérve: még soha nem láttunk olyat korábban, hogy a nyelv ki lenne szakítva az emberből. Ő pedig már az ötvenes években azt ígérte, hogy a nyelv önmagában, minden jelentése és a kommunikációs helyzet említése nélkül leírható. Az a szint a számítógépesek szerint, ameddig leírható, szinte mindig található a másikkal, a világgal. A gépi rendszerek – mivel alkalmazások, és az alkalmazásoknak céljuk van – elég jól, hatékonyan kezelhetők, hiszen gépeink kapacitása megnőtt. Tehát a szövegek száma folyamatosan nő, és a gépeknek nem csak a helyesírást kell ellenőrizni, hanem intelligens lekérdezéssel, vagy az ismét előkerült gépi fordítással kell foglalkozniuk. Ezek olyan magas szintű emberi produkciók, melyekben benne van ugyan a nyelv, de nem mondhatjuk azt, hogy egymagában van benne, és a humán információkezelés többi intelligens részrendszere nem számít. Azt szoktam mondani, hogy manapság itt van az MI és a számítógépes nyelvfeldolgozás újbóli összeházasodásának az ideje. Ha nagyon általános dolgokat – számítógépes látás, beszéd felismerés, karakterfelismerés – nézünk, akkor viszont mindig található kapcsolódási pont. Ráadásul a beszéd feloldozást idesorolják, ugyanis a nemzetközi terminológia *language and speech*-ről beszél, ami nem áll, csak esetleg a *text and speech*. A gépi világban a *language* igazán a leírt és nem az ember számára elsődleges beszélt nyelv. Azt szoktam mondani, hogy az írott nyelv a számítógép anyanyelve. Ha beszélt szöveget adok a gépnek, azt is előbb-utóbb digitális szekvenciává konvertálja, ami pedig már egy karaktorsorozat, azaz olyan, mint az írott nyelv. Ezzel szemben az igazi beszélt nyelv az embernek elsődleges, míg a gépnek másodlagos, és fordítva. Nem mintha ki szeretném zárni a beszédet, de a mi kutatásaink kapcsán most elsősorban az írottról beszélünk.

Miként látja a MorphoLogic szerepét a hazai gépi nyelvészetben?

Tizenhárom éve spontán módon kaptunk egy-két olyan szerepet, melyekre nem voltunk predesztinálva, de így alakult az élet. Elmondható a helyesírás-

ellenőrzőről is, hogy lehet jobbat csinálni, de ez úgy jött létre, hogy a megbízók elégedettek voltak vele. A felhasználók – sokszor teljes joggal – nem annyira elégedettek. Kérdés, kapunk-e arra egy nemzetközi magáncégtől megbízást, hogy még jobb legyen a magyar helyesírási program. Általában nem, mert a piacot nézik, és ha nincs több eladás, megállapítják: nem kell semmi, még akkor se, ha jobb.

A magyar nyelv tökéletes számítógépes leírása tudományos akadémiai típusú feladat, amire állandóan megvan az igény bennünk. Viszont már létező, magánkézben lévő termékrendszer javíthatására nehéz támogatást kapni, még ha az a termékrendszer kiemelt feladatot lát is el, a mi esetünkben „irányítja” a – naponta több százezer – gépelő helyesírását. Más tehát egy prototípussal végződő kutatás-fejlesztési feladat, és más egy piacon lévő termék javítása. Ezért a MorphoLogic egész életében megvolt ez a kettősség: kutatóhelyről jöttünk, akadémiai típusú emberek vagyunk, és akkor is végeznénk a dolgunkat, ha elfogyana a célfeladatra adott pénz, viszont egy magáncégben ez mégsem mehet, hisz akkor tönkremennénk. A MorphoLogic a hazai piacon szokatlan módon tölti be ezt a kettős, akadémiai/piaci szerepet: évekig csak magunk finanszíroztuk a saját alapkutatásainkat is. Aztán két-három éve elindultak a nyelvtechnológiát fontosnak tartó kutatás-fejlesztési projektek, és állami támogatás is van rájuk. Nagyon jó, hogy ezekben vannak partnereink. Most már más intézményekben is létrejöttek, vagy kezdenek létrejönni a téma iránt érdeklődő csoportosulások. Tavaly decemberben volt Szegeden az első magyar számítógépes nyelvészeti konferencia száz résztvevővel, ami azt jelzi, hogy van érdeklődés. Remélem, a csoportokkal és konzorciumokkal való együttműködéssel megvalósulhatnak olyan dolgok, melyeket a csak MorphoLogicból álló magyarországi számítógépes nyelvészet korábban formai nehézségek miatt nem tudott megoldani.

Az egyik most befejezett projektünk eredménye, hogy lehetővé tettük üzleti szövegek lekérdezhetőségét. A szövegből kivonatoltuk a tulajdonképpeni üzleti eseményt: mi történt, tönkrement, eladták, megvették, ki, mennyiért stb. Rengeteg esemény van kódolva egy szövegben, és ha rákeresünk, azért nehéz az effajta tartalmat megtalálni, mert mindig máshogy fogalmazzuk meg. Még nem létezett ilyen szövegvivonatoló rendszer, és ezt nem lehet megcsinálni terméként. Egyelőre csak prototípus. Ugyanakkor elmondható, hogy korlátlan a MorphoLogic, vagy a nyelvtechnológia jövője. Nő és egyre nagyobb igényeket támaszt a terep. A szövegek nem kezelhetők hagyományos módon. Nagyon igyekszünk, de mit tud például egy kereső manapság? Se fogalomra, se tartalomra nem képes keresni, hanem csak betűsorra. Az emberi keresés sokkal komplexebb, és ha valamit átveszünk belőle, talán javíthatunk a találathalmaz pontosságán. Más a pontosság, és más a lefedettség. Egyre jobban elérhetőek a szövegek, azaz egyre jobb keresők, fordítók, létrehozás-támogató eszközök kel-
lenek hozzá.

Milyen projekteken dolgoznak jelenleg?

Nagyon sokfélén... Azzal a technológiával, amivel a magyarnak „nekiestünk”, majd más nyelvekre alkalmaztunk, kis uráli rokon nyelveket írnak le a magyarországi uralisztikai tanszékek.

Az üzleti szövegkivonatoló-rendszerhez lekérdezőt építünk, és a hatékonyabb használaton dolgozunk.

A már lefordított szövegek és az eredetjük összevetésével terminológiákat gyűjtő kutatás is folyik. Sokszor fordult elő, hogy lefordítottak ugyan szövegeket, viszont nem kristályosodott ki a terminológia. Ez nagyon lényeges; a jogharmonizációs szövegek fordításakor is láttuk. A gép maga ajánlja majd fel az eredetiből és a fordításából kigyűjtött terminológiai párokat.

Az összes számítógéppel és nyelvvel foglalkozó kutatónak van egy vessző-paripája, ami általában sokszor úgy jelenik meg, hogy a fordítás megoldhatatlan probléma. Szerintem is az, ugyanakkor mindenkinek régi álma. Tulajdonképpen a számítógép kialakulásában is jelentős része volt annak, hogy gyorsan kellene fordítani. Tehát nagyon régi, állandóan előjövő témáról van szó. Ugyanakkor szögezzük le: az ember ez ügyben sem tudja olyan mértékben átadni a tudását a gépnek, mint ahogy szeretné. Mert akármilyen hatékony a gép – ez az egyetlen, amiben többet tud nálunk –, képtelen elsajátítani azt a háttérrel, hogy „kétéves vagyok csak, de ember vagyok”. Azaz: még alig tudok valamit az anyanyelvemen, viszont korlátlan számú megnyilvánulást hallok, amiket mind beépítek, és egy, két, három nap alatt sokkal többet tudok tenni velük, mint bármilyen gép. Egy gépbe mindenfélét beletehetek két év alatt, csak hogy az továbbra sem emberből van. Az igény viszont óriási, mert például az internetező magyar embernek – az Unióba belépő – angolul kell meglátogatnia egy rakás portált. Egyet-kettőt lefordítottak ugyan, de az összes többin is ott a támogatásokra vonatkozó információ. Ezeket már nem fordítják le, mert nincs rá se mód, se idő. Tehát az idegen nyelvű információ olyan fajta megértését lehetővé tevő eszköz kell, hogy kell-e ez nekem, vagy sem, és tényleg le kell-e fordítanom. Bár lehetetlen, de szükséges az ilyen eszköz. A kísérletek két szélsőséges kategóriába esnek: a nyelvnek mindenfajta részletével foglalkozó, a mennyiséggel nem törődő, a nyelvi problémamegoldás iránt érdeklődő, azt tíz mintamondattal megoldó akadémiai jellegűek, illetve a „fogd a pénzt, és fuss” típusúak. A kettő közötti optimumot elég nehéz megtalálni. Melyik az az eszköz, ami már elég sokat tud, és mégis eladható, mert igény van rá? Ugyanakkor ez messze nem olyan, amilyen kellene, hogy legyen. De hol van az az optimum, ahol az eladhatóság még és a tudomány már így összeér? Ez a szép ebben a feladatban. Megoldani nem lehet, de lehet egyfajta optimumra törekedni. Azon dolgozunk, hogy a közeljövőben, még 2004-ben megjelenjen egy olyan eszköz, ami tesz valamit ebben az irányban. Ha oda-megyek egy angol szöveghez, villantson fel valamit magyarul abból a tartalomból, ami ott van, amittől azt gondolom, hogy többet tudok!

Az utóbbi évek egyik legsikeresebb általunk készített programja a MoBiMouse

volt. „Egyérintős” módszer: otthagynom az egeret, ő meg azonosítja a képernyőn a szöveget, és valamilyen szótári információt rendel a szóhoz, vagy – kontextus alapján – a kifejezéshez. Most ezt a módszertünket általánosítjuk, és az új változat a mondatról mond valamit. Azaz: a mondat lesz valahogy lefordítva. Nyilván messze lesz a tökéletességtől, de azt már el lehet várni tőle, hogy orientáljon, mi is van a képernyőn. Nem az ember helyettesítése a cél: a fordító azért profi, mert úgy fordítja a szöveget, ahogy más nem, és a számítógép még annyira sem. Az új program nem ülteti át tökéletesen a szövegeket, viszont azonnali segítségként jelentkezik. A MoBiMouse logikája után ez a MoBiCAT, tehát a MorphoLogic Bilingual CAT (*Computer-Aided Translation, számítógéppel segített fordítás*). A MoBiDic után a bálnát „levittük egerbe”, így lett MoBiMouse, most meg „felment macskába”...

A MoBiCAT rendszer az általunk évek óta készített MetaMorpho fordítórendszernek az első konkrét megnyilvánulása. Tíz-tizenegy évig építettük a különböző modulokat, majd összeszedtük valamennyit, és három éve kiindulási alapként elindítottuk ezt a fordítóprojektet. Most érte el azt az állapotot, hogy nagyon hatékonyan javítható – és ez igen fontos. Megvan az alaptudása, és ezért hamar megjelenhet az első rá épülő eszköz. Nyilvánvalóan segíthet az internetes böngészésben azoknak, akiknek gondjuk akad az angollal. Állandóan javul a minősége, és remélni lehet, hogy másfajta alkalmazásokban is meg fog jelenni. És nem csak angol-magyar irányban, bár először csak abban. A magyar-angolra már előbb említett akadémiai/egyetemi társainkkal, az MTA Nyelvtudományi Intézetével és a Szegedi Egyetemmel konzorciumként beadtunk egy pályázatot. Az angol szövegeket ugyanis a magyar beszélő csupán meg akarja érteni, de magyar szöveg esetén nem megértésre, hanem teljes szövegfordításra van igazi igény.

A MoBiCAT-tel egyidőben fordítónk wapos formában is meg fog jelenni, hiszen így is működik, és az ilyen jellegű MoBiWAP szótárszolgáltatásunk eddig is elég nagy érdeklődésre tarthatott számot.

Azt a munkát kell a géppel hatékonyabbá tenni, amit a gép tud jól csinálni, és meghagyni az embernek, amit az ember tudhat csak. Egy másik cél pedig továbbra is az, hogy kíváncsiskodunk, hogyan működik az ember, tehát nem adjuk fel az MI igazi, eredeti célját, hogy rájövünk, miként működteti az ember a nyelvet, és milyen fajta interakciók alakítják ki azt, amit nyelvprodukciónak vagy nyelvmegértésnek tekintünk. Ezeknek az egyszerűbb vetületei a való életben felhasználhatók. Attól, hogy valami tudományos, nem biztos, hogy nem használható hatékonyan, és ha valami jól működik, annak bizony sokszor nem a hackelésel történt megoldás az oka, hanem lehet tudományos alapja is. Ezt a kettőt próbáljuk összehozni, ez az ars poeticánk.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?
Időben kell észrevenni és megfogalmazni a problémát, aztán gyorsan elindulni a

megoldás irányába. Magyarul: akkor van nagy esélye egy kutatás-fejlesztési projekt sikerességének,

(1) amikor már van olyan alap gondolatunk, aminek a mentén el tudunk indulni, és

(2) amikor ezzel egy időben a lehetséges konkurensok még csak azt mérlegetlik, hogy érdemes-e egyáltalán a témával foglalkozni.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Biztosan állítható, hogy ma fontosabb területnek számít a számítógépes nyelvfeldolgozás, mint amikor én kezdtem a kutatásokat a hetvenes évek végén. A Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karán a nyelvtechnológiát főtárgyként oktattva nyugodtan kijelenthetem, hogy a téma iránt érdeklődő egyetemi és doktorandusz hallgatóim száma és egyre többük elkötelezett érdeklődése egyértelműen ezt bizonyítja. A hatékonyan kezelhető szövegek méretének hihetetlen növekedése és az internet megjelenése a gépi nyelvészet számára óriási lehetőségeket, hatékonyan művelhető alapkutatási területet és rengeteg olyan fontos alkalmazást biztosít, aminek a megvalósítása tíz-húsz éve még képtelenségnek tűnt. Így tehát biztosan állíthatom, hogy ha ma lennék egyetemista, ugyanezt a kutatási területet választanám. A problémák egy része ma sem megoldott, így például a gépi fordítás ugyanazokat a nehézségeket rejti, mint húsz vagy harminc éve, csak akinek ma jó megérzései vannak, az gyorsabban tudja ezeknek az intuíciónak a helyességét vagy helytelenségét igazolni, így a húsz-huszonöt évvel ezelőttnél lényegesen hatékonyabban lehet ma végezni a kutatásokat.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Ahhoz, hogy eredményesek legyünk, tudni kell, hogy mi számít eredménynek a világban, azaz ismerni kell a területen folyó kutatás-fejlesztéseket, olvasni kell a szakirodalmat. Ugyanakkor nem szabad azzal túl sokat sem foglalkozni, hogy mások mit csinálnak, nehogy a saját intuíciónk lássa ennek kárát. Egy más területről vett példával azt szoktam mondani, hogy amelyik zenész úgy akar megtanulni improvizálni, hogy állandóan Bach improvizációként született műveit tanulmányozza tudományos alaposan, az sokszor már nem is mer rögtönözni, mert fél, hogy Bach ezt is meg azt is jobban csinálta... Ebben kétségtelenül van némi ellentmondás: egyrészt figyelni kell a többiekre, másrészt nem szabad a többiekre figyelni. Aki itt megtalálja az egyensúlyt, annak van esélye, hogy a csúcstechnológiai területeken is nagyot alkothasson.

Prószéky Gábor

MorphoLogic

1126 Budapest, Orbánhegyi út 5.

<http://www.morphologic.hu>

PPKE Információs Technológiai Kar, Multidiszciplináris Műszaki Tudományok, Doktori Iskola

1083 Budapest, Práter utca 50/a.

<http://www.itk.ppke.hu/posztgrad/mmt-di.html>

Ruttkay Zsófia

Interaktív virtuális emberek

Ruttkay Zsófia 1979-ben, az ELTE TTK-n alkalmazott matematika szakon végzett. 1990-ben és 2003-ban doktorált a BME-n. A KSH-ban, majd a SZTAKI-ban dolgozott. 1990 és 1994 között az amszterdami Vrije Universiteit Matematika és Számítástudományok Tanszékén vendégkutató. 1994-ben megalapítja a Vierkant voor wiskunde (Öröm a matematika) Alapítványt. 1997-től az amszterdami Matematika és Számítástudományi Központ Szociális Felhasználói Felületek Csoportjának vezető kutatója, 2004-től a Twente Egyetem Számítástudományok Tanszékén docens. A 2005-ös évet Szent-Györgyi Ösztöndíjasként a Pázmány Péter Tudományegyetem Információtechnológiai Karán tölti.



Diplomamunkáját az idegrendszer egyik matematikai modelljéről írta. Mennyire számított újdonságnak a téma a hetvenes évek végi Magyarországon, illetve mennyire határozta meg akkori kutatásait az interdiszciplináris szemlélet?

Visszanézve, valóban interdiszciplinárisnak tűnik, de akkor egyáltalán nem tekintettem egy életre szóló program első állomásának. Inkább önmagában érdekelt az a kérdés, hogy matematikai modellel fel lehet-e térképezni az idegrendszer, adott esetben a macska látóideg-központjának szerkezetét, tesztelni lehetséges anatómiai konfigurációkat. Az Anatómiai Intézetes Lábás Elemérrel dolgoztam együtt. Akkoriban újdonságnak számított, hogy egy anatómiai struktúrát az észlelt jelenség, nevezetesen neuronok kisülési mintáinak matematikai modellje alapján határozzunk meg.

Hogyan alakult további magyarországi pályafutása? Miként jutott el a mesterséges intelligenciáig, az ágenskutatásig?

A tudományos pályafutásom, mely egyben MI vizeire evezést is jelentette, a SZTAKI-ban kezdődött. Először természetesnyelv-elemzési munkát végeztem, majd Hatvany József hívott meg a csoportjába, ahol óriási erővel és lelkesedéssel a gép-gyártástechnológia területén kezdtek mesterségesintelligencia-eszközöket használni. Hatvany az időben abszolút kiemelkedő szakmai feltételeket és környezetet teremtett ehhez a munkához csoportjának, melyben Márkus András és Váncza József voltak kollegáim. Gépészeti problémákat – például az Ikarusz számára hegesztő munkahelyek konfigurációját – oldottunk meg újfajta kereső algoritmusokkal. Erről, illetve a folytatásról a Váncza Józseffel készült interjúban olvashatnak (Technológiai tervezés és terméktervezés, <http://www.agent.ai/main.php?folderID=150&articleID=513&ctag=articlist&iid=1.>)

Több MI területet, például a – csak jóval később felkapott – genetikus algoritmusokat akkor és ott ismertem meg. Ezt később aztán az Amszterdami Vrije Universiteit-en, a VU-n is használtam egy elméletibb munkához, korlátozás kielégítési feladatok – a MI egy másik bugyra – újfajta, nem-determinisztikus megoldó algoritmusainak alapjaként. Akkor, 1993 körül kezdett csak a világban felívelni a genetikus algoritmusok napja, és én a vagy 5 évvel korábbi SZTAKIs tapasztalataimmal tudtam élvonalba kerülni. A VU-n ma az emberi szocializációt és az ember társadalmi viselkedését modellező egyik nagy európai uniós projekt szintén genetikus algoritmusokat használ. Ugyan ma már nem követem, hol tart igazán ez a terület, de még csordogál mindenképpen...

Milyen kutatásokat folytatott a Vrije Universiteit-en, valamint a Vierkant Alapítvány keretében?

A két tevékenység jellegében és időben is különböztek. Először az egyetem meglehetősen elméleti beállítottságú, logikai alapú és MI-csoportjában dolgoztam. Részben a tervezés logikai modellezésével foglalkoztam, részben – ahogy már előbb említettem – genetikus algoritmusokkal, illetve korlátozás-kielégítéssel. Egyébként akkor olvastam először egy, a virtuális lények modellezéséről szóló könyvet. Mindenféle vad ötleteim születtek, például virtuális karmesterről, amire aztán tíz évvel később sor is került. A papíron maradó tervekkel szemben alkalmazások és a gyakorlatban kipróbálható modellek építése felé hajlott az érdeklődésem. De még mielőtt virtuális emberekkel kezdtem volna foglalkozni, tettem egy kitérőt a matematika oktatása felé.

Az egyetemen a matematika és a számítástudományi tanszékek közel voltak egymáshoz, és a matematikus kollegákkal beszélgetve nap, mint nap tapasztaltam az egyetemi matematikusképzés válságát. Ha az elsőéves hallgatók száma meghaladta a tizet, örültek az oktatók. Még akkor is, ha a tizből kilenc soha életében nem bizonyított egyetlen tételt sem, sőt nem is találkozott olyan fogalmakkal, mint definíció és tétel. Egyéb csatornákon keresztül szintén láttam, mennyire más a holland középiskolai matematikatanítás, mint az akkori hazai. Szakmabeliekkel beszélgetve merült fel, hogy „na most megmutathatom”, hogy a magyar szemlélet és gazdag tradíció – például nyári matektáborok gyerekeknek – működne a teljesen más holland társadalmi környezetben is. Az egyetem biztosított lehetőséget – nem utolsósorban abban a reményben, hogy ha több középiskolás szereti meg a tárgyat, több lesz a matematikus egyetemi hallgató. Támogattak egy, a matematikát a középiskolás gyerekeknek a Magyarországon honos, elvont, ugyanakkor tevékeny megközelítés szerint kínáló alapítvány létrehozásában. Nagyon érdekes és sikeres időszak volt. Sokan évekig visszajártak a táborokba, holland tanárok több alkalommal eljöttek Magyarországra tanulmányozni a matematikaoktatási módszereket, magyar anyagokat fordítottunk hollandra. Az alapítvány ma is él, és működik. Én nagyon elégedetten tértem aztán vissza a saját szakmámba, különösen hogy meghívtak a CWI-be dolgozni.

Több projektben vett részt, így az 1996-2001-es FASE-ben és a 2000-2003 közötti EU-s Ambiente-ben is. Ismertetné ezeket?

A FASE a Facial Analysis and Synthesis of Expressions akronimja. Holland OTKA-szerű nemzeti projekt volt. Azzal a kérdéssel indult, hogy hogyan lehetne számítógépes arcon reprodukálni az emberén megjelenő érzelmeket. Két csoport dolgozott együtt: egyrészt az emberi arcokon lejátszódó dinamikus kifejezéseket felismerni hivatott képelemzők, másrészt mi, akik három, illetve kétdimenziós arcmodelleken jelenítettük meg ezeket a kifejezéseket. A projekt nehezebbnek bizonyult a tervezettnél. Mivel akkor még nem volt megfelelő arcmodellező és animáló eszköz, létre kellett hozni egyet, mellyel a semmiből lehet arckifejezéseket előállítani, szerkeszteni. Már ezen a ponton bejött az MI, ugyanis a szerkesztőt „megfejeltem” egy olyan résszel, aminek a segítségével kijelenthető, hogy például valakinek aszimmetrikus a mimikája, ideges vagy nyugodt az arc mimikája, illetve, mik általában az arckifejezések jellegzetességei. Ez a deklarált jellemzés aztán segíti az animátort, hogy magas szinten, gyorsan készíthessen a feltételeket kielégítő arc animációkat. Az eszközzel azóta is készítünk virtuális arcokat, melyeken a tekintet, a szemöldök és szájmozgás szerepét, jellegzetességeit vizsgáljuk.

Ezt a jobbjára alaputatást – részben az általunk kifejlesztett eszközre is építve – követte egy másik, immáron EU-projekt, aminek a keretében egy virtuális lény a jövő otthonának falán köszönti a belépőket, és beszélget velük. Az Ambiente, illetve a Philips fejlesztőinek elképzelése szerint ilyen inas bármelyik falon megjelenhet a nagy lapos képernyőn. Megfelelő szolgáltatásokat nyújt: beszélget, tudja, mi a kedvenc filmünk, figyelmeztet, ha minket érdeklő műsor lesz a tévében, de, ha teljes alakú a virtuális inas, akár a reggeli tornagyakorlatunkat is levezényli. A kiállított beszélő fej azonban egyelőre csak üdvözli az érkezőt.

Mi a profilja a Szociális Felhasználói Felületek Csoportnak?

Valahogy el kellett nevezni a csoportunkat, és a Social User Interfaces-t találtuk ki. Elég tágnak éreztük ahhoz, hogy ne csak grafikára lehessen asszociálni. Ki is derült, hogy például a kifejező beszédétől, a nyelvi tartalomtól lehetetlen elvonatkoztatni, még ha elsősorban a virtuális emberek nem-verbális kommunikációja érdekel is bennünket. Az elnevezés arra akar utalni, hogy a korábbi felhasználói felületekkel szemben egy virtuális lény az emberhez hasonló módon, szociális szokásoknak is megfelelően kommunikáljon a képernyő előtt ülő, vagy akár a mobiltelefonját használó emberrel. Egy virtuális lénynak nem kell tökéletesen élethűnek, szakszóval fotorealisztikusnak lennie, ami ma még amúgy is megoldhatatlan feladat. Lehet absztraktabb, karikatúraszerű, de viselkedésében mindenképpen életszerű és hiteles!

A CharToon szoftver jól szemlélteti az arckifejezések terén végzett munkáit. Ugyanehhez a témakörhöz – tágabb értelemben az affective computing-hoz – kapcsolódik az 1999-ben fejlesztett EmotionDisc is. Mi teszi egyedivé a CharToont és az EmotionDisc-et?

Az akkori piacon nem találtunk arcdinamikát tizedmásodpercenyi pontossággal meghatározó számítógépes eszközt, és ezért hoztuk létre a már említett fejlesztésünket. A CharToon szoftver ennek a munkának volt a mellékterméke. Később több kutatóintézetben is használták. Az egyik szolgáltatása az úgynevezett „Érzelem Korong” (Emotion Disc). Egy holland pszichológus-társaság számára dolgoztuk ki. Arra voltak kíváncsiak, hogy nagyon leegyszerűsített, már-már smiley-szerű fejek alkalmasak-e bizonyos érzelmek átvitelére. Azt hittük, egyszeri eszközről van szó, de igen népszerű lett, mivel néhány megadott arckifejezés keverékeként végtelen sok változatot lehet vele könnyen, csupán az egér mozgatásával előállítani. A Paul Ekman szerint általánosan érvényesnek talált, Afrikában, Európában, Ázsiában ugyanúgy képződő alap-arckifejezések – öröm, meglepetés, félelem, bánat, düh és undor – egy kör mentén helyezkednek el. Az elrendezés alapja egy 1952-es pszichológiai tanulmány: érzelmeket tükröző arc fényképeket kellett a kísérleti alanyoknak minősíteniük, ami a kör-szerű elrendezést eredményezte. Az elrendezés tudományos tartalma azóta is vitatott, de az elv a gyakorlatban bevált.

Miért van szükség arra, hogy a virtuális lények arcának rezdüléseivel is foglalkozzunk, az igazán fontosnak tűnő jól artikulált szájmozgás mellett?

Ha a képernyőn emberi arcot alkalmazunk, nem tekinthetünk el az érzelmi dimenziótól. Mi emberek azt is értelmezzük, ha semmilyen érzelmet nem fejez ki egy arc. Nagy meglepetést okozott a Stanfordon kutató Clifford Nass munkáival való megismerkedés. Az ő nevéhez fűződik a CASA (Computers Are Social Actors) paradigma. Sok rafinált kísérlet alapján állítja, hogy az emberek a számítógéphez is úgy viszonyulnak, mintha élőlény lenne. Mindenki tudja a saját tapasztalatából: beszél hozzá, dühösen ha éppen lefagy a rendszer, vagy elismeréssel adózik ha valamit ügyesen megcsinál helyette. Ez még inkább igaz, ha emberi arc látható a képernyőn. Meglepő, mert tudjuk, hogy virtuális a lény és mégis a legkisebb jelek – hova tekint, milyen a szemöldök-mozgása – alapján szimpatikusnak, nyíltnak, vagy éppen ellenszenvesnek ítéljük a látott pixelhalmazt. A kialakított benyomásnak mérhető következményei vannak. Például, ha nem szimpatikus a virtuális lény, az alkalmazások során kevésbé sikeresen tölti be a rá szabott funkciót: termékek eladását, konzultációt, tanítást. Tehát egy virtuális lény fejlesztésekor abszolút figyelembe kell venni az érzelmi hatásokat is.

Arckifejezések, mozgásfeldolgozás, nem-verbális kommunikáció – mindegyik területen számos, például művészeti alkalmazása lehetséges. Hogyan kapcsolódnak ezek a kutatások (színtetikus karakterek, stb.) a videóhoz és a filmhez?

Többféle kapcsolat létezik. Egyrészt, a mi szakmánkban, ha hiteles arckifeje-

jezéseket, gesztusokat akarunk megjeleníteni, tudnunk kell, mi történik az emberek közötti kommunikációban. Ám ezt az esetek nagy részében nem tudjuk, mert általában nincs elég, megfelelő körülmények között rögzített, kiemezett esettanulmány, normatív leírás a nem-verbális kommunikáció egyes jelenségeiről. Viszont a művészek, például az animátorok öntudatlanul alkalmaznak bizonyos szabályokat, és nagyon jó megfigyelők. Egy ideig mi is dolgoztunk egy – képregény- és karikatúra-rajzoló képzettséggel rendelkező – francia művészszel. Sokkal gazdagabb és kifejezőbb arcokat tervezett azoknál, mint amiket a mi kísérleti alanyaink, az igazi emberek elő tudtak idézni kísérleti körülmények között. A művész által készített arckifejezéseket elemeztük, azok alapján állapítottuk meg az összefüggéseket, az ember közvetlen tanulmányozása helyett. A művész már absztrahált, kiemelte a lényegét.

Az arcszintézis idekapcsolódó területe, az élethű másolatok helyett jobban felismerhető, jellemzőbb – karikatúra-arcok készítése, már a virtuális lények születése környékén felmerült. Azóta három-négy olyan modell és eszköz is készült, mellyel egy fénykép alapján karikatúra arc készíthető. Az, hogy hogyan animálhatunk karikatúraszerűen, még ma is tudományos cikkek témája.

Ha általánosabban nézzük a realizmus és absztrakció kérdését, meg kell említeni a számítógépes grafika nem-realistikus megjelenítéssel és animálással foglalkozó ágát, mely az utóbbi tíz évben virágzik. Bármennyire is imponálók egyes számítógépes grafikai ábrázolások, az így készült virtuális világok mindig valamennyire hideg, természetellenes benyomást keltenek. Továbbá kiderült, hogy az akár ipari terméket ábrázoló vízfestmény, vagy krétarajz megkapóbb, kifejezőbb a részletgazdag, háromdimenziós, de mégiscsak fémes benyomású megjelenítéseknél.

Mennyiben függ össze mindezzel az „interaktív matematika”. Mit jelent a terminológia, illetve milyen művészeti vonatkozásai vannak?

Az interaktív matematikai projektek Vierkant Alapítványos tevékenységemhez kapcsolódik. Miközben a hagyományos absztrakt matematikai felfogás tanítása Hollandiában újdonságnak számított, egy másik területen én tanultam sokat. Magyarországon még nem terjedt el, hogyan lehet számítógépet használni matematikai felfedezésekhez. Mivel tudtam programozni, örömmel láttam hozzá, hogy interaktív matematikai segédeszközöket készítek elsősorban gyerekek számára. Egy ilyen az 1600-as évektől a XIX. századig használatban lévő, eredetileg fából csuklós csatlakozásokkal épített matematikai másolóeszközök számítógépes szimulációját. A kiderítendő kérdés, hogy mit tesz egy ilyen szerkezet: másol, nagyít, forgat? A gyerekek lépésről lépésre maguk találhatják ki a választ, és bizonyíthatják annak helyességét. A bizonyítás interaktív, mert a gyerekeknek is részt kell venniük benne, úgy jutnak el a végső konklúzióig. Javasolom, hogy az olvasó játsszon el ezekkel a virtuális geometriai

eszközökkel, és próbálja ki egy interaktív bizonyítást a weboldalamon (<http://hmi.ewi.utwente.nl/zsofi/machines>).

Egy másik ilyen projekt keretében japán geometria feladatokat, sangakukat tettem élővé, mozgóvá a számítógép segítségével. Ennek kifejezetten művészi verziója is született, egy holland számítógépes grafikus művész közreműködésével, egy másik, Művészet és Matematika (Ars et Mathesis) nevű alapítvány égisze alatt.

Miként látja az ágens kutatás jelenlegi helyzetét?

Akár az intelligens ágens, akár az intelligens virtuális emberek kifejezést használjuk, már maga a név sugallja, milyen óriási feladat előtt áll az egész tudomány. Csupán az érzékelhető jelenség, az emberéhez hasonló kommunikáció szimulálása is rengeteg részlet egyenkénti és együttes megoldását igényli: kell, hogy a beszéd intonációjában, színében, ritmusában kifejező legyen, szinkronba kerüljön az arckifejezésekkel, kézmozgásokkal, azok változatosak legyenek, a szintetikus arc és kézmozgás éppen olyan sokat áruljon el a beszélőről, mint az emberi kommunikáció során! A mai technológia még távol áll egy-egy rezdülésnyi arc mimika, vagy a hang áruklódó elcsuklásainak minőségi reprodukciójától, szintézisétől.

Érdekes, hogy a virtuális lényeket pszichológusok is használják. Ez a technológia teszi lehetővé, hogy kiderüljön, egészséges illetve bizonyos betegségben szenvedő emberek hogyan értelmezik egyes arckifejezéseket, azok időbeli sajátosságait.

A multimodális kommunikáció mellé újabb MI dimenziókat hoz be a képbe, ha ágensünket intelligenciával akarjuk felruházni, hogy lehessen tartalmasan beszélgetni velük, önálló feladat-megoldásra sőt tanulásra készíteni őket...

Végül, de nem utolsó sorban, fel kell mérnünk, milyen alkalmazásokhoz, milyen virtuális lényeket célszerű használni.

Érdekes kérdés, hogy a virtuális lények mennyiben szárnyalhatják túl a mindennapokban megszokott kommunikációs formákat. Az emberek szinte állandóan – öntudatlanul is – alkalmazkodnak egymáshoz. Az ágensek viszont akár minket meghaladó módon is képesek lennének erre: küllemükben, fizikai adottságukban. Hogyan lehet ezt a technikai lehetőséget különböző célokra felhasználni? Egyelőre csak filmekből ismerjük, hogy egy fej átalakulva réműletet kelt, de például miként lehetne a virtuális lény megjelenését finoman változtatva, azt szigorúbb és így eredményesebb tanítóvá, vagy ha kell, éppen jószágos, empatikus tanító bácsivá alakítani? Itt belép az érzékelés a képbe: ezeket a folyamatokat, miként a virtuális lény majd minden reakcióját is; a vele beszélgető ember visszajelzései kell, hogy szabályozzák. Gondoljunk csak arra, hogy mennyire illúzióromboló, ha egy virtuális lény nem veszi észre, hogy már nincs senki a képernyő előtt, hanem tovább mondja a magáét. Vagy hogy (angolul) férfiként szólít meg minden arra járó. A virtuális lényel beszélgető ember érzékelése olyan további tudományterületek feladata, mint a beszéd felismerés és

gépi látás. Rengeteg megválaszolatlan kérdés, nyitott probléma vár még a szakmára. Az ágens kutatás is átéli egy kicsit, amit az MI- és a természetesnyelv-kutatás korábban megélt: újdonságnak számított, nagyon nagy és gyors sikert vártak tőle; ami elmaradt, irreális volt néhány éven belül áttörő megoldásokat remélni. Ugyanígy nem várható el, hogy egy virtuális lény három-öt éven belül átmenjen a Turing-teszten, a Turing-tesztet most csak az emberi kommunikációra értve. Véleményem szerint még messze az idő, amikor egy virtuális lényel beszélgetve nem lepleződik le egykettőre, hogy partnerünk egy számítógépes modell, nem egy igazi ember.

*Elsősorban beszélgető ágensekkel foglalkozik. 2004 nyarán jelent meg Catherine Pelachaud-val közösen szerkesztett *From Brows to Trust (A szemöldöktől a bizalomig)* című kötete, melyben ezt a témakört elemzik.*

A könyv tanulmánygyűjtemény; *Virtuális lények kiértékelése* az alcíme. Arról szól, hogy az eufórikus első évek után – ha tényleg alkalmazni akarjuk az ágens-technológiát – milyen elvek alapján készítsünk virtuális lényeket, hogyan értékeljük ki, milyen szempontok szerint döntünk célszerű alkalmazásukról, mikor váltsuk fel velük a hagyományos eljárásokat. Rengeteg erkölcsi probléma is felmerül. Ezek a kérdések ma nemcsak engem, illetve a könyv szerzőit foglalkoztatják, hanem a szakma nagy öregjeit is (akik, tizenöt éves múlttól lévén szó, maguk nem öregek.) Tavaly márciusban egy teljes hétre összegyűlt a híres dagstuhli konferenciaközpontban majd mindegyik nagy név, hogy ezeket a kérdéseket megvitassa.

Konklúzió?

Ma már nem elég egy emberszerű lényt bemutatni, kiértékelési tanulmányt is kötelező a munkákhoz mellékelni. Nem elég az, hogy milyen jópofa az ágens, milyen szépen gesztikulál, hanem statisztikailag megbízható, megalapozott eredményeket kell közölni arról, hogy mindezt miként érzékeli beszélgetőpartnere, az ember.

Egy másik konklúzió, hogy nagy szükség lenne a tárgy tanítására több egyetemen, és a tudományos cikkek mellé egy amolyan szakácskönyv-szerű kötetre is – arról, hogyan építsünk virtuális lényeket. Ez ma egy kicsit még mindig inkább művészet, mint tudomány. Például mik a kritériumai a különböző modalitások konzisztenciájának? Mikre kell figyelniünk egy virtuális lény tervezésekor? Kelle mindig teljes életnagyságú lény, vagy elég egy beszélő fej? Mi a realiztikus és a művészi ábrázolás hatása?

A potenciális felhasználói réteg igényeit szintén figyelembe kell venni: a virtuális és igazi lény személyiségének hasonlóságát, az adott kulturális környezet elvárásait (másként kell gesztikulálnia egy japánnal, mint egy amerikaival).

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Mint matematikus, a mai napig azt mondom, hogy az alapos elméleti képzés és az absztrakció készsége elengedhetetlen az alkalmazott kutatások esetében is. Érdekes módon éppen a legutóbbi tíz-tizenöt év során végzett munkáimban tapasztaltam, hogy a matematikus másként és talán a lényegét jobban megőrizve, megragadva képes látni dolgokat, mint egy programozó, vagy sok más, empiriára építő tudományterület művelői. Fontos a modellalkotáshoz szükséges absztrakciós készség fejlesztése. Ugyanakkor mi szakmánkban elkerülhetetlen a bemutatás, az implementáció, a megnyerő, meggyőző, esetleg művészek bevonásával készített, hangos animáció.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Mindenképpen szükséges feltétel, hogy a projektekből különböző helyekről, országokból, tudományterületekről érkező emberek működjenek együtt. A saját szakmabeli abszolút kompetencia előfeltétel, ám még nem elegendő. Az együttműködést az egymásra való figyelés, a másik szakterületéről való tanulás vágya, más tudományterületek inspirációja teszik eredményessé. Az ágenskutatóban sokszor tapasztaltam, hogy így működött.

Ha most lenne egyetemista, milyen szakra járna, illetve milyen szakokat javasolna a felvételi előtt álló fiataloknak?

Ismét matematikusnak mennék. A fiataloknak pedig olyan területeket javasolnék, ahol érvényesülhet a kreativitás és a fantázia. Matematika, biológia, tulajdonképpen majdnem minden tudományterület, művészet. Talán könnyebb megmondani, mit nem tanácsolnék: a csak a meggazdagodást célul kitűző szakmákat. Idősebb emberek esetében is látom, hogy a kreatív szellemi munka egy életre szóló örömforrás, inspiráció, izgalom.

Ruttkay Zsófia

University of Twente Department of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science
P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands

<http://www.ewi.utwente.nl>

PPKE Információs Technológiai Kar

1083 Budapest, Práter utca 50/a.

<http://www.itk.ppke.hu>

Sántáné-Tóth Edit

Zeneiskolától a szakértő rendszerekig

Sántáné-Tóth Edit a Szegedi Tudományegyetem matematika tanári szakán végzett 1961-ben, az első programtervező matematikus évfolyamon. Az első hazai számítógép, az MTA Számítástechnikai Központjának M3 gépe mellett kezdte, majd a Dunai Vasműben alkalmazásokkal eltöltött kilenc év után kutatás-fejlesztési munkákat végzett az INFELOR, a SZÁMKI, az SZKI, az IQSOFT intézményekben. 1978-tól közel 25 évig a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság MI Szakosztályának titkára. 1993 óta nyugdíjasként különböző felsőfokú tanintézményekben folytat rendszeres oktatói tevékenységet. Leginkább októnak, összegzőnek vallja magát.



Miért olyan fontosak az Ön számára a Békéstarhosi Zeneiskolában töltött évek?

Eredetileg zenész szerettem volna lenni. Életem meghatározó négy évét a Békéstarhosi Zeneiskolában töltöttem, ahol az iskola demokratikus szelleme mellett az értelmes feladatok megtalálásának, a vállalt feladatok korrekt megoldásának, mások problémái iránti érzékenységnek, a jó hangulatú csapatmunkának az igénye, a kudarcokból való tanulás képessége, a tolerancia és az értékek szigorú mércéje hatott leginkább rám. Ezen kívül egy-egy előadási darab interpretálásával kapcsolatos munka: mi lehetett a zeneszerző szándéka, az mit jelent számomra, és azt hogyan tudom zongorajátékommal (mások számára is) „elmondani”. Ez igen jó előgyakorlatnak bizonyult a későbbiekben az oktatási anyagok összeállítására és az összegző jellegű dolgozatok elkészítése során.

Ismertetné röviden a pályafutását?

Ha az elejéről kezdem, félek, nem tudok rövid lenni. Harmadéves középiskolás voltam, amikor a Békéstarhosi Zeneiskolát bezárták, és egy hét alatt kellett másik iskolát találnom. Egy békéscsabai középiskola fogadott be, ahol többek között matematikából és fizikából kellett különböző vizsgát tennem. Egy remek pedagógus, Bayer Jenőné segített a felkészülésben; máig hálás vagyok neki. Úgy megszerettette velem a matematikát, hogy a Szegedi Tudományegyetem matematika-fizika tanári szakán tanultam tovább (zenei tanulmányaimat azért folytattam egyetemi éveim alatt is). Az analízist és a matematikai logikát Kalmár László professzor tanította. Amikor elvégeztük a másodévet, a fizika tanári szak alternatívájaként ő indította be hazánkban az első (ma úgy mondanánk) programtervező matematikus szakot, amit 1961-ben négyen végeztünk el.

A gyakorlati félévét az MTA Számítástechnikai Központjánál (korábban: Kibernetikai Kutatócsoport) működő első hazai számítógép, az M3 mellett töltöttem, és friss diplomásként is itt helyezkedtem el. (Diplomamunkámban szerepelt egy kétmenetes fordítóprogram, amely az M3 gép kvázi-szimbolikus nyelvéről az URAL-2 gépi kódjára fordított. Később speciális differenciálegyenletek sajátértékeinek kiszámolását végző M3 rutinokat írtam.) Lakásproblémánk megoldása végett azonban hamarosan leköltöztünk Dunaujvárosba, ahol a Dunai Vasmű operációkutató csoportjában dolgoztam Gémes Ferenc vezetésével. Egészen mást kellett itt csinálni, mint amire az elméleti jellegű egyetemi kurzusok felkészítettek: az ipari üzem által diktált napi feladatokat kellett megtalálni, megérteni, majd megoldani. Ráadásul nem helyben, hanem Budapesten működő különböző intézményekben, bérelt számítógépeken – ami rendszeres utazással, gyakori éjszakai programfuttatással járt. Fontosabb teammunkáink: hideg- és meleghengermű termelésirányításának támogatása, martinkemencék optimális kampányhossza, vállalati tényleges önköltségszámítás, acélműi kalkulációs programok, tűzálló téglagyártás lineáris programozása. Több munkánk úttörő jellegű volt, ezekre a határon túl is felfigyelt a kohászati szakma. Kemény lecke volt ez azért is, mivel az akkori idők tervgazdálkodási szelleme ellene hatott az optimalizáló technikák alkalmazásának. Utólag látom, hogy az itt szerzett tapasztalatok (mármint eddig ismeretlen szakterületek megismerése, az ottani szakértőkkel való együttműködés, munkaszervezési megoldások) nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy később legyen bátorságom szakértő rendszerekkel foglalkozni, ilyen munkákat összefogni.

Ez utáni munkahelyeimen már K+F munkákban vettem részt. 1970-től 1977-ig az Infelorbán, majd 1977-től a SZÁMKI-ban kisszámítógépek (VT 101/B, VT 101BM, majd R10) alapszoftvereinek honosítási, illetve különböző komponenseit kidolgozó munkákkal (MiniCOBOL fordítóprogram, MADAM lekérdező nyelv, VIDOS rendszer szimulátora, könyvtárkezelő rendszere stb.), majd a szoftverkompatibilitás elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkoztam. Az utolsó években az absztrakt programszifikációs és tervezési módszerekkel való megismerkedés után részt vettem a Dömölki Bálint által vezetett strukturált absztrakt programszifikációs módszer (SAM) projektben. Emlékszem, hogy egy 1975-ös szegedi konferencián e témában tartott előadásomat Kalmár professzor zárószavában kiemelte – ennek azért örültem, mert korábban Digitális számítógépek programozásának kérdései témában nála kezdtem meg aspiránsi tanulmányaimat, és még hiányzott a disszertációm.

1977-től 13 éven át a Dömölki Bálint vezette SZKI Elméleti Laboratóriumban a programtervezés és -alkalmazás korszerű technológiai eszközeinek és módszereinek elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkoztam. A hazai PROLOG-fejlesztés korai stádiumában részt vettem egy logikai alapú tervező nyelv, az LDM kidolgozásában. Időközben érdeklődésem a mesterséges intelligencia, ezen belül a szakértő rendszerek elméleti és megvalósítási kérdései felé fordult.

Ekkoriban kezdtem ismeretterjesztési, majd oktatási célú anyagokat írni, különböző tanfolyamokon előadásokat tartani. A laboratóriumban Szeredi Péter szakmai irányításával hamarosan beindultak az MProlog nyelv implementálási munkálatai. Az 1989-ben megalakított Alkalmazási Osztály vezetőjeként az MProlog alkalmazások és szakértő rendszerek fejlesztését támogató eszközkészletek fejlesztése mellett feladatomból volt a hazai szakértő rendszer projektek támogatása, összefogása (ami közel negyven hazai és jó néhány külföldi intézménnyel való kapcsolattartással járt együtt). Nagyon sok tehetséges kollégával volt szerencsém együtt dolgozni ezekben az években; nevüket hosszú lenne felsorolni. Érdekességként megemlítem egyik, a Dunai Vasműben végzett munkákat idéző nemzetközi projektünket, amely a Kassai Hideghengermű részére egy termelésstervező szakértő rendszer készítését célozta (amelyet sajnos a külföldi fejlesztő partner kapacitás hiányában nem tudott végigvinni). Sok MProlog alkalmazási projektünk volt. Ezek hozták azt az ötletet, hogy eszközöket dolgozzunk ki az MProlog alapú alkalmazásfejlesztések támogatására. Ilyen volt a speciális alkalmazások számára tervezett *frame* alapú nyelvkiterjesztést jelentő FAIR, az intelligens párbeszédkezelő MProlog Dialog, valamint az MProlog programokat szakértő rendszerként futtató (így a felhasználó számára magyarázatot adó) MProlog Shell is. Mire azonban a Dialog és Shell felhasználói kézikönyvei megérkeztek a nyomdából, a nemzetközi MI-piac időlegesen befagyott (1989: AI winter). Ilyen körülmények mellett vitte magával az MProlog termékeket az SZKI-ból 1990-ben kivált IQSOFT.

1990 őszén, amikor a japán 5g projekt résztvevőiből álló harmincfős delegáció Magyarországra látogatott, a hazánkban fejlesztett mesterségesintelligencia-eszközökről és -alkalmazásokról kellett előadást tartanom. Még most is emlékszem az anyag kidolgozásának feszített napjaira. Végül is ez az előadás (főleg azonban a korábban kialakított kapcsolatrendszer) alapozta meg az ezután megjelent további összegző dolgozatok írását.

A hazai munkák összefogásában sokat segített az, hogy 1978-tól majdnem huszonöt évig voltam az NJSZT Mesterséges Intelligencia Szakosztályának titkára. 1979-85 között szervezője voltam A programozás elméleti és gyakorlati kérdései című SZKI-SZÁMALK-NJSZT szemináriumsorozatnak, amely igen jó műhelynek bizonyult a kurrens MI-technikák és -alkalmazások iránt érdeklődők számára. Itt a fontosabb hazai eredményekről maguk a fejlesztők adtak számot. Külföldi eredményeket ismertető kitekintő előadásokat is szerveztünk. Jó kis csapat volt. Előre összeállítottuk a havi programot, így a résztvevők választhattak, mire jönnek el. A hetente tartott szemináriumokat átlagosan hetven-száz fő látogatta; vidékről és a szomszédos államokból is voltak rendszeresen látogatóink. A japán 5g projekt anyagának tematikus feldolgozásának előadásain a létszám gyakran elérte a 150 főt. Szerveztünk az SZKI-n belül intézeti iskolát és modelleméleti szemináriumot is. Az akkori szakmai élet pezsgését az is jelezte, hogy az *Információ Elektronika* és a *Mérés és Automatika* szakfolyóiratban sorra

jelentek meg a hazai és külföldi eredményekről szóló cikkek, kutatási területeket bemutató tematikus cikksorozatok, illetve célszámok az 5g anyagaiból, a szakértő rendszerekről és az MI egyéb területeiről. Az *Információ Elektronika* szerkesztőbizottságának tagjaként én is szerveztem ilyen akciókat. Sajnos e folyóiratok 1990 táján megszűntek. 1992-től a népszerűsítő célú (*Új*) *Alaplap* még adott lehetőséget MI témájú dolgozatok megjelenésének; Tudástechnológia c. rovata az MI kutatási területeit bemutató tematikus cikksorozattal indult. Mai szemmel szinte hihetetlennek tűnik, hogy a 70-es és 80-as évek szakmai pezsgésében ismereteit, ötleteit mindenki szívesen megosztotta az érdeklődőkkel – 1990-től már inkább a piac befolyásolja ezt. Változott a világ.

Gyakran írt összegző jellegű munkákat, illetve oktatói tevékenysége is ilyen irányú.

Az SZKI-ban gyakran kellett ellátnom összefogó, összegző jellegű feladatokat. Nagyon érdekes munkák voltak ezek, amiket kifejezetten szerettem. A témakör egyre tágult: először MProlog, majd szakértő rendszerek, végül MI. Az első a hazai MProlog fejlesztésekről és korai alkalmazásokról szóló K+F tanulmány volt, amelynek Szeredi Péterrel együtt 1982-ben átdolgozott és bővített változatai több helyen megjelentek. A hazai szakértő rendszerekről szóló, a szerzők által készített prospektusszerű leírásokból szerkesztett gyűjtemény segített, amikor 1990-ben a japán delegáció számára egy hazai helyzetképet kellett összehoznom. Ez az anyag is megért több aktualizálást – gyakran maguk a fejlesztők kerestek meg, hogy vegyem be új projektjüket vagy új publikációikat az anyagba. (Élveztem, mert amit csináltam, az sok ember számára volt fontos és hasznos.) Végül egy hazai MI-konferencián tartott előadás után felkérést kaptam, hogy egy rangos külföldi folyóirat Magyarországot bemutató célszáma számára írjam át a munkát.

1996-ban nagy megtiszteltetés érte hazánkat: a páros években megrendezett európai mesterségesintelligencia-konferenciát (ECAI) a volt szocialista országok közül először Budapesten tartották meg, a NJSZT szervezésében. Ennek kapcsán az európai szervezők felkértek minden országot, hogy állítsanak össze egy átfogó anyagot a nemzeti MI-kutatás-fejlesztés helyzetéről. A hazai MI-helyzetkép összeállítását szívesen vállaltam, mivel 1992-ben már megjelent egy külföldön élő fiatal kutató ösztönzésére készült ilyen témájú cikkünk. Annak 1996-os aktualizálása és kiegészítése azonban elég sok munkát, kiterjedt levelezést jelentett. (Az MI Szakosztály rendezvényei addigra megritkultak, az érdeklődők száma alacsony volt – így már nem voltam annyira „képben”, mint korábban.) Ez az anyag az NJSZT honlapjáról még mindig elérhető.

Emellett az ECAI '96 szervezőbizottsági tagjaként felvállaltam a „részletek” bemutatását is – mivel ez személy szerint engem is nagyon érdekelt. Ez egyrészt a hazai szerzők/társszerzők 1988 óta írt magyar és idegen nyelvű publikációiról szóló MI bibliográfia (beleértve a dolgozatokat magukat tartalmazó reprint

gyűjteményt), másrészt a hazai MI-technikákat tartalmazó fejlesztésekről szóló prospektusgyűjtemény összehozását jelentette. Az összegyűjtött bibliográfiai adatokat a kulcsszavak egyeztetése után az OMIKK vitte gépre – egyben saját állományait is bővítve. Később a Magyar Elektronikus Könyvtár kérésére átdolgoztam az anyagot, amit felvittek állományaik közé. Ez a sok hónapos intenzív felkérő-gyűjtő-rendező, fásasztó munka azonban nem hozta meg az elvárt eredményt (a négyszáz tételes bibliográfia nem reprezentálja hűen az akkori termést, az MI-fejlesztések prospektusaiból pedig csak húszat kaptam meg). Ma már egy ilyen munkát az internetre felvitt anyagokból lehetne indítani, intelligens ágens(ek) bevonásával...

Mivel korábban is mindig örömmel vállaltam oktatási feladatokat (végül is pedagógus családból származom), nyugdíjazásom után az oktatásban kezdtem keresni a magam örömét és korábbi tapasztalataim hasznosítását. 1995-ben írtam egy ismeret alapú technológiáról és szakértő rendszerekről szóló főiskolai jegyzetet; sok javított és bővített kiadás után az utolsó változat 2000-ben jelent meg a Dunaújvárosi Főiskola gondozásában. Társ szerzője vagyok egy orvos-informatikusok számára készített könyvnek is. Nagyon jó, hogy 1999-ben a hazai felsőfokú oktatási intézmények oktatói között részt vehettem – Futó Iván szerkesztésében – egy magyar nyelvű MI-könyv kidolgozásában. Ezekben a témákban viszont semmit sem lehet kőbe vésni; az ember néha azért fél megjelentetni dolgozatokat, mert két év múlva már aktualizálni kellene, és ezt a kiadók nem szeretik. Az elmúlt két évben intenzíven foglalkozom a döntéstámogató rendszerek irodalmával és gyakorlati alkalmazásaival. E tárgy oktatása során egyre inkább látom, hogy minden érdemleges szoftver (például egy szakértő rendszer) egyben döntéstámogató rendszer is. Most egy további jegyzetírás ötlete foglalkoztat.

Jelenleg is több felsőfokú intézményben oktatok (ELTE, Dunaújvárosi Főiskola, Budapesti Műszaki Főiskola, Veszprémi Egyetem és Soproni Egyetem) – nappalisokat, levelezőöket, mérnökasszisztenseket, szakinformatikusokat. Többször mentem előadásokat tartani a kolozsvári Babes-Bolyai Egyetem magyar nyelvű hallgatóinak is; öröm volt velük dolgozni, mivel az előadásokon gyakran tettek fel kérdéseket, mondták el saját gondolataikat. Nem mindegy ugyanis, hogy a hallgatók hogyan fogadják az elhangzottakat, hogyan dolgoznak a gyakorlatokon. A többi oktató kollégával együtt érzem: a hallgatók aktivitási szintje, motiváltsága az utóbbi években egyre csökken (kivéve a felnőtt hallgatókét). Egy oktató számára pedig az az igazi öröm, ha a hallgatók érdeklődnek, kérdeznek.

Dolgozott az MTA 1957-ben alapított Kibernetikai Kutatócsoportjában is. Hogyan értékeli mai szemmel a kibernetikát?

Annak idején eleinte félve mondtuk ki a kibernetika szót. Felnéztünk mindazokra, akik ezt a tudományt művelték. Kibernetika alatt a számítógépek és egyéb automatikus berendezések működtetésének és gyakorlati felhasználásának

elméletét és gyakorlatát értettük (de a szót magát nemigen használtuk). Büszkék voltunk arra, hogy az ország egyetlen elektronikus számítógépe, az M3 gépi kódjában programozva sokféle feladatot meg tudunk oldani. Aztán jött az autokód és a magasabb szintű nyelvek. Éltük a magunk rácsodálkozó idejét; emlékszem Kalmár László is feljárt hozzánk szemináriumokat tartani. Emberileg is nagyon jó kis csapat volt. Visszatérve a kérdésre: számomra a kibernetika egy technikatörténeti időszakot jelent.

Munkásságát a szakértő rendszerekkel kapcsolják össze. Milyen fejlesztésekben vett részt, illetve hogyan értékeli az elért eredményeket?

Nem szeretem használni a szakértő rendszer megnevezést. Első hallásra olyan szoftverre gondol az ember, amely komoly szakértői ismeretek alapján működik; azonban azt a megszorítást, hogy ez az ismeretanyag egy külön komponensben, az ismeretbázisban legyen tárolva, meghajtásáról pedig egy következtető gép gondoskodik, a megnevezés nem sugallja. Ráadásul a szakértő rendszer (*Expert System*) elnevezést a PC-k megjelenése után hamarosan lejáratták (1997-99-ben egy PC-s ismeret alapú keretrendszerben kidolgozott, bármilyen primitív ismeretek alapján dolgozó rendszert értettek alatta). Azóta is rossz szájjal ejtem ki ezt a szót, ugyanakkor nincs helyette más.

Már említettem, hogy az SZKI-ben évekig feladatomban volt a hazai szakértő rendszer projektek összefogása. Mi magunk is építettünk ilyen rendszereket, elsősorban MProlog nyelven, többnyire orvos-egészségügyi témákban (gyógyszerek és hatóanyagok kölcsönhatásának elemzése, speciális belgyógyászati vizsgálatok elvégzésének eldöntése, orvosi kezelések ütemezése stb.). Példaként hozom fel, hogy a Péterfy Sándor utcai kórház orvosaival készített húgyúti fertőzések antibiotikumkezelését támogató szakértő rendszer kidolgozása során megtapasztalhattuk, hogy egy ilyen rendszernek mennyire gyorsan kell követnie az orvosi ismeretek változását. (Ennek a rendszernek a bemutatásával egyébként minden jellegzetességet jól tudok demonstrálni az óráimon – egészen a hitelesítés problémájáig.) Szakértőink lelkes, szinte megszállott, nagy tapasztalattal rendelkező, vagy a szakmai elismerésért munkáló fiatal szakemberek voltak.

Hazánkban 1985-90 között a következő területeken voltak szakértő rendszer projektek (számuk zárójelben): orvos-egészségügy (16), kémia (10), számítástechnika (6), közgazdaság, pénzügy (8), építőipar (7), energetika (7) és egyéb ipari terület (11). Ezek közül harminc jutott kísérleti fázisba, illetve gyakorlati alkalmazásra. E korai hazai eredmények értékét főleg az adja, hogy sok ambiciózus szakértő és fejlesztő („tudásmérnök”) néhány év alatt szép eredményeket ért el (egyáltalán nem vált hátrányunkká, hogy az embargós korlátozások által okozott vákuum miatt mi csak később kapcsolódtunk bele a szakértőrendszerfejlesztésekbe). 1990-re közel negyven intézményben folytak ilyen projektek, számos intézmény szakértőinek közreműködésével, amire ma is büszkék lehetünk.

Később, a gazdasági váltás utáni években szünet volt, ma azonban e technoló-

gia alkalmazása kezd újra megjelenni, mégpedig nagyobb rendszerek integráns részeként. Jelenleg egyre bővül a pályázati lehetőségek száma is. Az Oktatási Minisztérium IKTA pályázati beszámolóinak rendszeres látogatójaként tapasztalom, hogy ott is örvendetesen szaporodik az MI, ezen belül a szakértő rendszer technikákat integráló alkalmazások száma. Lassan ez a technológia is a helyére kerül.

Mit ért mesterséges intelligencián?

Ugyanúgy nem szeretem használni ezt a megnevezést, mint ahogy a szakértő rendszert sem. Persze, egészen más okból. Ha a témában nem jártas ismerőseim megkérdezik, mivel foglalkozom, megütköznek (egyesek nagyképűnek gondolnak), ha kimondom a mesterséges intelligencia szót. Viszont az 1956-os darthmouthi konferencia óta sem McCarthy sem más nem tudott jobb szót kitalálni arra a kutatási irányzatra, amely olyan problémák számítógépes megoldásával foglalkozik, amelyek megoldásában – jelenleg – az emberek a jobbak. Ez a Richtől származó meghatározás jelzi az MI viszonylagos voltát: ha egy ilyen problémára hatékony számítógépes megoldást találnak, azt a számítástechnika azonnal beilleszti építőelemei közé, hogy az a kereskedelmi programok észrevétlen részévé válhasson.

Hogyan látja a szakértő rendszerek helyzetét, illetve a mesterségesintelligencia-kutatásban betöltött szerepüket?

Az emberi tudatnak van egy rejtett rétege, amelyről nem tudunk számot adni. Jóllehet a szakértő erősen támaszkodik erre (például intuícióira) munkája során, mivel nem tudja szavakkal elmondani ennek módját, így azt nem lehet formalizálni, és nem tudjuk számítógépen modellezni sem. Állandóan mondom a hallgatóknak, hogy már csak emiatt is mindig „több” lesz az ember, mint egy szakértő rendszer.

Volt egy időszaka az MI-kutatásnak, amikor a szakértő rendszer technológia (pontosabban a „szimbolikus MI”) volt a húzó ágazat. Az elmúlt években a figyelem az olyan új területek felé irányul, mint például az infobionika, amely a biotechnológiák és az idegtudomány hatására jött létre.

Intelligens oktatórendszerekkel szintén foglalkozott.

A szakértő rendszerek „nagyapjának” tartott MYCIN egyik nagy tanulsága volt, amikor megpróbálták az ismeretbázisában felhalmozott nagymennyiségű ismeretanyagot orvostanhallgatók oktatásában felhasználni. Fény derült ugyanis a MYCIN-ben tárolt orvosi ismeretek szervezésének gyenge pontjaira. A rendszert képzett orvos jól tudta használni, ám nem volt alkalmas arra, hogy a témában nem jártas egyetemi hallgatókat segítse a szükséges ismeretszerkezet kialakításában. (Például a betegség-hierarchia egy-egy szelete szerepelt csak a szabályokban, valamint a stratégiai döntéseket megfogalmazó metaismeretek sem

különültek el, hanem bele voltak építve a diagnosztizáló szabályokba. Emiatt kénytelenek voltak a MYCIN-t újratervezni; a NEOMYCIN rendszer már alkalmas volt oktatási célokra.) Izgatott a téma, és 1988-ban egy kéthetes üdülésre magammal vittem egy akkoriban megjelent, intelligens oktató rendszerekről írott könyvet. Ez után elolvastam mindent, amit erről a témából akkor el tudtam érni. Fél év múlva megjelent az intelligens oktató rendszerekről szóló áttekintő cikkem, amely tehát egy pedagógus szemmel történő irodalomfeldolgozás terméke volt. Akkoriban többen mondták, hogy haszonnal forgatták.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Sohasem szerettem a „mi lett volna, ha” típusú tépelődéseket (szemben a „mi lenne, ha” típusú mérlegelésekkel). Végzés után ott maradhattam volna az egyetemen, de mi a számítógépes munkát választottuk. Most, hogy legnagyobb örömömre már több mint tíz éve oktatok, azt kell mondjam, hogy jó volt ez így. Mert jó úgy tanítani az ismeret alapú technológiát és a szakértő rendszereket, hogy azok kialakulásának – pontosabban a hazai történéseknek – részese voltam. Úgy gondolom, így hitelesebben tudom közvetíteni a mondanivalót.

Sántáné-Tóth Edit

ELTE Informatikai Kar, Programozáselmélet és Szoftvertechnológiai Tanszék
1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c.

<http://pszt.inf.elte.hu>

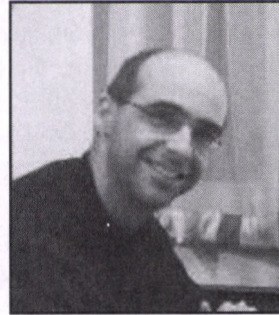
BMF, Neumann János Informatikai Főiskolai Kar, Szoftvertechnológia Intézet,
Vállalati Információs Rendszerek Szakcsoport

1034 Budapest, Bécsi út 96/b.

<http://www.nik.bmf.hu/szti/oldalak/szakcsoportok/szakcsoportok.htm>

Szepesvári Csaba Gépi tanulás

Szepesvári Csaba a SZTAKI Sztochasztikus Rendszerek Kutatócsoportjának tagja, a Gépi Tanulás és Ember-Számítógép Interfészek Csoport vezetője, a Southamptoni Egyetem elektronika és számítástudomány tanszékének vendégprofesszora. Korábban – a JATE matematikus és programozó-programtervező matematikus szakának elvégzése után – a Bolyai Matematikai Intézetben, majd a Mindmakernél, a cég kutatási alelnökéeként dolgozott. Számos nemzetközi publikációt és társszerzőként egy, a Wiley gondozásában tavaly megjelent könyvet jegyez (Mark French – Csaba Szepesvári – Erik Rogers: *Performance of Nonlinear Approximate Adaptive Controllers*).



Milyen kutatásokat végzett a JATE Bolyai Intézetében?

Az egyetem elvégzése után ott maradtam PhD-re – a *reinforcement learning* ('megerősítéses tanulás') és a Markov döntési problémák témakörben. Főleg elméleti kutatásokat végeztem. A Bolyai Intézet után a Mesterséges Intelligencia Kutatócsoportnál folytattam Szegeden. Körülbelül egy évet töltöttem el ott. Gépi tanulással foglalkoztam, és nagyon élveztem az ottani kutatócsoporttal való munkát.

Most a SZTAKI Sztochasztikus Rendszerek Kutatócsoportjának is tagja. Milyen kutatásokat végez ez a csoport?

Új ember vagyok, mert csak januártól dolgozom a SZTAKI-ban, bár félállásban már 2003 májusától itt vagyok.

A kutatócsoport erősen matematikus beállítottságú. Főleg pénzügyi matematikával, valamint ehhez kapcsolódó modellezéssel, így például rejtett Markov-modellekkel foglalkozik. Ebben az évben optimálisportfolió-kiválasztásról, illetve sztochasztikus approximációs algoritmusokról tartottunk szemináriumokat.

Én a gépi tanulásra és speciálisan a Markov döntési problémák kutatásán keresztül kapcsolódom a kutatócsoport munkájához. A Markov döntési problémák egy nagyon általános keret szekvenciális döntési problémák vizsgálatára – időről időre döntéseket kell hozni, és a ma meghozott döntések erősen befolyásolják a jövőbeli kimeneteket. Egy ma meghozott döntésnek lehetnek hosszú távú következményei: a döntéshozó zsákutcákba kerülhet, vagy éppen lehetőségek nyílnak meg előtte. Ezért a ma meghozott döntéseknél nem csak a pillanatnyi előnyöket kell figyelembe venni, ennél ügyesebben kell dönteni! A Markov döntési problémák egy matematikai keret: a problémának van egy

leírása, melyben van egy ún. – a múltra vonatkozó összes információt magában foglaló – állapot. Diszkrét időben vagyunk, a döntéshozónak minden időpillanatban kell egy döntést hoznia. Az állapot ennek megfelelően valahogy megváltozik – a változás sztochasztikus, és ilyen értelemben nem kiszámítható. A döntéshozó minden időpillanatban kap valami jutalmat vagy netán büntetést. A feladat, hogy a döntéshozó a döntéseit úgy hozza meg, hogy ha az összes jövőbeli jutalmakat összeadjuk, akkor ennek a várható értéke maximális legyen. A keret igen általános, ezért számos területen alkalmazható, kezdve a gyártás optimalizálástól a robotikán és például a pókerjátékon keresztül a nyelvfeldolgozásig. De az optimális portfólió kiválasztásának problémája is vizsgálható ebben a keretben.

A közelmúltban alakult a SZTAKI-ban a Gépi Tanulás és Ember-Számítógép Interfészek Csoport, amelynek a vezetője. Mi a profilja a csoportnak, és hogyan kapcsolódik az ember és a komputer közötti kommunikáció a gépi tanuláshoz, illetve a sztochasztikus folyamatokhoz?

A csoport valóban nagyon új, csak január elsejétől létezik. E pillanatban ketten vagyunk benne, de remélhetőleg hamarosan többen leszünk – a csoport építése még erősen az elején tart.

A csoport célja fejlett ember-gép interfészek létrehozása elsősorban a gépi tanulás eszközeinek felhasználásával. Az alapfeladat, amit meg szeretnénk oldani, hogy a számítógépet jobban hozzáidomítsuk az emberhez. Mikre kell gondolni? Például alternatív, az ember kommunikációs stratégiáihoz a jelenleginél jobban illeszkedő módszerek, eszközök kidolgozására. Jelenleg elsősorban az ember alkalmazkodik. Nem azt mondjuk, hogy a közeljövőben erre már nem lesz szükség, hanem azt, hogy alakítsuk úgy ezt a folyamatot, hogy az ember-gép kommunikáció kevesebb emberi alkalmazkodással is megoldható legyen. Beszéd, természetes nyelv, vizuális kapcsolat – ezek azok a kommunikációs módszerek, amelyek az emberek közötti kommunikációban már beváltak. Minél többet szeretnénk ezek közül az ember-gép kommunikáció szolgálatába is állítani.

A gépi tanuláshoz úgy kapcsolódik a dolog, hogy az említett feladatokat, úgy képzeljük, nem lehet csak elméleti modellek felállításával és szorgos programozási munkával megoldani. Ez is kell, de a feladatok komplexitása meghaladja azt a szintet, amit egy-két vagy néhány okos ember részleteiben is jól átlát. Így inkább olyan megoldásokban gondolkozunk, amelyek csak valamiféle keretet adnak a rendszer működésének, és számos, a működés pontos mikéntjére, hogyanjára vonatkozó lehetőséget nyitva hagynak. Ettől rugalmas a rendszer. A nyitva hagyott választási lehetőségekből a feladatra vonatkozó adatok segítségével egy külön algoritmus, a tanuló algoritmus választja ki a legmegfelelőbbet. Így készül el a teljes rendszer. A kiválasztott általános modellen és tanuló algoritmuson múlik, hogy aztán ez a rendszer mennyire jól oldja meg a feladatát.

Mára már mind a beszéd felismerésben, mind a beszéd szintézisben, sőt a

számítógépes látásban is ezzel a technológiával készülnek a legjobb rendszerek. Különösen látványos itt, hogy a beszédfelismerésnek mekkora lökést adott, amikor áttértek a tanulás alapú modellezésre a nyolcvanas években. Azóta ezt a módszert sikeresen alkalmazták a legkülönbözőbb ember-gép interakciós problémák kezelésére.

A már korábban említett sztochasztikus folyamatok vizsgálatához úgy kapcsolódik a dolog, hogy például a beszéd folyamatot, vagy éppen a látást egy egyébként igen sikeres felfogás szerint lehet sztochasztikus rendszerekkel modellezni. Másrészt a téma kapcsolódik a Markov döntési problémákhoz is: ha a számítógép egy felhasználóval folytat dialógust, mind a ketten egymásra következő döntéseket hoznak: most visszakérdezzek, ne kérdezzek vissza, plusz információt kérjek, ne kérjek? A beszélgetés attól gördülékeny vagy sem, hogy a döntések jók-e. Ha valamit nem értek, és nem kérdezek rá, az pillanatnyilag előnyös lehet, ha csak azt nézem, hogy egy visszakérdezéssel a dialógus ideje megnőne. Mégis, érdemes lehet visszakérdezni, mert lehet, hogy később a pontatlan információra nagy szükség lesz, és akkor már drágább lesz, több időbe kerül megszerezni az adott információt. Hogy pontosan mikor érdemes visszakérdezni, no ez az, amit a Markov döntési problémák segítségével vizsgálunk.

Statisztikus technikák mesterséges intelligenciában történő alkalmazásával szintén régóta foglalkozik. Korábbi munkái közül mit emelne itt ki?

Ez leginkább a gépi tanuláshoz kapcsolódik. A gépi tanulás statisztikus ága fontosnak tartja a valószínűség-számítást. Az egyik pont, ahol az MI és a valószínűség-számítás természetesen találkoznak, épp a Markov döntési problémák területe. Itt főleg elméleti, de újabban algoritmikus kérdéseket is vizsgálók. Korábban olyan kérdésekkel foglalkoztam, hogy egy algoritmus azt teszi-e, amit kell, jól viselkedik-e? Konzisztens-e, konvergens-e? Erre lehet kvalitatívan válaszolni – igen vagy nem –, illetve kvantitatívan: például egy adott algoritmus konvergenciasebességének vizsgálatával. Itt csináltam valami olyasmit, ami nem volt korábban: konvergencia sebességet bizonyítottam bizonyos aszinkron sztochasztikus approximációs algoritmusokra.

Egy ilyen algoritmust úgy lehet szemléltetni, hogy elosztott rendszerként gondolunk rá. Van valahány ágens, van közöttük némi kommunikáció, de késleltetések és egyéb tényezők is közbejöhethetnek. Ettől aszinkron a rendszer. A bizonyítás alapötlete elég egyszerű: azt mondjuk, hogy az egész algoritmus olyan gyorsan fog működni, vagy olyan gyorsan konvergál, mint a leglassúbb ágens. Nem teljesen egyértelmű, hogy melyik ágens a leglassúbb, mivel sztochasztikus rendszerről van szó, de azért ez megoldható. Szóval tegyük fel, hogy rá tudunk bökni egy ágensre, amelyről tudjuk, hogy ő az, aki akadályozza a többieket. Ezek után véletlen hosszúságú intervallumokban vizsgáljuk az algoritmust, ahol az intervallumok hosszát ahhoz igazítjuk, hogy ez a lassú ágens azért az adott intervallumban tanuljon valamicskét. Amíg ez a lassú ágens egy picit tanul, a többiek

többet, de ezt elhanyagoljuk – tulajdonképpen ez az ötlet. Ezután már a véletlen intervallumok átlagos hosszának vizsgálatával meg némi kézimunkával kihozható az eredmény. A tanulás persze triviális, az algoritmus nem lehet gyorsabb, mint a leglassabb komponense, bár a precíz eredmény azt is megmutatja, hogy ennél nem is lassabb – és ez annak idején nem volt teljesen magától értetődő.

Továbbra is megmaradva a mesterséges intelligencia és a statisztikus módszerek kombinálásánál, a mesterséges intelligencia egy nagy része szimbolikus technikákkal dolgozik. Foglalkoznak azzal is, hogy ezeket kombinálják statisztikus technikákkal?

Most tervezünk egy projektet, ami a természetesnyelv-feldolgozásban tesz hasonlót. Egy természetes nyelvben a szimbolikus technikák jogosultságát a nyelv kompozicionalitása adja. A kompozicionalitás alatt azt értjük, hogy a nyelv építőkövekből dolgozik. Ezekből lehet összerakni nagyobb egységeket: morfémákból szavakat, szavakból szerkezeteket, ezekből mondatrészeket, mondatrészekből mondatokat, és így tovább. A dolog erejét az mutatja, hogy könnyűszerrel tudunk olyan mondatokat kreálni, amiket még soha senki nem mondott – tulajdonképpen állandóan ezt tesszük, s ennek ellenére a másik ember, a hallgatóság meglehetősen jól fogja érteni, hogy mit szeretnénk mondani. Kompozicionalitás nélkül arra lennénk kényszerítve, hogy egy sokkal korlátozottabb, ne adj' isten véges készletből válasszuk ki a mondanivalónkat. Ez feltehetőleg nem lenne annyira sikeres kommunikációs stratégia, és ezért azt gondoljuk, hogy jó lehet, ha a kompozicionalitás megjelenik a természetes nyelv modelljeiben.

A szimbólumrendszerek igen jól illeszkednek a kompozicionalitáshoz, a szimbólumrendszerek egyik, ha nem a megkülönböztető jegye épp a kompozicionalitás maga. A statisztikus módszerek úgy kapcsolódnak, hogy a kutatók sokszor próbálkoztak a természetes nyelvek szimbólumokkal történő leírására, például fáradságos munkával kézzel összeállított nyelvtanokkal. Mégse látunk körülötünk olyan számítógépeket, amelyek nagyon hatékonyak lennének a természetes nyelv feldolgozásához kapcsolódó feladatokban. Ilyet korábban már láthattunk a beszéd felismerésben is, ahol aztán a gépi tanulási módszerek sokat lendítettek a dolgokon. Itt mi, hasonlóan sok más kutatóhoz, megpróbáljuk a beszéd felismerésben elért sikereket erre a területre transzponálni. Az a probléma, hogy a beszéd felismerés alapvetően jelfeldolgozás-közeli probléma, a kompozicionalitás szerepe nem jelentős. Legalábbis azon a szinten, ahol a mai beszéd felismerő rendszerek állnak. Viszont a természetesnyelv-feldolgozásnak – úgy, ahogy van – sajátja kell, legyen a kompozicionalitás. Így a két módszer ötvözésére van szükség. A nyelvfeldolgozásban kétféle módszerrel dolgozhatunk, ezeket ötvözhetjük a statisztikai módszerekkel. Mi mindkét módszerrel próbálkozunk. Az egyik módszer szerint kiötlünk egy ún. generatív modellt. Ez lényegét tekintve azt modellezi, hogy mi módon generálhatóak a nyelv jól formált, azaz

nyelvtanilag helyes mondatai. A statisztikus módszerekkel való ötvözés itt azt jelenti, hogy nem csak azt modellezzük, hogy melyek a jól formált mondatok, hanem azt is, hogy mely mondatok vagy inkább szerkezetek milyen gyakoriak, például egymáshoz képest, vagy adott környezetben. A feladat, hogy megsejtsük a függések helyes alakját, illetve algoritmusokat adjunk, amelyek nagy mennyiségű szöveg alapján hangolják a modellbeli szabad paramétereket. A gyakoriságok nyilvánvalóan többletinformációt jelentenek, és ez kihasználható, például a nyelvelemzési feladatoknál is, amikor egy mondat legjobb vagy legvalószínűbb elemzését keressük. A másik módszer a procedurális megközelítés. Ennél nem foglalkozunk azzal, hogy modellt építsünk a nyelvre, a lényeg egy eljárás, például a kívánt viselkedést produkáló sztochasztikus véges automata. Úgy lehet ezt képzelni, hogy van egy automata, amelyik nyeli a szimbólumokat (például morfémákat, szavakat), s időnként kiad magából egy szimbólumot, ami valami módon azt reprezentálja, hogy a szöveg mit jelent. Ez az automata lehet igen nagy is. Itt a feladat, hogy megtanuljuk ezt a nagy véges sztochasztikus automatát egy nagy halom szöveg segítségével. Egyelőre ennél tovább nem tekintek a szimbolikus és statisztikus módszerek ötvözésében, bár vannak igen izgalmas egyéb kérdések is, például a logikák és a statisztikus megközelítés ötvözésének kapcsán.

A beszéd- és a nyelvfeldolgozáshoz kapcsolódik a látás, a videofeldolgozás is.

Pár éve egy PhD-diákkal, Torma Péterrel együtt dolgozom ezen a területen. Az előző munkahelyemen, a Mindmakernél is foglalkoztunk ilyesmivel. Ehhez kapcsolódóan kezdtük el vizsgálni speciálisan a trackinget, tehát objektumok követését videofelvételeken. A mutatvány az, ha ezt a feladatot valós időben sikerül megoldani.

A trackinget mi mint szűrési, filterezési problémát közelítjük meg. Olyan modellekkel dolgozunk, melyek egyrészt azt reprezentálják, hogy a követendő tárgy hogyan néz ki a tárgy adott állapotában, másrészt pedig azt, hogy hogyan mozog, azaz hogyan változik az állapota. A mozgást és a megfigyelést is véletlentől függőnek képzeljük. Ez segít a nem várt események, pontatlanságok esetleges negatív hatásainak csökkentésében.

A feladat a mozgó tárgy állapotának visszaállítása adott időpillanatban vagy időpillanatokban a megfigyeléssorozat, azaz a képsorozat segítségével – ezt nevezzük szűrési feladatnak. Egy példa segítségével a dolog könnyen megérthető: ha egy kezlet akarunk követni, vagyis a kéz és az ujjak helyzetét – ez az, amit a videokamera lát –, akkor először felépítjük a kéz mozgásának modelljét, illetve annak a modelljét, hogy mi lesz látható vagy inkább mérhető, ha a kéz állapota ilyen vagy olyan. Ennek a modellnek nem kell teljesen részletesnek lennie, nincs szó például fotorealisztikus modellezésről. A lényeg, hogy a képen mérhető mennyiségek segítségével tudjuk kifejezni azt, hogy mi az, ami látható vagy pontosabban érzékelhető. Sok esetben tanuló algoritmusokat használunk a modellek felépítésére is! Miután a modell megvan, a szűrő algoritmus elvileg

képes a képekből visszaállítani, hogy mi vagy mik lehettek a kéz állapotai. Mi az ún. részecskeszűrőkkel foglalkozunk. Itt minden pillanatban sok hipotézist tartunk életben, ezeket a hipotéziseket az új információk, képek alapján pontosítjuk, új hipotéziseket hagyunk kialakulni, a gyenge hipotéziseket eldobjuk. Elvileg ez az algoritmus alkalmas nagyon bonyolult modellek és mozgások követésére is. A gyakorlatban a nagy számításigénye jelent problémát. Így mi azzal foglalkozunk, hogyan lehetne a számításigényt úgy csökkenteni, hogy ne menjen a hatásfok rovására. Ezt úgy érjük el, hogy igyekszünk kihasználni az objektumkövetés speciális tulajdonságait. Így a mi módosításaink például mind azt használják ki, hogy a megfigyelések véletlentől való függése igen gyenge. Igen jó eredményeink vannak, az eredeti algoritmusnál tízszer, százszor hatékonyabb algoritmusokat adtunk meg, és ez a hatékonyságnövekedés éppen azt jelentheti, hogy ezek az algoritmusok a gyakorlatban is használhatóvá válhatnak, akár valós idejű objektumkövetésre is.

Ismertető a Performance of Nonlinear Approximate Adaptive Controllers kötetet, illetve kutatásait a Southamptoni Egyetemen?

A Southamptoni Egyetemen Mark Frenchsel és Erik Rogersszal a nemlineáris adaptív kontroll területén végzünk kutatásokat. A lényeg ismét a régi nóta: nem elégszünk meg a kvalitatív eredményekkel, kvantitatív eredményeket szeretnénk. Olyan matematikai eljárásokat kutatunk és készítünk, melyekkel különböző vezérlési módszerek teljesítményindexeit hasonlítjuk össze. Alsó, felső korlátokat igyekszünk becsülni, és sikerült néhány nagyon érdekes eredményt elérnünk. Jellemezni tudjuk a rendszerek egy körét, ahol bizonyos fajta kontrollerek jobbak, mint mások. Ennek segítségével kísérletet tettünk arra, hogy mikor nevezünk egy kontrollert adaptívnek, illetve robusztusnak. Alapvetően nem parametrikus adaptív kontrollerekkel, szabályzásokkal foglalkozunk. Hagyományosan az adaptív kontrollban azt feltételezik, hogy például fizikai ismereteink alapján értjük a vezérlendő objektum működését, így fel tudjuk írni az egyenletét, csak épp nem ismerünk benne bizonyos paramétereket. Menet közben a paramétereket valamilyen eljárás hangolja, és ettől lesz jó a rendszer teljesítménye. A nem parametrikus adaptív kontroll azt mondja: nem biztos, hogy olyan jó elképzelésünk lehet a rendszer működéséről. A fizikai elképzelések elhanyagolnak ezt-azt, ami lényeges is lehet, illetve vannak olyan nagy, bonyolult, a fizika számára nem elérhető rendszerek, például egy bioreaktor, amelyeknél a fizikai megközelítés nem oldható meg. A gondolat az, hogy próbáljunk egy erősebb, nagyobb függvényosztályból vagy egyenletosztályból válogatni kontrollereket. Nincsenek ismeretlen paraméterek, az egész rendszer ismeretlen – ettől nem parametrikus a modell. Általában egy függvényközelítő-eljárás választására vezethető vissza a modellezési probléma. Ekkor felmerül a kérdés, hogy a sok lehetséges módszer közül melyiket válasszuk. A válasz nyilván az, hogy azt, amelyik a legjobb teljesítményindexet adja. Itt olyan matematikai ered-

ményeken dolgoztunk, amelyek segítségével receptet lehet adni arra, hogy mikor érdemes az egyik, vagy éppen a másik eljárást választani. Sikertült egy nekem személy szerint nagyon tetsző eredményt is bizonyítani, amely szerint bizonyos függvényközelítési eljárások igen tág határok között tényleg jobbnak nevezhetők, mint mások. Ráadásul a nyertes egy régi jó ismerős, a multirezolúciós módszer, úgyhogy ennek külön örültünk. Ebből az eredményből illetve az eredményekhez vezető újszerű matematikai módszerekből született a könyv.

Aktív szerepet játszott a Mindmaker beszédszintetizátora, a FlexVoice kidolgozásában is.

A Mindmakernél gyakorlatilag ipari környezetben lehetett kutatás-fejlesztést végezni azokon a szakterületeken, amikről már beszéltünk. Ez igen izgalmas és komoly kihívásokat magában rejtő lehetőség volt. Ebben az időszakban, annak ellenére, hogy nem kutatóintézetben dolgoztam, igen sokat tanultam. A cég alapvetően beszédtechnológiával, természetesnyelv-feldolgozás közeli ügyekkel, s kicsit látással is foglalkozott. Ennek kapcsán készítettünk többek között beszélőfüggetlen, nagyszótáras beszédfelismerés-rendszert angolra, németre, de magyarra is, s ehhez kapcsolódik az is, hogy komoly beszédszintetizátor kutatás-fejlesztés is folyt a cégnél. Itt a legkülönbözőbb részfeladatok megoldásában volt alkalmunk kipróbálni a gépi tanulás módszereit, ami élvezetes és jó feladat volt, és sikerült egy elég hatékony, jó hangminőséget produkáló rendszert készíteni. A FlexVoice annak idején az AVIOS (American Voice Input Output Society) éves konferenciáján a *desktop* kategóriában megnyerte a *Legjobb beszédszintetizátor* díjat is, s üzletileg is meglehetősen sikeres volt. Az ipari környezetben szerzett tapasztalatokat most aztán igyekszem jól hasznosítani a SZTAKI berkein belül.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Erre válaszolhatnám azt is, hogy „attól függ”. Ugyanis a projekt jellege alapvetően meghatározza, hogy a sikerességét, eredményességét mivel mérjük. Egy ipari K+F projekt esetén az elsődleges mérce végső soron a fejlesztés eredményének hasznosítása után befolyt bevétel, profit vagy az eladott példányok száma lehet. Egy alapkutatás közeli téma esetén az eredmények nemzetközi porondon való elfogadottsága, ismertsége az adott téma szűkebb berkein belül (azért jó, ha az adott „berek” elég nagy, vagy inkább sokak által jelentősnek gondolt). Azt hiszem, nagy titkok nincsenek a sikerhez vezető úton. Függetlenül a projekt jellegétől, a legfontosabb talán, hogy legyen egy jó csapat, motivált, szorgalmas, kitartó és persze tehetséges, jól felkészült emberekkel, akik tudják, mit akarnak elérni, és mi a csapaton belüli feladatuk. Nem árt, ha a legjobb elérhető eszközök állnak a rendelkezésükre (ez ma már általában nem probléma), és minél kevesebb a „zavaró” körülmény, ami elvonná a figyelmet a munkáról (ez

sajnos még ma is sokszor fellépő probléma). A sort lehetne folytatni, de én talán ezeket emelném ki, mint a legfontosabbakat.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A Magyarországon az e célra rendelkezésre álló erőforrásokat érdemes és szükséges lenne bővíteni. A szellemi erőforrások tekintetében is igen ingatagnak tűnik számomra a helyzet, amikor szinte minden matematikus szakon végzett évfolyamtársam, s számos más jó képességű kutató barátom, ismerősöm is külföldön dolgozik, tipikusan pusztán anyagi megfontolásokból. Magyarországon ugyanis családot alapítani, lakáshoz jutni pusztán a kutatói fizetésből egyelőre nem lehetséges, míg számos külföldi országban ezzel nincs probléma. Az itthon maradt fiatal kutatóknak a megélhetésük biztosítása érdekében gyakran egy vagy több másodállást is kell vállalniuk, s ez tipikusan negatívan hat vissza a tudományos teljesítményükre.

Egy másik probléma, hogy a jelenlegi finanszírozási rendszer elsősorban az alkalmazott kutatás-fejlesztési pályázatokat támogatja, s a kutatói fizetések kiegészítése is nemegyszer ezen pályázatok keretéből szerzett pénz segítségével történik. Ez tulajdonképpen előremozdulás a korábbi helyzethez képest (ami a kutatók fizetését illeti), de véleményem szerint ezzel a rövidlátó, saját szűkebb szakmai zsargonomból kiragadott szóhasználatával élve „mohó stratégiával” nem lehet hosszú távon komoly eredményeket elérni a csúcstechnológiában. Az alkalmazott kutatás-fejlesztési pályázatok célja nyilván a fejlett technológiák ipari hasznosítása lenne, s mint ilyenek, kis vagy közepes kockázatúak, s az alapkutatást csak mérsékelten támogatják. Ahhoz azonban, hogy legyenek fejlett „transzferálandó” technológiáink, s ne csak néhány lépéssel lemaradva kövessük a külföldi technológiai fejlődést időnként egy-egy pillanatra esetleg megelőzve azt, sokkal többet kellene költeni magas kockázatú, innovatív, alapkutatás jellegű tevékenységek támogatására. Az államnak az ilyen projektek finanszírozását is vállalni kellene, ez inkább állami feladat, mint a kisebb kockázatú projektek támogatása. A finanszírozás pedig csak akkor érne valamit, ha elegendő lenne arra, hogy a résztvevő kutatóknak, PhD-hallgatóknak a projekt ideje alatt csak a munkájukra kelljen figyelniük. Számtalanszor bebizonyosodott már, hogy a stabil körülmények az eredményességet jelentősen növelik. Minden probléma ellenére, Magyarország folyamatosan újratermeli a tehetséges fiatalokat. Nem volna szabad hagyni, hogy ezek a tehetséges fiatalok így vagy úgy elkallódjanak az ország számára, ez komoly pazarlásnak tűnik.

Szepesvári Csaba

MTA SZTAKI Gépi Tanulás Kutatócsoport

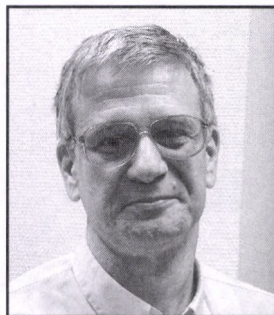
1111 Budapest, Kende u. 13-17.

<http://www.sztaki.hu/reszleg/MLHCI>

Szeredi Péter

Prolog, deklaratív programozás

Szeredi Péter matematikusként végzett az ELTE-n, 1972-ben. 1975-ben, másodikként a világon készített Prolog interpretert. Később az MProlog-on dolgozott sokáig, majd a nyolcvanas évek második felében a Manchesteri és a Bristol Egyetemen folytatta kutatásait. Hazatérése óta, a nemrég az IQSYS-be integrálódott IQSOFT-nál dolgozik, kutatás-fejlesztési projekteket irányít. A BME-n deklaratív programozást tanít. Számos szakmai elismerés után, 2000-ben tudományos diákköri munkájáért kapott emléklakettet az egyetem rektorától: évente két-három diákja nyer különböző díjakat.



Mi az IQSYS profilja?

2003 márciusában a KFKI-csoport – amelynek része volt az IQSOFT is – IQSYS néven több szoftvercéget egybeolvasztott. Az így létrejött cég fő profilja a korszerű szoftvertechnológiákon alapuló egyedi alkalmazásfejlesztés.

Az IQSOFT története tulajdonképpen a hetvenes-nyolcvanas évekre nyúlik vissza. A mag az SZKI (Számítástechnikai Kutató és Innovációs Központ) Dömölki Bálint vezette Elméleti Laboratóriumában dolgozott. Az 1990-ben indult IQSOFT-ot sokféle aktivitás jellemezte, az alkalmazásfejlesztés mellett nagy hangsúlyt kapott a korszerű technológiák és módszerek bevezetése is. 1990 és 1993 között például az IQSOFT volt az Oracle kizárólagos magyarországi disztribútora. Később a cég fontos szerepet játszott az objektumorientált programozási módszerek hazai bevezetésében, és máig is ennek a technológiának az éllovasa.

Visszatérve saját érdeklődési körömrre: a logikai programozás viszonylag kisebb szerepet tölt be a cég életében. Pedig az IQ szócska ebből származott: a kilencvenes évek elején még úgy gondoltuk, hogy az MI fontosabb szerepet kap. Aztán az IQSOFT tevékenysége eltolódott a hagyományos technológiák irányába, de sokszor sikerül becsempészni egy kis MI-szerű részt egyes fejlesztéseinkbe. Emellett – részben az Európai Unió támogatásával – több kutatási projektünk is volt a logikai programozás területén. Én személy szerint főleg ezek vezetésében és kivitelezésében veszek részt. Az alapkutatást és az alkalmazást próbálok valamilyen módon egyensúlyba hozni. Úgy látom, van rá igény.

Mi a fő kutatási területe?

1975 óta lényegében a logikai programozással illetve annak legelterjedtebb eszközével, a Prolog nyelvvel foglalkoztam. Ez a szakmai területem; egy kicsit kérdéses is, hogy az MI-hez tartozik-e. Határterület.

A logikai programozás alapgondolata, hogy programjainkat logikai állítások segítségével írjuk le, és ezek végrehajtását gépi következtetési módszerekkel végezzük. A következtetés az MI területére sorolható, tehát ilyen értelemben a logikai programozás is oda tartozik.

A Prolog meglehetősen sajátos programozási nyelv, alapvetően más, mint a többi. A hagyományos nyelvekben parancsokat, utasításokat írunk le, míg egy Prolog program leíró jellegű, kijelentésekből épül fel. Itt a programozás során megalkotjuk és formálisan leírjuk annak a világnak a modelljét, amelyben a feladatokat meg akarjuk oldani. Ennek a modellnek a segítségével tud a Prolog rendszer a feltett kérdésekre választ adni.

A Prolog logikai nyelv az ún. deklaratív programozási nyelvek családjába tartozik, szemben a hagyományos, imperatív nyelvekkel. Az imperatív nyelveknél felszólító módban programozunk, és programjaink alapvetően az állapotváltozásra, a változtatható memóriára épülnek. A deklaratív nyelvek leíró jellegűek, kijelentő módban programozunk bennük, és nem használunk hagyományos értelemben vett program-változókat. A reláció-fogalomra építő logikai nyelvek mellett a deklaratív nyelvcsaládba tartoznak még a matematika függvényfoglalmát használó funkcionális nyelvek is.

Hogyan jutott el a Prologig?

A Prolog története még a hatvanas évekre nyúlik vissza, amikor megszülettek az első automatikus tételbizonyítási módszerek. Először Amerikában kíséreltek meg az alkalmazásukat, és meglehetősen rossz eredményeket tapasztaltak. Ennek fő oka az, hogy a tételbizonyítás folyamatában óriási keresési teret kell bejárniuk, hiszen minden ponton többféle következtetési szabályt alkalmazhatunk. Egy lépéssel később megint nagyon sok lehetőség közül választhatunk... Nagyon nehéz megtalálni az eredményhez vezető utat, a helyes bizonyítást. Emiatt az MI alkalmazások tekintetében az amerikaiak hamar eldobták a logikai módszereket, és speciális, pl. heurisztikákon alapú rendszereket dolgoztak ki.

Ezzel szemben, Európában – talán a kevésbé sikerorientált szemlélet miatt – az 1970-es évek elején találtak egy, a tételbizonyítás szinte végletes leegyszerűsítésén alapuló kompromisszumot. Ez a Robert Kowalski (Edinburgh) és Alain Colmerauer (Marseille) nevéhez fűződő felfedezés azt eredményezte, hogy a tételbizonyítás folyamata valamilyen szintig ember által is követhető és befolyásolható lett, és így alapját képezhette a logikai programozásnak, azaz a logikai állításokkal történő programírásnak. Nem írhatunk akármilyen állításokat, csak speciális alakúakat, de óriási eredmény, hogy a logikai programok sokkal könnyebben olvashatók, mint a hagyományos, imperatív nyelven kódoltak. Azért is, mert viszonylag rövid, önállóan értelmezhető állításokból épülnek fel. Ha ezeket igaznak fogadjuk el, akkor ezzel már valamilyen szinten verifikáltuk is a program helyességét.

A matematikai logika számítógépes alkalmazásával első munkahelyemen, a NIM IGÜSZI-ben (NIM Ipargazdasági és Üzemszervezési Intézet) találkoztam 1972-ben. A Németi István által vezetett kutatócsoport foglalkozott ezzel a területtel. Készült egy automatikus tételbizonyító, és egy erre épülő program-verifikációs rendszer is. Már látszott – különösen az akkori számítástechnikai eszközök sebességét tekintve –, hogy ennek a megközelítésnek megvannak a korlátai.

Ugyanez a csapat hozta el Angliából az egyébként Marseille-ben készült Prolog első megvalósítását. Szörnyen felkeltette az érdeklődésemet: itt egy tételbizonyító, amellyel hasznos dolgokat lehet tenni!

Akkor vágtam a témába, azóta benne vagyok. Előtte leginkább a programozási nyelvek és megvalósításuk, azon belül a szintén matematikus szemléletű, mára a süllyesztőbe tűnt Algol 68 izgatott. Érdekes módon a Prologra is volt befolyása, mert a Prolog mai formáját az Algol 68 szintaxisleíró nyelvéből kölcsönözte. Mégpedig azért, mert a készítő, David Warren szintén Algol 68-cal foglalkozott a Prolog előtt.

A szakmai munkám első két évtizedében elég intenzíven használt CDL (Compiler Definition Language) is az Algol 68 egyik leszármazottja volt.

1975 májusában készítettem el CDL-ben az első magyar Prolog-rendszert. A marseille-iről annyit tudtam csak, amennyi három előadás-fólia formájában eljuttott hozzám. A fóliák alapján rekonstruáltam a marseille-i megvalósítás működését. Azóta is ezeket a fóliákat használom amikor a Prolog megvalósítási módszereit tanítom...

Érdekes módon, a Prolog nagyon termékeny talajra talált Magyarországon. Azonnal három-négy alkalmazó csapat vetette rá magát. Akkoriban itthon viszonylag kevés MI-kutatás volt, talán azért is, mert nem volt alkalmas MI-nyelv (az Amerikában azóta is leggyakrabban használt MI-nyelv, a LISP, nem nagyon terjedt el Magyarországon). Így a LISP-nél lényegesen erősebb Prolog nagy lökést adott az MI-alapú fejlesztéseknek. Míg külföldön szinte csak egyetemeken foglalkoztak a Prologgal, addig a hazai fejlesztők ipari környezetben mozogtak, és így meglepően sok alkalmazási ötlet merült fel. A világon először nálunk készült nyomkövető a Prologhoz, és világhírnév volt a Futó Iván nevével fémjelzett T-Prolog szimulációs kiterjesztés is.

1976-ban, 1977-ben Angliából és más helyekről többen jöttek megnézni, mi folyik itt. Több tucatnyi kísérleti alkalmazás született, de – főként az akkori nagyon drága számítógép-idejé miatt – nagyon kevés jutott el a gyakorlati hasznosításig.

Hogyan látja a második magyar Prologot, az MPrologot?

1978 és 1987 között dolgoztam rajta. Ez akkor egyike volt azon kevés magyar szoftverterméknek, amelyeket nyugatra lehetett exportálni. Az 1975-ös Prolog rendszert egy ideig bővítettük, foltozgattuk, de néhány év elteltével látszott, hogy

érdemes újra kezdeni. Előlről, új architektúrával felépítettünk egy új Prolog-rendszert, amelyet MProlognak – Moduláris, vagy Magyar Prolognak – neveztünk el. Mindkétféleképpen lehet magyarázni. Amikor felbukkant az ötödik generációs japán projekt, az MProlog elég jó állapotban volt ahhoz, hogy a világon elsőként jelenjen meg a nagy számítógépek, az ún. mainframe-ek piacán. Mások szintén forgalmaztak Prolog rendszereket, de inkább a mini- és mikro-gépekre. Az MProlog másik nagyon jó tulajdonsága a széleskörű hordozhatóság volt: az akkor még nagyon sokszínű számítógép-paletta szinte minden architektúráján alkalmazható volt.

A nyolcvanas évekre a korábbi néhány személyes kutató-fejlesztő csapatból tizenöt-húsz fős gárda alakult ki az SZKI-ban. Sőt, az észak-amerikai terjesztésre külön cég jött létre Kanadában, a LogicWare. A Quintus Prolog sajnos elég hamar kiszorította az ottani piacról. Az egyik ok az volt, hogy az MProlog még a hetvenes évek architektúrára épített, míg a David Warren vezette Quintus csapat az akkori legmodernebb módszereket alkalmazta. A másik esetleg az, hogy a kanadai partnereink nem jól találták el a hangsúlyokat.

Mindent összevéve, termékként talán mégis az MProlog volt a legnagyobb eredmény az életben.

A nyolcvanas években már gyakran dolgozott külföldön is. Merre fejlődött akkoriban a Prolog?

Túlzás, hogy gyakran: 1982-ben ösztöndíjasként fél évet töltöttem Edinburghban és Londonban, majd 1987-től 1990-ig Manchesterben és Bristolban dolgoztam. Ugyanannál a David Warren professzornál, aki a Prolog egyik atyja.

De mielőtt eljutottam odáig, kellett hozzá, hogy a japánok felfedezzék a Prologot. 1981 nyarán meghívtak egy workshopra Los Angelesbe. Utóbb kiderült, ez annak volt köszönhető, hogy az amerikaiak már tudták, hogy a japánok 1982-ben be fogják jelenteni: a logikai programozást tekintik az általuk az évtized végére kidolgozandó ún. ötödik generációs számítógép-architektúra alapjának. Ezért szervezték a workshopot.

Sajnos a japánoknak több okból sem sikerült a kitűzött célokat elérniük. Egyrészt túlzott módon ambiciózusak voltak, másrészt egy kicsit idő előtt kezdték el erőltetni a párhuzamosságot. Még nem voltak meg a teljes Prolog nyelv párhuzamos végrehajtásához szükséges elméleti alapok és gyakorlati módszerek. 1987-től kezdve pont ilyeneken dolgoztam Angliában. A japánok akkor már kevésbé tudták ezeket – a hetvenes évek technológiájára épülő projektjükbe – beilleszteni. Nem mondanám, hogy az ötödik generációs projekt kudarcba fulladt, de a beigértnél sokkal kevesebb eredményt adott. És emiatt mindaz a plusz publicitás, amelyet a nyolcvanas években kapott a téma, a következő évtizedben mínuszba váltott, negatív hatásként ütött vissza. Az egyensúly nagyjából most már visszaállt. Úgy érzem, ma a logikai programozás is az általánosan elfogadott programozási paradigmák egyike. A deklaratív programozás általában is halad

szép lassan előre, mert bizonyos területeken az átláthatóság, a biztonság különösen fontos. Olyan nagy cégek, mint az Ericsson vagy a Motorola szintén használnak deklaratív nyelveket.

Visszatérve a nyolcvanas évek végére: szerencsés voltam, mert a logikai programozás párhuzamos megvalósításainak egyik vezető kutatócsoportjában dolgoztam, Warren professzor vezetésével. 1977-ben ő készítette el az első – a mai szabvány szintaxisát megalapozó – Prolog fordítóprogramot az Edinburgh-i Egyetemen. 1983-ban szintén ő fejlesztette ki a ma is széles körben használatos megvalósítási modellt, az ún. Warren féle absztrakt gépet (WAM). A nyolcvanas évek végén vette az irányt a párhuzamos programozás felé, és akkor hívtott munkatársának. Így kerültem Manchesterbe, majd, amikor átment Bristolba, én is vele mentem. Tulajdonképpen virtuális kutatócsoportról volt szó, mivel három helyen végeztük a munkát: a Svéd Számítástudományi Kutatóintézetben (SICS), a Chicago melletti Argonne National Laboratory-ban, és a Manchesteri, aztán a Bristoli Egyetemen.

Hogyan jött képbe, és mi a VAGY-párhuzamosság?

Kezdjük a Moore-törvénnyel: a gépek teljesítménye másfél évente megkétszereződik. Ezt a törvényt bizonyos idő után már a fénysebesség fogja korlátozni. A további sebességnövekedéshez egy chipre több processzort kell majd feltenni. És ekkor jön majd el a deklaratív programozás igazi ideje. Ha egy feladatot több processzorra kell szétosztanunk és úgy elvégeztetnünk, a változtatható memórián alapuló, Neumann János zseniális elméjéből származó architektúra komoly gondot jelent. Súlyos bonyodalmak származhatnak abból, ha a memóriát – szinkronizálás nélkül – egyszerre többen módosítják.

Emiatt az imperatív programok párhuzamosítása még messzemenően nem triviális. Két imperatív eljárás hívról nagyon nehéz eldönteni, hogy párhuzamosan futtathatóak-e, hiszen bármelyik módosíthatja a memória állapotát. Egy deklaratív programban viszont nem beszélhetünk állapotok változtatásáról, hanem nevén kell neveznünk az új állapotokat. Emiatt a deklaratív programok sokkal könnyebben párhuzamosíthatóak. Ez volt a japánok egyik alapgondolata is: az intelligens rendszerekhez egyrészt nagy számítási erő, azaz párhuzamosság, másrészt következtetési képesség kell. Mindkettőt megtalálták a logikai programozási paradigmában.

A VAGY-párhuzamosságról: logikai állítások megfogalmazásában az ember kötőszavakat használ: ÉS, VAGY, HA ... AKKOR stb. A Prolog programok is ilyen kötőszavakkal épülnek fel. Amikor azt állítjuk, hogy valami, VAGY valami más igaz, a két állítás eldöntését, bizonyítását – amelyek egymástól független feladatok – nagyon könnyen rá tudjuk bízni két különböző processzorra.

A nyolcvanas évek végére értek meg azok az eredmények, amelyekkel lehetővé vált a Prolog programok alternatív ágainak párhuzamos bejárása. Az egyik első, s talán a legkomolyabb vívmány az Aurora rendszer volt, amit angolul orora-nak

ejtenek, és akkor kétszer is szerepel benne az angol „vagy” szócska. A másik, Warrenhez fűződő magyarázat: ha az említett három csapat székhelyéhez – Chicagóhoz, Manchesterhez, Stockholmhoz – keresünk egy olyan pontot, ahonnan mindhárom egyforma távolságra van, akkor várhatóan valahol az Északi sark környékén leszünk, s ott látható lesz az angolul *aurora* sarki fény.

Az Aurora eredményeit az Andorra rendszerben terjesztettük ki ÉS-párhuzamos folyamatokra is. Pillanatnyilag ezek nem élő kutatási témák, de jelen vannak más eredményekben.

Hol tart ma a logikai programozás?

A nyolcvanas évek dereka óta újabb eszközökkel bővült ki, amelyeket legtöbbször Prolog-rendszerekbe integrálnak. Például az úgynevezett korlát-programozással (*constraint programming*), amely egy nagyon izgalmas terület. Ez egy általános módszer, integrációs paradigma, amely különböző tudományágak – operációkutatás, MI stb. – eredményeit hozza össze a logikai programozás kalapja alatt, így tudnak egymással szimbiózisba lépni.

A mostani, lassan húszéves – szintén szójátékon alapuló (a fejlesztő svédországi SICS kutatóintézetre, a hatodik generációra, illetve a Sixtusi Kápolnára utaló) – SICStus Prologban többféle korlát-kiterjesztés is megtalálható. Így például lehetőségünk van lineáris egyenlet- ill. egyenlőtlenség-rendszerek megoldására, ítéletkalkulusbeli formulákon való következtetésre, valamint az ún. korlát-kielégítési problémák (CSP – *Constraint Satisfaction Problems*) megoldására.

A korlát-logikai programozás eredményei annyira meggyőzőek, hogy módszereit hagyományosan elfogadottabb környezetbe, például C++-ba, Jávába is átültetik. Erre példa a New York-i tőzsdén is jegyzett francia cég, az ILOG programcsomagja, amely optimalizációs, ütemező és konfigurációs feladatok megoldására alkalmas szolgáltatásokat nyújt C++-ban.

Miből állt a 2000 és 2002 közötti Európai Unió SILK (System Integration via Logic and Knowledge) projekt, melyben részt vett?

A SILK a logikai programozás világát az élvonalbeli kommerciális technológiákkal kapcsolja össze. Közismert szituáció az az alapvető feladat, amelyet a SILK segítségével szeretnénk támogatni: valamely vállalkozás, intézmény életében sok számítástechnikai alkalmazást fejlesztettek ki az elmúlt évtizedekben. Sokszor nem jutott idő arra, hogy ezeket egységes alapra helyezték, információcserére alkalmassá tegyék. Így kialakult független alkalmazásoknak egy készlete; mindegyiket más-más csoport használja. Nyilvánvaló, hogy fontos ezeknek az információforrásoknak az összeépítése.

Erre két út képzelhető el: az egyik, a revolúciós megközelítés, egy új vállalati irányítási rendszer megvásárlása, és az arra való átállás – ez általában nagyon nagy beruházást igényel. Az evolúciós átmenet a másik lehetőség: a rendszereket megpróbáljuk fokozatosan összekapcsolni és felettük egy virtuális

egyesített adatbázist felépíteni. Ez utóbbi átmenetet támogatja a SILK eszközkészlet.

A heterogeneitásból származó problémák áthidalását viszonylag klasszikus technológiával, csatolók készítésével oldottuk meg. A különböző adatforrásokban lévő információk szemantikus összekapcsolása viszont sokkal nehezebb. Ennek a feladatnak a megoldásában használtuk a logikai programozást, míg specifikációs nyelvként az objektumorientált világ vezető szabványosítási szervezetének, az Object Management Groupnak, az OMG-nek a szabványait fogadtuk el. Így az UML (Unified Modelling Language) segítségével írjuk le az adatforrások modelljeit, míg az OCL (Object Constraint Language) nyelvet használjuk a modell-elemek közötti kapcsolatok leírására. Viszonylag komoly szoftver készült: a grafikus felülete Jávában van, míg az agyát a logikai programozás és az MI adja. Nagyon izgalmas terület; részben hazai, részben EU kutatási projekteken próbáljuk folytatni.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Egy K+F projekt sokkal nehezebben tervezhető, mint egy ipari fejlesztési projekt, hiszen a megoldási módszerek, technológiák, sőt általában a pontos követelmények sem ismertek előre. Emiatt nagyon fontos az, hogy a K+F projekt előrehaladása során rendszeresen megmérettessék, mind a finanszírozó szervezet, mind a rokonterületeken dolgozó társkutatók által. Ebből a szempontból jobb helyzetben vannak az alkalmazott kutatási projektek, hiszen itt komoly előnyt jelenthet az eredmények alkalmazásában érdekelt ipari partnerek részvétele.

A hosszabb távú kutatások esetén – és a mai kutatási témák többsége ilyen – a jelenlegi, 2-4 éves projekt-időtartamot lehetővé tevő finanszírozási gyakorlat komoly gátat jelent. A komolyabb eredmények eléréséhez így általában egymáshoz kapcsolódó projekt-láncokra van szükség, és ez a lánc sokszor megszakad...

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Mint már említettem, közel harminc éve foglalkozom logikai programozással. A programozási nyelvek tudománya néhány évtizedes múlttal bír, míg a logika nyelve több mint 2000 éves (és a modern logika is több mint egy évszázada született). Véleményem szerint a logika, mint programozási nyelv sokkal kiforrottabb és sokkal közelebb áll az emberi gondolkodáshoz, mint a ma általánosan használatos programozási nyelvek. Úgyhogy a logikai programozás területét most is aktuálisnak, fontosnak tartom, és erről jónéhány mai egyetemistát is sikerül meggyőzőnöm :-).

A számítógépek teljesítménynövekedése azt jelenti, hogy a logikai programozás, nagyobb számításiigénye ellenére, egyre szélesebb körben alkalmazható.

Egy ilyen izgalmas, új terület a „mindenütt jelen levő intelligencia” (Ambient Intelligence), amely a közelmúltban került az Európai Unió informatikai kutatási programjainak a középpontjába.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A kutatási munkákhoz pénz, berendezések, és természetesen jó kutatók kellene. Az első kettőt egyik napról a másikra meg lehet szerezni, de a jelenlegi magyar kutatói utánpótlás magas színvonala mögött a magyar oktatási rendszer elmúlt évszázadának teljesítménye áll (hogy mást ne említsek, gondoljunk csak a 110 éves Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapokra). Csak remélni tudom, hogy az oktatási rendszerek jelenleg folyó átalakítása, az Európai Unió oktatási struktúrájához való igazítás során sikerül megőrizni a magyar iskolai és egyetemi oktatás magas színvonalát...

Szeredi Péter

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar,
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

<http://www.cs.bme.hu>

Tatai Gábor

Reaktív rendszerek, érzelmi modellezés

Mesterségesintelligencia-kutató és az AITIA International Zrt. stratégiai tanácsadója. Kutatói érdeklődésének középpontjában jelenleg a reaktív rendszerek és érzelmi modellek kutatása áll. Mint mondja, az emberi gondolkodásról alkotott képünk jelentősen megváltozott az utóbbi évtizedben. A problémák sikeres megoldásában – vagyis az intelligenciában – igen nagy szerepet játszanak az érzelmeink. Tatai az ELTE Természettudományi Karán szerzett informatikai diplomát, majd a University College London (UCL) kutatójaként vett részt PhD-képzésben. 1999-ben nyolcadmagával céget alapított. A cég piac-közeli hightech fejlesztéseit már több vállalat és állami szervezet használja, s az élenjáró fejlesztések révén számos rangos szakmai elismerésben részesültek. A cég szoros kapcsolatot épített ki és ápol több egyetemmel, különösképpen a BME-vel és az ELTE-vel. Részt vesz több olyan hazai és Uniós kutatási projektben, konzorciumokban, ahol más cégek mellett egyetemek is aktív szereplők. Amerikai leányvállalatukat 2005-ben alapították. Fő feladatuknak tartja a technológia transfert, tehát a kutatási eredmények ténylegesen termékké fejlesztését majd közvetlen értékesítését. Tehát szeretné elérülni azt, hogy egy nagy cég az alapötletet olcsón megvegye, de azt is, hogy az asztalfőikben porosodjanak az ötletek. Tatai Gábor több évet oktatott az ELTE TTK-n, majd a BKAE-n, számos cikk, nemzetközi publikáció szerzője, társszerzője és rendszeres szereplője a média különböző ismeretterjesztő műsorainak.



Mit jelent az Ön számára a mesterséges intelligencia?

Nem a definíció, hanem egy folyamat jut az eszembe, hogy hogyan jutottam el a mesterséges intelligenciához mint kutatási területhez. Talán akkor indult el a történet, amikor a SOTE-n dolgoztam Szentágothai János egy agykutatási témájú projektjében, melyben többek között a purkinje sejtek szerepét és kommunikációját vizsgáltuk. Ekkor kezdett komolyabban érdekelni az intelligencia és a gondolkodás. Előbb hazai, majd amerikai-magyar cégnél számítógépes játékok készítésében vettem részt. Az „ellenségprogramozás”, vagyis a gép életszerű ellenféllé formálása az egyik legérdekesebb programozási feladat számomra. Kevesen tudják, de a mesterséges intelligenciának (MI) jelenleg is a játékipar a legnagyobb felhasználója. Többek között a játékok és az agykutatási projekt fordította úgy az életemet, hogy az akadémiai szempontból való „elkallódás” helyett lediplomáztam és kutatóként, illetve oktatóként dolgoztam.

Éreztem, hogy az MI címmel futó egyetemi tárgyak nem adták meg nekem a választ azokra a kérdésekre, amelyeket ebben a témakörben magamnak megfogalmaztam. Persze nem is lehet talán az egyetemi alapozó kurzusban olyan

mélyre jutni, hogy tényleg érzékelhetővé váljon az a tág spektrum, ami ténylegesen vizsgálatra szorul. Kezdetben egész mást gondoltam a mesterséges intelligenciáról, mint most.

A további lökést – a SOTE-n szerzett tapasztalatok, valamint a szoftvertechnológiai gyakorlat és tanulmányok mellett – az ELTE TTK-n Kampis György kognitív tudományi órái adták. Ő nagyon jól rálátott arra, hogy milyen részterületek vannak, és órái, valamint a vele való beszélgetések hatására összekapcsolódtak a fejemben a témakör biológiai, filozófiai és szoftvertechnológiai kérdései. Akkor erősödött meg bennem, hogy érdemes foglalkozni azzal a területtel, amelyet „ágensek és multiágens rendszerek”-nek neveznek. Ez lett az én kutatási területem. A terület rövid lényege, hogy az ágensbe „helyezünk” egy kis „okosságot”, az intelligencia egy-egy formáját, és megvizsgáljuk, hogyan viselkednek azok a rendszerek, amelyeket sok ilyen ágens népesít be, ahol mindegyikük bizonyos fokig autonóm és önálló döntésre képes. Ebben az időszakban a látóterem kitágult volt: azok a területek, amelyek viszonylag különállónak tűntek, összeálltak, és jobban felhasználhatóbbá váltak gyakorlati, szoftverfejlesztési szempontból is.

Ez a kutatási terület önmagában hozzásegített ahhoz, hogy ne „csak” az intelligencia-összetevők (látás, beszéd, tanulási képesség, következtetési eljárások stb.) részletes vizsgálatával foglalkozzak, hanem kialakult egy képem az intelligencia egészéről is. Az ágensek használata segít a többi, látszólag különálló ismeretet elhelyezni, egymáshoz kapcsolni: én ebben az interdiszciplinaritásban látom a kulcsát az egész kutatásnak. Ahogy az intelligencia sem individuális, hanem szociális jelenség, ugyanez vonatkozik az intelligencia komponenseire is. Önmagában nagyszerű, hogy a rendszer például felismer egy alakot, de mennyivel hasznosabb (és persze bonyolultabb), ha ezt olyan környezetben teszi, ahol sok más képességgel is rendelkeznie kell.

Ez semmiképpen sem kritikája az eddigi mesterségesintelligencia-kutatásnak. Sokan tanítják a számukra kedvessé vált szűkebb részterület tudományos eredményeit – ez még önmagában nem baj. Sokkal inkább problematikus, ha a tudásanyagot nem kapcsolják össze a többi szakterülettel. Szerencsés módon van több kezdeményezés, kísérlet „A jövő technológiái” jellegű kurzusokkal, amely végigfut több egymással összefüggő kérdéskörön.

Összefoglalva tehát számomra a mesterséges intelligencia egyrészt jelenti a gép azon képességét, mellyel sikeresen tud problémákat megoldani egy adott helyzetben, a lehető legkevesebb emberi beavatkozással. Másrészt jelenti azt, hogy a gép a lehető leghihetőbb módon, az emberhez hasonlóan tud kommunikálni és interakcióba lépni az emberekkel. Vagyis a felhasználói interfész

„emberszerű”, ha tetszik, átmegy egyfajta kommunikációs Turing-teszten. E mellett több mást is jelent, de ez maradjon az én titkom.. :) Ezt a kettőt csak azért emeltem ki, mert szinte ellentétesnek tűnő képességeket kívánnak a rendszertől. Ezzel is szerettem volna hangsúlyozni a téma összetettségét és az intelligencia környezetfüggő voltát.

Képes lehet-e egy tudós úgy elmélyülni az egyes részterületekben, hogy közben nem téveszti szem elől az egész vizsgálat?

Természetesen, sőt, ez lenne mindig az ideális. Az intelligencia nagyon sokrétű. Számos tudományterület legalább részleges ismerete szükséges ahhoz, hogy érdemben hozzá lehessen tenni a kérdéshez. Gondoljunk a pszichológiára, ismeretelméletre, kognitív tudományra, ezeken belül is a rengeteg modellre, ami az emberi viselkedést és gondolkodást próbálja leírni. Ezek alkalmazása, átültetése a gépi környezetbe – ami végülis az egyik célja a mesterséges intelligenciának – eleve kudarcra ítélt ezen ismeretek hiányában. Volt a mesterséges intelligenciának több olyan korszaka, amikor egy-egy nagyon szűk területre koncentráltak. A várt eredmény el is maradt.

Különböző kutatási stratégiák léteznek. Kutatási területeket is úgy lehet találni, hogy folyamatosan pásztázzuk az egymással összefüggő ismeretek spektrumát. Ahol réseket találunk, és összefüggenek az elemek, ott lehet előrehaladni. Ugyanígy álltak össze a fejemben nekem is ilyen kutatási területek a mesterséges intelligenciával kapcsolatban. Hogy ezek a területek összetartoznak, elméletileg sosem volt kérdés, azonban ez metodológiai és technológiai szempontból korántsem ilyen egyértelmű és egyszerű. Az egyes kisebb részterületek is rengeteg buktatót, nem várt nehézséget rejtenek. Az alapvető célnak, hogy hatékony, valós problémamegoldó rendszereket készítsünk, ne csak demókat a laboratóriumokban, mindig meg kell maradnia.

A mesterséges intelligencia kutatása a jelenlegi ismereteink alapján egységes egész vagy inkább egy lyukas szitára emlékeztet még?

Inkább több szitához, még a sziták sem álltak össze! A tudományterület – ha egyáltalán lehet szigorúan véve tudományterületnek nevezni – szerkezete olyan, hogy nagyobb egységek lógnak, mások hozzácsapódnak, és néha egy-egy leválik.

De ez nem csak ezzel a területtel van így. A statikusnak hitt tudományterületek határai már régen a múltba vesztek gyakorlatilag minden területen. A mesterséges intelligenciával mint tudományterülettel az a nem egyedi, de mégis kicsit speciális helyzet figyelhető meg, hogy a vizsgálat tárgya és célja (az intelligencia) és ennek mesterséges reprodukálása függ attól, mit és hogyan gondolunk az intelligenciáról. És persze függ a technológiai ismereteinktől és lehetőségeinktől

is. Mindkettő nagyon jelentős mértékben változott és változik jelenleg is. Pusztán a hardverek fejlődése olyan algoritmusok használatát teszi lehetővé, melyre korábban gondolni is alig mertek, mert kivitelezhetetlen lett volna. Tehát a területet szita helyett inkább hasonlítanám egy olyan amőbához, melynek ugyan egy adott pillanatban vannak határai, de ezek dinamikusan változnak, a következő vizsgálat során már nem ugyanott vannak. Azonkívül lehet, hogy osztódott is, lehet, hogy bekebelezett néhány dolgot. Ettől azonban az amőba nem lesz kevésbé érdekes vagy kevésbé egzakt. Ilyen a természete. Aki a statikus, biztonságos világhéjhez szokott, annak ez sokszor elfogadhatatlan.

A mesterséges intelligencia sok más tudományterület közös határán fekszik, mint erre már többször utaltam korábban, még ha megvannak is a saját jól megfogalmazható céljai. Ha a kognitív tudományra, neurobiológiára, informatikára gondolunk, ezek mind olyan területek, ahol egymást érik az újabb elméletek, nézetek, eredmények. Ne csodálkozzunk hát, ha mindez hatással van az MI-re. Egy jó MI-kutató folyamatosan figyelemmel kíséri ezeket a területeket. Ha nem tenné, az a bizonyos vizsgált amőba hamar eltűnne a szeme elől. Sokan ezt a polihisztorságot felszínesnek vélik, holott nem az. Ha valaki leragad egy helyben, és mélyfúrást végez anélkül, hogy figyelembe venné, hol van, akkor hasonlít ahhoz a sarkkutatóhoz, aki már száz méter mélyre fúrt a jégbe, de közben kitavaszkodott, és ő a sark helyett a tengeren sodródik egy jéghegyen, amibe beleszorult a fúrója. Itt a vizsgálat tárgya dinamikusan változik, vannak kérdések, elméletek, amelyekkel önmagukban el lehet tölteni egy életet. Ez azonban önmagában egyáltalán nem lesz feltétlen akkora érték – legalábbis megítélésem szerint. Számomra érték az, ami elősegíti a kutatási és fejlesztési témákat és gyakorlati alkalmazásukat. Ezt a célt pedig csak folytonos figyelemmel, alkalmazkodással és széles látókörrrel lehet elérni. Itt alapkövetelmény a sikerhez, hogy valaki sok mindennel foglalkozzon, aminek semmi köze a felszínességhez. Sőt, úgy látom, az vizsgálja a területet felszínesen, aki ezeket az alapfeltételeket nem veszi észre. Az intelligencia alapvető jellemzője, hogy „beágyazott” (embedded). Vagyis a környezet jelentősen befolyásolja, attól függ, nélküle nem értelmezhető. Ennek a ténynek szem előtt tévesztése végzetes a kutatóra nézve.

Az Ön által is említett polihisztor szemlélet emlékeztet az ázsiai típusú gondolkodásmódra: az egészben gondolkodjunk, és ne az atomizált részelemeket vizsgáljuk; lényegi összefüggéseket lássunk, ne csak elemi törvényszerűségeket. Ön szerint a nyugati és keleti MI-kutatók foglalkoznak ezzel?

A keleti gondolkodást a nyugatival sokszor úgy szokták összehasonlítani, hogy a nyugati sokat tud a gyöngyszemekről, a keleti pedig az egész nyakláncról. A modern technika és eszközei sok területen lehetővé teszik a részletes analízist, azonban a képből sokszor kikerül az egész, és már egy gyöngyszem boncolgatását tekintik sokan életcéljuknak. Lehet-e „gyöngyszemtudós” valaki, aki nem veszi

észre, hogy a szem egy lánc része, és ha kérdik a láncról, nem vagy alig tudja, miről szól egyáltalán a kérdés? Sok érdekes keleti cikket olvastam (japánt, kínait, de indiait is), ahol a szerző felhasznált elemeket az ott jellemző megközelítési módokból, és nagyon hasznos és tanulságos következtetéseket vont le. Magam is szemléletem részének érzem a rész és egész párhuzamos vizsgálatát, egyiket sem tévesztve szem elől. Vannak olyan kutatások, melyek a buddhizmus, a tudomány és a gondolkodás kapcsolatát vizsgálják összehasonlítva és ütköztetve a nézeteiket. Magyarországon is ismerek olyanokat, akik ezzel is foglalkoznak.

Van-e az MI-kutatásnak olyan pontja, ahol lehetetlen korlátok tornyosulnak?

Az MI-kutatás akkor vált szinte lehetetlenné a hetvenes években, amikor azt hirdették, hogy a szakértői és a döntéstámogató rendszerek megoldják a gondolkodás alapvető nehézségeit, kiküszöbölve az emberi hibákat, és létrehozva valami teljesen racionális „következtetőgyárat”. Ez sok ok miatt megbukott. Például emberekről döntöttek, embereknek akartak megoldásokat adni emberi helyzetekekre. Az ember viszont nem racionális a gépi értelemben, így egy logikai szempontból tökéletesnek tűnő megoldás semmit sem ért a valóságban, például azért, mert hasonló hibákhoz vezetett, mint amiket az ember maga is elkövetett – csak éppen más módon jöttek ezek a hibák létre. A lehetetlenséget az emberi nagyképűség eredményezi azzal, hogy egy tökéletlen dologról azt állítják: „íme a mesterséges intelligencia”. Ezzel aztán nem tudnak megfelelni még az adott terület követelményeinek sem, nem beszélve egy általános intelligenciáról. Így tehát azon a módon lehetetlenség lesz elérni bármit is.

Ez a tudományterület komoly recessziójához is vezetett. Azt gondolom, hogy időtálló eredményt, különösen ilyen összetett területen, nagyon nehéz elérni, de az biztos, hogy a természet ismerete és jó értelemben vett alázat nélkül lehetetlen. A realitás az, hogy az általános emberi intelligenciától még nagyon messze vannak a gépek. A filmek meglehetősen torz képet festenek az eredményekről és a jövőről. Mindemellett vannak használható részeredmények, melyek biztosan az általános értelemben vett MI részei, vagy legalábbis segítenek jobban megérteni, mi is az út hozzá. Ebben az interjú könyvben számos ilyen területről szó esik.

Az Ön számára mi az MI-kutatás igazi célja? Önmagunk legteljesebb megismerése? Az ember által teremtett „mesterséges élet” létrehozása? Üzleti alkalmazások készítése?

Nem szeretem a „végső célokat”, legyenek azok akár a „szebb jövő építése”, valamilyen rendszer „végső győzelme”, beleértve a „demokráciát” is. Ezek a jelzőszavak ugyanis általában porhintések, és a napi problémákról, valamint bizonyos rétegek teljesen más irányú törekvéseiről próbálják elterelni a figyelmet. Vagy pedig tényleg nagyon nem jelentenek semmit, annyira közhelyek.

Ray Kurzweil híres MI-kutató az MIT-n, nemrég jelent meg Cambrian Intelligence címmel egy könyve. Ő többek között a gépek jövőjében hisz, és az MI radikálisabb személyiségei között érzi jól magát. Számomra az intelligencia jobb megismerése az ember, a világ és saját magam jobb megismerését is jelenti. Ezek elég érdekes célok, sokan tűzték már ki maguknak, és tartalmas életet éltek. Mégsem értek a kérdések végére, a „végső válaszhoz”, legalábbis nem tudományos értelemben. Egy válasz száz kérdést csinál – mint a bolond. A kérdések pedig nem érnek véget. Sokszor, mint ebben az esetben is, könnyebb megválaszolni, hogy mi nem a célom. Nem célom, hogy az ember egy manipulálható buta állatfajjává zsugorodjon vissza, ami ostobán feléli a környezetét. Mindezt úgy, hogy közben a fejlődésnek nevezett marketingfogással mossák az agyát. A technológia önmagában nem jó, és nem is fejlődés. Ha segíti az embert értelmes célok elérésében, lehet jó. Az ember elbutítása, testi és szellemi ellustítása nyilvánvalóan nem tartozik az értelmes célok közé. A gépek már most visszavonhatatlanul részei az ember életének. Közhely a tőlük való függés, a gépek emberek általi kiszolgálása. Sok helyen még most is csak a számítógépeknek van légkondicionálás az irodákban, az embereknek nincs. Ez jellemző megközelítés. Ha cinikus akarnék lenni, az emberek élete már éppen eléggé mesterséges, színezékekkel teli: nem kifejezett célom az önreprodukáló, embert emberségében helyettesítő mesterséges élet létrehozása. Üzleti alkalmazást az MI sok részeredményéből készítene már hosszú idő óta. Én is szeretek ilyen fejlesztésekben részt venni, mert megmutatja a valódi értékét és működőképességét az elméletnek, és bizonyítja, hogy értelmes, hasznos segítője is lehet a gép az embernek.

Egyszer tömören úgy fogalmazott, hogy az intelligencia nem más, mint problémamegoldó képesség. Az evolúció során mekkora szerepe volt ennek a képességnek? Felhasználható-e az evolúciós folyamat az MI-kutatás során?

Az evolúciónak, szelekciónak rendkívül fontos a szerepe az intelligencia kialakulásában. Mindig szoktam hangsúlyozni, hogy az intelligencia szociális, ami részben a fejlődés szükséges feltétele is volt. A túlélést a csoport biztosította, nem pusztán vagy elsősorban az individuum. A gépek intelligenciájának kialakításához is hozzájárul több szelekciós folyamat. Noha gondolom Ön nem ebben az értelemben kérdezte az MI evolúcióját, a tudományos folyóiratok, publikációk szelekciója segíti az életképes gondolatok elterjedését és így hozzájárul a tudomány evolúciójához. Azok a tudósok pedig, akik elég agilisak és szerencsések, pénzt is tudnak szerezni terveik megvalósításához. Ez is egy szelekciós folyamat, és eldöntheti, hogy például egy A robot valósul-e meg a gyakorlatban, vagy egy B robot. Ez indirekt módon magában hordozza azt, hogy a tudományos szintéren életképebb az egyik alkotó, így nagyobb eséllyel próbálhatja ki, és „örökítheti” tovább ötletét. Tehát egyelőre az emberi versengés hat ki az MI evolúciójára.

Nincs sok hátra a ténylegesen önreprodukáló (tehát nem pusztán szoftveres reprodukcióra képes) intelligens rendszerek létrehozásáig. (És most ne foglalkozunk azzal, hogy sokak szerint az ember is csak egy gép, és ilyenformán az önreprodukció már megvalósult.) Már most is számos olyan algoritmust használunk, mely képes a saját „ötleteinek” vagy akár saját magának a szelekcióját is elvégezni. Mellettem dolgozik Londonban egy evolváló hardverekkel foglalkozó kutató, napi szinten látom az eredményeit. A reprodukáló gépek egyik lehetséges iránya a biológiai gépek, a nanorobotok. Ezek már képesek önreprodukcióra, de az önfejlesztés vagy a komplexebb számítási feladatok elvégzése még nem megoldott velük. Az ember evolúciója számos olyan megoldást, kerülőutat is produkált, ami szükségtelen, szuboptimális. Nem feltétlenül hasznos tehát az evolúció, mint fejlesztési technika kritikátlan alkalmazása, sem pedig az evolúció által létrehozott agy mechanizmusainak feltétlen másolása.

Mik jelenleg a legígéretesebb MI-kutatási területek és miért?

Jómagam ágensekkel és multiágens rendszerekkel, valamint integrált rendszerekkel foglalkozom. Utóbbiak az MI több alkalmazását is magába foglalják. Ilyen a díjnyertes EURÉKA beszélő robot, melytől lehet természetes nyelven kérdezgetni, szájszinkronizációval választ ad a beszélő animált feje, miközben emóciókat is kifejez. Szerintem most az egyik legfontosabb feladat az, hogy a gépet hozzuk közelebb az emberekhez. Formáljuk emberibbé, és nem azért, hogy a B kategóriás sci-fikben megszokott módon elkezdje átvenni a hatalmat az emberektől, hanem azért, hogy könnyebben lehessen használni és alkalmazni őket anélkül, hogy a felhasználók elveszítenék emberségüket. Ez utóbbi a jelenlegi trend, pedig a virtuális világban élés nem feltétlen a helyes fejlődési irány. A virtualitást szeretném a valóságba hozni, nem a valóságot virtuálissá tenni, habár a kettőt első látásra nehéz elkülöníteni. Noha nem osztom teljesen egyik kedvenc íróm, Kurt Vonnegut gépellenességét, azt igenis vélem vele együtt, hogy figyelni kell a teljesebb, szociális életre, és nem szabad a gépi intelligencia jelenlegi alacsony szintjére és a teljes gépfüggőség állapotába süllyedni, mert ez az általános emberi intelligencia csökkenését eredményezheti. Az ilyen meg ugyebár evolúciós szemszögből hátrányos az emberiségre nézve. Minden területet, amit ebben a könyvben is képviselnek a kutatótársaim, hasznosnak és ígéretesnek tartok, a szimulációtól a beszédfelismerésen át a tudáskezelésig, legyen az az emberi kommunikációval, gondolkodással vagy ügyes algoritmusok létrehozásával kapcsolatos. Szintén nagyon érdekesnek tartom a biológiai alapú számítógépeket és az ezzel kapcsolatos paradigmák fejlődését.

Ha már a filmeknél és könyveknél járunk, a sokszor negatív jövőkép és mondanó ellenére van-e bennük értékelhető ötlet, megoldás vagy bármilyen gondolat, ami inspiráló lehet egy MI-kutató számára?

A „Mátrix” az ágens kutatásból merített, mind az autonóm ügynök fogalmának

filmesítésével és dramatizálásával, mind pedig a szimuláció és multiágens rendszerek kérdéseinek vonatkozásában. Szeretném hangsúlyozni: nem a Mátrix Agent Smith-étől származik az ágensek fogalma; ez egy a számítástudományban jóval korábban használt kifejezés (etimológiailag meg a római birodalom adószedőiiig nyúlik vissza a szó jelentése). Vagyis az ötlet iránya fordított volt, a média „kapta fel” a tudományos terminológiát. A Spielberg-féle AI és az Asimov könyve nyomán készült „I Robot” mérhetetlen bárgyúra sikerült. Könyvben több olyan sci-fi van, amely izgalmas ötleteket tartalmaz. Ezek azonban legtöbbször annyira távol vannak a praktikus napi problémáktól, hogy lehetnek egy-egy terület végső céljai, de különösebben nem találtam inspirálónak ezeket, ellentétben például a természettel és annak jelenségeivel. Más kérdés, hogy van köztük érdekes olvasmány, meg az is, hogy az emberek jövőképét sokszor ezek, és nem a valóságos eredmények, a „tudomány mai állása” határozzák meg. Az ugyanis néha túl szürke lenne a mindent habzsoló, értelmetlenül is adrenalinlöket kiváltásra vágyó médiaszörnynek...

Milyen kutatásokat végez a londoni egyetemen?

Igazából csak végeztem, most már maximum utómunkálatokról lehet beszélni. Prof. John A. Campbell neves MI kutató (továbbá fizikus és matematikus) irányítása alatt dolgoztam több éven keresztül. Elsősorban részben matematikai, részben pszichológiai modellek alapján igyekeztem elindulni, és multiágens rendszerek viselkedését, illetve különböző algoritmusokat vizsgáltam. Aztán ez nagyon sok irányba elment. A '96-ban meglehetősen régi-újnak számító ágensek és multiágens rendszerek jelentették a fő témát. Az ágens értelmezésében olyan entitás, egyed, szoftverkomponens vagy modul, ami bizonyos önálló funkciókkal rendelkezik, helyet változtathat, lehet virtuális is, valós is, mint például egy robot. Az ágens szó az ilyen – ha tetszik, virtuális – lények metakoncepciója, „fedőneve”, ha már a titkosügynökekkel példáztunk. Ezekkel, illetve a több ágensből álló rendszerekkel kezdtem el foglalkozni, ahol a kommunikációról és számos más dologról is kell gondoskodni. A rendszerek érdekessége jórészt az volt, hogy másfajta módon lehet velük kapcsolatban gondolkodni, jóval antropomorfbab a technikai megközelítés, mint a hagyományos programozási nyelveknél. A hagyományos programozási nyelvek alapvetően nem az embernek, nem a társadalomnak, nem az – ha úgy tetszik – intelligenciának a logikáját követik. Sőt, még igazából a logikai programozási nyelvek sem, hanem a Neumann-féle bináris gépét. Úgy vettem észre, hogy ez a javíthatatlan koncepcionális szakadék a számítógép architektúra és az emberi gondolkodás struktúrája között mindenképpen nehezíti a géppel való kommunikációt, akár a fejlesztőről, akár a felhasználóról van szó.

A disszertációmban elsősorban bizonyos pszichológiai elemek komputerbe való átültetését vizsgálom, illetve az intelligencia egyéb megjelenéseit, mint a kollektív intelligenciáét, például hangyasakk formájában. Kollektíven sakkozni

próbáló programot implementáltunk, a bábuk önállóan döntenek, egymás között elrendezik, ki és miért lépjen, illetve nincs hagyományos mélységi keresés. Ennek az algoritmusnak, ennek a hangyakolónia-optimalizációs (ant colony optimization) technológiára épülő sakknak a lehetőségeit és a korlátait vizsgáltam. Ilyen formában a dolgozat nem „szabványos” multiágens rendszerekről, illetve algoritmusokról szól elsősorban. Ezeknek a reaktív rendszereknek és az egyszerű elemek együttműködéséből létrejövő intelligensnek látszó viselkedés létrehozásának Rodney Brooks az MIT AI Lab egyik alapítója a legnagyobb szószólója.

A kinti munka meg volt tűzdelve több más kutatással, például 1997-98-ban öt hónapig dolgoztam Japánban az NTT-nél – szociális ágensekkel, valamint szociális hálókkal (social networks) foglalkoztam a kutatólaboratóriumukban. Kifejezetten az internetre, illetve tudáshálókra vizsgáltuk, miként lehetne alkalmazni a szociometria és a social networking megközelítéseit. Kevés forrás állt akkor rendelkezésre a témakörben. Érdekes módon már akkoriban jeleztem, hogy nemsokára nagy figyelmet fog kapni a szociális hálók témaköre. Azt mondták, elment az eszem. Aztán 1999-ben jelentkezett Barabási Albert László hasonló témájú kutatási eredményekkel, és híres is lett, a téma meg azóta sok ezer kutatót „tart el”.

Jelenlegi kutatási területe az érzelmi modellek vizsgálata. Mit jelent ez pontosan? Hiszen a gépeket legfeljebb „érzékszervekkel” lehet felruházni, de érzésekkel nem. Tévedek?

Az érzelmek kutatása az egyik legfontosabb terület számomra. A gépek felruházhatók érzelmekkel, tehát részben téved, de természetesen nem ugyanolyan módon éreznek a gépek érzelmeket, ahogyan mi emberek vagy az állatok. Ezek „szintetikus érzelmek”.

Az érzelmeket jelen pillanatban a gondolkodás szerves és hasznos elemének tekintjük. A felvilágosodás elhomályosító gondolköre, mely a teljes racionalitást feltételezte a problémamegoldás során, hibás alapfeltevésből indult ki, és hiányos módszertannal dolgozott. Az emberi gondolkodás nem teljesen racionális, már csak azért sem, mert nem rendelkezik az adott problémával kapcsolatos összes háttérinformációval, a módszer pedig leegyszerűsítve szimbolikus megközelítés volt, az ember agya viszont nem így dolgozik. Ettől még születtek értékes eredmények, csak éppen nem az, amit vártak tőle sokan, akik nem látták a nyakláncot, csak a gyöngyöt... Az érzelmek a gondolkodás sok rétegében megjelennek, akár mint motiváló tényezők, akár mint egy költséges gondolkodási, elemzési folyamat megszüntetői és eredményt kiváltói. Az, hogy az ember idáig jutott, az érzelmeinek is köszönhető, és most semmiképpen sem szeretném, ha valaki az érzelmeskedésre vagy valamilyen hibásan femininnek

kikiáltott téves gondolkodási mechanizmusra gondolna. A félelem, az öröm és a többi érzelmek számos következtetésünket, amit „logikusnak” érzünk (sic!), és cselekedetünket meghatározza. Aaron Sloman a Birminghami Egyetemről a komplex kognitív architektúrák egyik legnagyobb szakértője. Ő igen helyesen illesztette be a gondolkodási mechanizmusba az érzelmeket, és készített a CogAff projekt keretében ilyen modelleket használó ágens-rendszereket. Marvin Minsky az MIT-ről nemrégiben jelentette meg az Emotional Machines című művét. Rosalind Pickard (szintén MIT) Affective Computing című műve igyekezett lefektetni az érzelmi alapú számítás és az érzelmreprezentáció szimbolikus alapjait. Van tehát zsongás a területen. Mindennek fontossága abban a roppant egyszerű és alapvető felismerésben rejlik, hogy az embereknek vannak érzelmeik, és ha a velük interakcióba lépő gépek ezeket megértik, illetve adekvát módon tudnak reagálni rájuk, akkor a kommunikáció színesebb, hitelesebb, érthetőbb, emberibb lesz. Az érzelmeik nagyon gyors és lényegretörő információhordozók. Képzeljük el, mennyit kellene magyarázni a kedvesünknek, hogy szeretjük őt, míg egy mosoly hosszú (és mosoly nélkül hiteltelen) szónoklatot válthat ki. Ilyen egyszerű. Emellett például többek között Antonio Damasio neurobiológus munkássága, amit többek között a „Descartes tévedése: Az érzelmeik” című művében tár fel, rámutatott, hogy érzelmeik nélkül nem is lehet „logikusan” gondolkodni. E felfedezéshez speciális agysérüléssel rendelkező betegek juttatták el, akiknek az alapérzelmeik visszacsatolásáért felelős idegpályáik sérültek. Semmilyen más agyterület nem károsodott. Normális emberként viselkedtek, az érzelmeiket azonban nem tudták megélni, megkülönböztetni. Fura helyzet kétségtelenül. Az még inkább meglepő volt, hogy bizonyos alapvető logikai műveleteket kiválóan meg tudtak oldani. Tudtak számolni, IQ-tesztet jó eredménnyel tölthettek ki. Azonban az intelligencia nem IQ-teszt kitöltés, hanem mindenféle komplex élethelyzetben való sikeres problémamegoldás. Ilyenekben azonban tökéletes kudarcot vallottak. Érdemes a könyvet elolvasni.

Az AITIA Zrt. fejleszt chatbotokat, beszélgetőrobotokat is. Mennyire fejlett a chatbotok érzelmi modulja?

Az AITIA Zrt. érdekes fejlesztései közé tartoznak a chatbotok, azaz beszélgető robotok. A chatbotok értelme, hogy igyekeznek visszahozni az emberi kommunikáció elemeit az ember-gép kapcsolatba – elveszett modalitásokat: egyrészt az arc gesztusait, másrészt – ezzel párhuzamosan – az alapvető fontossággal bíró érzelmi megnyilvánulásokat. Sok példa van arra, hogy az érzelmi keret kulcsfontosságú információhordozó: lehet azt mondani, hogy „szeretlek, szeretlek, szeretlek” úgy, mint egy szerető, meg úgy is, hogy „szeretlek háromszor – két forint ötven lesz” a táviratos kisasszonynál...

A chatbotok emellett képesek alapinformációkat szolgáltatni például egy weboldalon, de kicsit szórakoztatnak is, amire az érzelmeik felhasználása kiváló

eszköz. Vicces animációkat játszanak le, poénkodnak. Képesek például navigálni az elektronikus tananyagban, és ezáltal modernebb, emberközelebbi kommunikációs felületet biztosítanak.

Ami az érzelmi funkciók bonyolultságát illeti, jelenleg viszonylag szűk repertoárból dolgozik a publikus szoftver robot. Kísérleti jelleggel volt egy húsz-harmincezer szót, kifejezést és számos érzelmet tartalmazó chatbot is, de nagyon összekeveri a dolgokat... Nem egyszerű a feladat.

Az emberek több okból nem szeretik a gépeket. Egyrészt, mert gépek, különbözőek. Ez önmagában is elég lenne. Emellett nincsenek érzelmeik, nem érzékelik megfelelően az embereket, idegen nyelven, idegen módon kell velük kommunikálni. Ezeket az akadályokat próbáljuk a fejlettebb ember-gép kapcsolattal, interfészekkel lebontani. A folyamat egy – nyilvánvalóan bonyolult – lépése, hogy a beszélgető robotnak tudnia kellene a nyelvtant, elemeznie kéne a témát, kontextust, hol tart, miről szól a beszélgetés, adekvát választ adni utána, és még egy kis érzelemmel is színezní mindezt. Nem mindegy, hogy mondja el a „kösz, jól vagyok”-ot és mosolyog, vagy ugyanaz a fapofájú arc, animáció marad ott.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének a titkát?

Hogy az információ, az eredmények az egyetemi oktatásba is visszajussanak, továbbá a fejlesztések ne csak papíron jöjjenek létre, hanem ügyesen menedzselve piacra is kerüljenek, aztán persze abban, hogy a jövedelemben a projekt tényleges agytrösztjei részesüljenek elsősorban. Emellett fontos lenne az, hogy az állam a támogatásokat eredményes megvalósulási és ne lobby- vagy presztizsalapon ossza ki elsősorban.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Ugyanezek a dolgok érdekelnének. Meglehet, az agy felé, a biológia felé elmennék kicsit jobban, a kvantumszámítás is érdekel, de ezt egyetemista koromban még nem csinálhattam volna.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

A gazdaság egyik legfőbb motorja a kutatás-fejlesztés. Magyarországon ez radikálisan alulfinanszírozott. Írországban akkor költötték a legtöbbet ezekre a területekre, amikor az ország rosszul állt. Húsz év alatt európai élvonalba került minden területen, jórészt ennek, és hasonló, számomra „logikus” lépéseknek köszönhetően. Itthon a kutatás-fejlesztés az első, aminek levágják a költségeit,

mikor kevés a pénz a kasszában. Ez súlyos hiba. Emellett fontos lenne, hogy ez a támogató politika huzamos ideig megmaradjon. Rapszodikus segítséggel, néhány évente változó irányelvekkel nem sokra megyünk. Csak szpáhi gazdálkodás alakul ki. Fontos volna még a tudomány nagyobb megbecsülése, a szakmai ismeretterjesztés fejlesztése. Megjegyezném, ennek része ez a könyv is, melyet az Agent Portál – a www.agent.ai címen elérhető, mesterséges intelligenciát népszerűsítő oldal – működtetése során állítottunk össze.

Tatai Gábor

AITIA International Zrt

1039 Budapest, Czetz János u. 48-50.

<http://www.aitia.ai>

UCL (University College London), Department of Computer Science

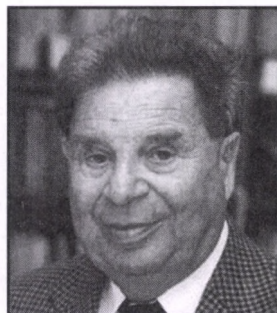
Gower Street, London WC1E 6BT, UK

<http://www.cs.ucl.ac.uk>

Vámos Tibor

Számítástudomány filozófiai alapokon

Vámos Tibor akadémikus a hazai MI-kutatás egyik úttörője és nagy összegzője. 1950-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a BME-en, majd a Dunaújvárosi Erőmű kivitelező mérnökeként vált ismertté. A hazai számítástudomány egyik elméleti műhelyének, a SZTAKI-nak az alapítója, könyvek, tudományos publikációk szerzője. Magyarországon kevesen tettek annyit a computer-tudományok fejlődéséért, mint ő.



Hogyan lett egy erőművet kivitelező mérnökből MI-kutató?

Gyerekkoromtól kezdve érdeklődtem a matematika és az elméleti tudományok iránt, viszont az önértékelésemben szükségesnek tartottam olyan gyakorlati alap megszerzését is, mely további pályámon erős kiegészítésként és támaszként szerepelhet. És ez nagyon jól sikerült. Akkor indult be az aspirantúra, amikor végeztem, de úgy gondoltam, van még egy kis időm, és megpróbáltam végigvinni egy gyakorlati szakmát. Nagyon hasznosnak bizonyult, mert a mai napig élek abból a szervezési, szintetizáló, különbözőfajta embereket megismerő gyakorlatból, amire az 1950 tavaszától 1954 őszéig terjedő időszakban, a nagy erőmű-építések során tettem szert. Nagy öröömre szolgált, hogy a Dunaújvárosi Erőmű ötvenedik születésnapján láttam, hogy még mindig azok a berendezések dolgoznak, melyeket az akkori tényleg kiváló szerelők és építők összehoztak.

Utána jelentkeztem aspirantúrára. Erőművek automatizálása, majd energiarendszerek automatizálása volt a menetrend – ez a kettő volt egyébként a kandidátusi és a doktori disszertációm, és ez természetesen kötődött az akkor induló számítástechnikához. Így került érdeklődésem középpontjába a számítástechnika és a számítástudomány. 1964-ben megalapítottuk az Automatizálási Kutatóintézetet. Nagyon hamar szereztünk számítógépet, és elindult a számítógépes automatizálás. Egy, 1971-től 1973-ig terjedő közös igazgatású periódus után, az Intézet egyesült az Akadémia Számítástechnikai Központjával, így lett Számítástechnikai és Automatizálási Intézet, és ezen belül voltak nekem a hagyományosan belül, de mindig előre építkező témáim.

A hetvenes évek legelején kezdtem foglalkozni alakfelismeréssel, és körülbelül egy évtizedet szenteltem a témának. Ezen belül, azután robottechnika – mert az alakfelismerést természetes módon összekapcsoltuk az intelligens robotok problematikájával. Így szélesült ki a terület. Alakfelismerési munkáim és tanul-

mányaim igen széles általánosítást tettek lehetővé, mert az alakzat (a pattern) tulajdonképpen egy szituációt jelent. Tehát sokkal szélesebb fogalom, mint a vizuális alakzat – ennek következtében nagyon sokféle irányban lehetett továbbmenni.

Melyik irányban ment tovább?

Az egyik nagyon érdekes irány Katona Ferenc professzorral való együttműködésem volt, a születés körüli agyi fejlődések és rendellenességek ügyeivel kapcsolatban, amik dinamikusan változó diagnosztikai alakzatok. Így kerültem kapcsolatba a fuzzy problémákkal is, mert mindazok az intelligensnek mondott, a formális logikával megfogalmazhatókon túlnyúló feladatok valamilyen módon a valószínűség-bizonytalanság körébe tartoznak. A klasszikus valószínűség-számítás és a fuzzy koncepció nincsenek ellentétben egymással – erről írkáltam is elég sokat... Bizonyos mértékig, szemantikai és megismerés-filozófiai oldalról más a megközelítés. A valószínűség-számítás szigorú axiómatikájával szemben a fuzzy egy sokkal kötetlenebb valamit ad, egyfajta hidat próbál verni a természetes nyelvi megfogalmazások és a számítógépes reprezentáció között, és ez igen fontos. A maga lazaságaival jobban illeszkedik számos feladathoz. Ezért tartom furának, hogy a fuzzy elméletek művelőinek jelentős része megpróbál egy – majdnem azt kell mondanom – fuzzyval szembeni magatartást tanúsítani, tehát ráépíteni egy olyan matematikai axióma- és metodikarendszert, amelyik a nagyon laza, verbális megközelítés ellentétévé válik.

A SZTAKI-t tartja élete egyik főművének.

Azt hiszem, a legjelentősebb, de az egyesített intézet elindulásában természetesen másoknak is jelentős szerepe volt. Kettős volt a kiindulópont. Az egyik: Magyarország akkoriban kezdett kinyílni a világ felé, és láttuk, hogy az automatizálás, a számítástechnika olyasféle perspektívákat vet fel, mint amik mára megvalósultak. 1981-ben volt egy akadémiai közgyűlési előadásom – az akkor elmondottak ma is érvényesek. Ez nem a nagy jóstehetségem, hanem mi olvastuk abban az időben az irodalmat, és láttuk a nagy laboratóriumokban végbe menő mozgást. A szakmákban nem volt általános az angol nyelvtudás.

Abban a szerencsében is részem volt, hogy bekapcsolódhattam a Nemzetközi Automatizálási Szövetség munkájába, és ezen keresztül a világ legnagyobb laboratóriumait – ha nem is mélyen, de valamennyire – megismerhettem. Hosszabb időt nem töltöttem kint, de a rövid látogatások, a tényleg baráti kapcsolatok rengeteg stimuláló hatást adtak.

A politikai vezetés reform-elkötelezett része felismerte az Intézet jelentőségét, és a segítségünkkel sikerült előrébb jutnunk. Főként Fock Jenőt említeném... Mindig kaptunk erős politikai támogatást – anélkül, hogy aktívan részt vettünk volna a politikában. Nálunk nem volt se pártiroda, se független párttitkár. A haladó baloldali vezetés nem rejtette véka alá kritikáját, véleményét.

Számos súlyos támadás ért minket – hogy nyugatimádók vagyunk, stb. Az országnak ugyanakkor szüksége volt egy ablakra kifelé, amit sok tekintetben megvalósítottunk. Szabad intézet voltunk. Fiatalembereket utaztattunk nyugatra. Sokan jöttek és jöhettek hozzánk, akik nézeteik miatt korábban börtönben voltak, vagy nem engedtek egyetemi pályára. Megint azt kell mondanom, hogy jó néhány politikai közvetítéssel – hogy ezeket az embereket meg kellene menteni... Ezt a gyakorlatot az akadémia máshol is támogatta.

A másik tényező az az elképzelés volt, hogy nagytehetségű emberek együttműködésével, együttélésével a világon mindig alakultak ki jelentős iskolák, szellemi műhelyek. Ez volt a mi el nem ért, de picit megközelített ideálunk. Nagyon sok alapot kaptunk ehhez, és tényleg működött itt néhány nagytehetségű ember. A szabad légkörre jellemző egyébként még az is, hogy se a rendszerváltás, se a mostani választási „vérengzések” idején semmiféle feszültség nem volt az Intézet dolgozói között. Egy – némileg az országos átlag fölé emelő – szellemi sztenderdet próbálunk állítani magunknak. Az akadémiai intézetek többsége ugyanezt képviseli, s ez az egyik jelentőségük.

1991-ben jelent meg Computer Epistemology című könyve. Mit ért pontosan számítógépes episztemológián?

Az episztemológia, a megismerésnek a tudománya az a fajta kritikai szemlélet, amivel elválasztjuk a valóságot az agyunkban adott – személyes és társadalmi tudásunk, biológiai felépítésünk szerint keletkezett – képtől, tehát egy leképezéstől. Amióta filozófia létezik, és az ember elkezdett kritikailag gondolkodni, majdnem azt kell mondanom, ez, s a hozzá való viszonyunk a téma. Ez a téma mindig nagyon élesen merült fel akkor, amikor az emberek a valóság vizsgálásához új eszközöket kaptak. Olyan vizsgálati eszközöket, mint a mikroszkópot, és egy sor mást, amik tényleg forradalmat jelentettek.

A számítástechnika alapvetően elősegítette. Számítástudomány nélkül például nem történhetett volna meg a DNS dekódolása – se technikailag, se a feldolgozás. Ezek az eszközök egészen új, sokkal mélyebb betekintést engednek a világ dolgaiba, és így újra felmerül a reprezentáció problémája. Már csak azzal a nagyon lényeges adalékkal is, hogy míg korábban ezek a nézetek csak áttételesen jelentek meg a valóságos cselekvésben, mint a különböző hiteknek és a hitek kényszerítésének a normájában, most az a helyzet, hogy ha a gépben reprezentálunk egy modellt, az a modell továbbhat az emberekre. A modelltől kijön valami eredmény, és azt mondjuk, hogy ezt kell alkalmazni. Újra felül kell vizsgálni az egész viszonyt.

Hogyan látja az agygép és a gépagy viszonyát?

Előadásokra és cikkekre készülök Neumannból – többek között a közgazdasági alkalmazások kapcsán írt arról, hogy kombinálni kell a kettő képességeit. Az emberi agy kvalitásait a gép nem tudja felmutatni. Más kvalitásai vannak. Rosszul

feltett kérdés, hogy a gép egy fejlődési periódus után tudja-e helyettesíteni az emberi agyat, vagy nem. Itt szimbiózisról van szó, melyben – és ezt Neumann már fél évszázada leírta – mind a két közegnek a kvalitásait fel kell használni.

Az emberi agy sok-sok tízmillió éves fejlődés eredménye. Ha megnézzük a felsőbbrendű állatokat, láthatjuk, milyen bonyolult tulajdonságokkal és mély pszichológiával rendelkeznek. A kutya reagál a gazdája lelkiállapotára.

Óriási, több tízmillió éves tapasztalat van beépítve agyi szerkezetünkbe. Más mechanizmusokkal dolgozik. Nagy viták voltak arról, hogy analóg vagy digitális. De ez is egy rosszul feltett kérdés, mert kombinált. Hogyan működnek a kémiai jelfeldolgozások? Ezek mind olyan bonyolult folyamatok eredményei, melyeknek az értékeit és bajait használjuk és viseljük.

A másik oldalról: a gép mindig egy céleszköz. Valamilyen cél kidolgozására alkalmas. Alapvetően logikai gép, tehát logikai módszerekkel jól megfogalmazható és definiálható feladatok kidolgozására való. Még a valószínűségi jellegű dolgok is azért alapjában véve, a maguk axiómatikájával visszalépnek a logika felé. Ez egy más vonalon, más célokkal elindult valami, és ezért nem érdemes beszélni a helyettesítésről. Arról érdemes beszélni, hogy a gép rengeteg olyan funkciót átvesz, amit az ember művelt, művel, és művelni fog. Ennek következtében az ember szerepe módosul, és – ha képes rá, akkor – emelkedik.

Kozári Hilda grafikussal közösen készítette az MI világába játékosan bevezető Az MI és a Scotland Yard CD-ROM-ot.

Egyszerű történetekkel és azok egyszerű vizuális ábrázolásával viszonylag bonyolult dolgokat próbáltunk megmagyarázni. Egyébként Judea Pearl, az MI-kutatás egyik kiváló alakja is alkalmazott hasonló módszereket: illusztrált előadásokat.

Hogyan látja a magyar MI-kutatás helyzetét, s benne az Ön szerepét?

A hazai MI-kutatás előbb-utóbb teljesen belesimul abba a nemzetközi vonulatba, amelyekben, az Európai Unióban is valamiféle szerepünk lesz. Létezik pár erős csoport. Gyakorlati, elméleti oldalról a nyelvész társaság, mely szintén nem egy: Prószékyék, a Nyelvtudományi Intézet csoportja. Kiemelném még a szegedi Kalmár laborban dolgozókat. Nem véletlen, hogy ez egy súlypont, és súlypont lesz elég hosszú ideig. Magunk is foglalkozunk bizonyos szempontból természetnyelv-megértési problémákkal. Úgy néz ki, jól kapcsolódnak az embereink a különböző ágens- és robotkutatásokhoz. Nagyon szép a haladás az intelligens érzékelők és azok szintéziséhez, együttműködéséhez kapcsolódó szabályozási problémák terén. Két csoportunk – Bokor József és Roska Tamás – között létesül együttműködés. Ma is azt kell mondanom, sőt, még inkább, mint korábban, hogy a tulajdonképpen celluláris, analóg-digitális processzoron alapuló – és már Neumann gondolataiban valamennyire felmerülő – Roska-féle CNN nemzetközileg is figyelemre méltó eredményeket produkál. Lehet, hogy

ezen a területen szintén áttörés lesz. Igyekeznek a biológusokkal is együttműködni. Egyébként Roska fia, Roska Botond kiváló cikket publikált a látás biológiájáról a *Nature*-ben. Úgyhogy, elég jól megy egy csomó dolog.

Majdnem azt kell mondanom, hogy utálójá vagyok a mesterséges intelligencia szónak. De nem lehet megkerülni, mert ez a nemzetközi kifejezés. Az összes, a számítástudományban valamennyire igényesebb dolog mesterséges intelligencia. Azt mondanám, hogy minden, ami haladó, advanced. Haladó kutatási állapotban lévő számítástudomány. És amit tegnap, vagy tegnapelőtt MI-nek tekintettek, ma beépül a PC-k szoftverébe, legfeljebb nem vesszük észre, mint ahogy a környezetünkbe beépült számítástechnikai eszközöket sem. A mobiltelefon csomó vonása húsz éve MI volt.

Itt az Intézetben van egy bizonyos ráhatásom az emberekre, hogy fennmaradjon az a szellem, amiről beszéltem. A kiválóság tisztelete, a másik megbecsülése, és egy nem homogén szellemi közeg fenntartása. Ezt próbálom tenni országosan is. Jelenleg az ország különböző illetékes vezetőit igyekszem belezavarni az elektronikus kormányzás ügyeibe, mivel ez az európai csatlakozás, a magyar demokrácia, és az egész fejlődés szempontjából kritikusan fontos.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Ehhez kívánatuk jó vitézi resolution (Zrínyi), egyébként: 1% inspiráció (de nagy tehetség-genius), 99% perspiration (Edison). A szerencse a felkészült elmét segíti. Egyébként kell jó iskola (100 évvel korábban, asszonyom meg olyan Manchester-Göttingen-magyar matematika-féle, amit lehetőleg nem ver szét a politikai szenny), gazdag környezet (Athén, Alexandria, Róma, Firenze, Párizs, London, Kalifornia, sőt, Bécs-Budapest, a boldog emlékezetű Monarchiában), némi függetlenség (átkos liberalizmus), vagy zseniális Mecénás.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Valami olyasmibe kezdenék bele, ami ma is foglalkoztat: nyelv-percepció, gépi reprezentáció és ennek biológiai, nyelvészeti, matematikai alapjai.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Nagyjából ugyanazt tudom mondani, mint a kutatásfejlesztési projektek sikerére. A politikusok, de még a ma élő tudományos elmék – a nagyok sem – fogják megálmodni, ki, mi, hol, mennyiért hoz létre valami óriásit. (Mi az óriási?) Az bizonyos, hogy mindez nem a vér- és rögvalóságból születik. (Ma másképp mondják, de ugyanaz.)

Vámos Tibor
MTA SZTAKI
1111 Budapest, Lágymányosi u. 11.
<http://www.sztaki.hu>

Vámosy Zoltán

Mobil robotok, robotlátás

Vámosy Zoltán a BME Gépészmérnöki Karának matematikus-mérnök szakán végzett. 1984 és 1989 között a Videoton Fejlesztési Intézetben szoftverfejlesztő, 1989-től a BMF Neumann János Informatikai Főiskolai Karának (2000-ig Kandó Kálmán Műszaki Főiskola Matematikai és Számítástechnikai Intézet) munkatársa. 2004-ben elnyerte az „Év informatikai oktatója” díjat. Az általa konzultált főiskolás hallgatók öt első, öt második és három harmadik helyezést értek el az OTDK-kon az elmúlt években. Elsődleges szakterülete a robotika, gépi látás, de programozási paradigmákkal és technikákkal, vizuális alapú programfejlesztéssel is foglalkozik.



A Videotonnál szoftverfejlesztőként dolgozott. Hogyan kapcsolódik későbbi kutatásaihoz az ottani munkája?

Elég lazán kapcsolódik, mert alapvetően egy gépészeti hajtástervező rendszer részeinek kifejlesztésén dolgoztam. A grafikus felhasználói felületével, illetve adatbázishoz, adatbázis-kezeléshez kapcsolódó alrendszerekkel foglalkoztam. Akkori tapasztalataimat viszont jól használhattam később a programozáshoz kapcsolódó tantárgyaknál. A kutatási területemhez – mobil robotokhoz, robotikához, gépi látáshoz – azonban nem kapcsolódott. Talán csak annyiban, hogy valamikor a nyolcvanas évek közepén, amikor Magyarországon is megindult a robotika, létrejött egy csoport, és én képviseltem a Videoton Fejlesztési Intézetet.

1997-ben jelent meg a Delphi a gyakorlatban (Mintafeladatok megoldással) című könyve. Mit gondol a vizuális programfejlesztésről, és azon belül a Delphi szerepéről?

A vizuális programozást jelenleg is oktatom; tantárgyfelelőse vagyok. A kilencvenes évek legelejére kezdtek kiforrni ezek az eszközök – Visual Basic, Power Builder, Delphi, stb. –, és mivel felgyorsítják a fejlesztést, óriási előrelépést jelentettek a programfejlesztési technikában. Az elsők egyikeként kezdtem el oktatni a Delphit az akkori intézetünkben. A több kiadásban megjelent könyv a hallgatók számára éveken keresztül készített tananyagból alakult ki. Azóta rengeteg új, mára standarddá vált technológiákat – internet-alkalmazásokat, webes szolgáltatások készítését – támogató elem tűnt fel ezekben a fejlesztőrendszerekben. Az objektumorientáltság-alapú szemlélet az elérhető komponensek segítségével jól alkalmazható a képfeldolgozásban és a gépi látásban is.

1989-től oktat mesterséges intelligenciához kapcsolódó tárgyakat: robotikát, képfeldolgozást. Miként értékeli a hazai MI-oktatás fejlődését, jelenlegi helyzetét?

Nehéz értékelést mondani. Egyrészt megfigyelhető, hogy a kutatás az MI hullámaival párhuzamosan erősödik, illetve bizonyos időszakokban kicsit háttérbe szorul. Néha úgy gondolták, hogy prosperáló és nagyon gyors outputokat hozó terület lesz, máskor viszont kiderült, mégse lehet olyan hamar eredményeket elérni. Ilyenkor törvényszerűen visszaesnek ezek a területek, legalábbis túl sok pénzt nem fordítottak rájuk. Nem könnyű dátumokat említeni, de például az Európai Mesterséges Intelligencia Konferencia 1995-ös magyarországi előkészítése és megrendezése kiugró időszaknak számított. Mi is kiállítóként jelenthettünk meg, bemutathattuk az akkor elkészült eszközeinket. A kilencvenes évek közepétől – talán a gazdasági korlátok miatt – visszaesés volt tapasztalható. Aztán – legalábbis a robotikában – mobil szerkezetekkel kezdtek el intenzíven foglalkozni. Ebben az időszakban fejlesztettük ki első lépegető robotunkat, amellyel külföldi ipari vásárookra is eljutottunk.

Az oktatásunkban mindez kevésbé jelenik meg ilyen erőteljesen, hiszen nem annyira piacorientált. Viszont a mesterséges intelligencia alapvető technikai – keresési algoritmusok, egyes programozási nyelvek, például a Prolog – természetesen ott is szerepet kaptak. Ha nem is külön MI-tantárgy keretében, de más környezetekben. Nálunk tizenöt éve indult. Kezdetben részben különálló tárgyként, majd alapvetően alkalmazásorientált területeken: képfeldolgozás, robotika. Néhány év után a hallgatók által választható úgynevezett szakirányt, modult alakítottunk ki, ahol ezek együttesen szerepeltek. Nem előadások hallgatásáról, és hagyományos gyakorlatokon történő feladatok megoldásáról van szó, hanem ennek keretében honosítottuk meg a több féléves, projekt szemléletű oktatási rendszert: a két-háromfős hallgatói csapat komplett rendszert fejleszthet ki három féléven keresztül. Rendkívül sikeresnek bizonyult ez a megközelítési mód.

Milyen tevékenységet folytat és milyen projekteken vesz részt jelenleg a főiskolán?

Több, mint tíz éve alapvetően képfeldolgozással, illetve a gépi látás robotikában való felhasználásával foglalkozom. Közben jelentősen megváltozott a hangsúly. Kezdetben inkább karokat használtunk, és minőségbiztosítási projektjeink voltak: a robot-látórendszernek fel kellett ismernie – például futószalagon érkező – tárgyakat, jellemzőiket menetközben kellett detektálnia, majd ezek alapján a kar megfelelő orientációjának beállításával meg kellett fognia, és a megfelelő célhelyzetbe mozgatni azokat. Az ilyen rendszerek már standard ipari technológiákká váltak.

A kilencvenes évek közepe óta mobil robotokkal, mozgásvezérlésükkel és azzal foglalkozom, miként lehet ezekkel az eszközökkel környezetet feltér-

képezni, legyen szó belső, vagy külső munkaterről. Készítettünk lépegető robotokat, számos guruló típust, sőt, még egy automatizált robotvitorlást is. A gépi látás elsősorban ezt a tevékenységet segíti, valamint olyan részfeladatokat támogat, mint akadályelkerülés, pályatervezés vagy navigálás.

Hogyan jutott el a robotokig, milyen eredményeket értek el az évek során?

A Műszaki Egyetemen igen fontos szerepe volt a modellezésnek, matematikai leírásnak. Ezeknek a szerkezeteknek a vezérléséhez szintén nagyon alapos matematikai ismeretek szükségesek. Ilyen szempontból talán megvolt a háttér. Viszont némileg a véletlen is közbejátszott abban, hogy ezt a területet kutatom. Az egyik kollégám éppen külföldre ment ösztöndíjjal, és én kezdtem el a korábban tantervbe vett tárgyat oktatni. Tetszett, majd egyre mélyebbre és mélyebbre sikerült beleásnom magamat. Kezdetben csak egyszerű robotkarokkal foglalkoztunk: volt néhány oktató robotunk, és egy hegesztőfeladatokat megoldó kar. Sokat kellett dolgoznunk a modellezésén és a vezérlésén ahhoz, hogy használható állapotba kerüljenek, és a hallgatóknak érdekes feladatokat tudjunk adni. Amikor a kutatási terület nemzetközi szinten megváltozott, mi is áttértünk a mobil robotokra, ugyanis ott jelentek meg kihívás-jellegű feladatok. Hallgatói projektekben, tudományos diákköri dolgozatokban egyaránt munkálkodtunk rajtuk, és a sikereink is hozzájuk kapcsolódnak.

1997-98-ban készült a hallgatói projektnek indult első négylábú lépegetőnk, az Exploratores. A fejlesztésben kiemelném az azóta már kollégánk, és számos mobil robot elkészítésében részt vett Molnár András szerepét. A gépészeti, elektronikai és informatika részfeladatokból a hallgatók rengeteget tanultak. A mesterséges intelligencia részterületeit használták fel: keresési algoritmusokat a pályatervezéshez, vagy neurális hálózatokat bizonyos navigálási részfeladatok megoldásához. A robotra több szenzort helyeztünk el. Akadályelkerülés esetében kezdetben tárgyreflexiók optikai érzékelőket alkalmaztunk szabályalapú rendszer segítségével, majd neurális hálózatokat használtunk a vezérléshez. Miután saját fejlesztésű képfeldolgozó kártya szintén készült, a robot kamerák képe alapján történő automatikus mozgatása is lehetővé vált. A szoftver a robot elé kivetített lézercsík deformációjából következtetett a szerkezet előtt lévő akadályok geometriájára, és hozott döntést a megfelelő mozgásparancs megadásával.

A befektetett munka a hallgatók esetében szintén megtérült: anyagmozgatás és robottechnika szekcióban első helyezést értek el az Országos Tudományos Diákköri Konferencián. Örömmel mondom, hogy ezen a területen, a kétévente megrendezendő versenyen az elmúlt négy alkalomból tanítványaim háromszor nyerték az első díjat és egyszer a második helyet.

A szerkezetet továbbfejlesztettük, nemzetközi konferenciákon, kiállításokon, fórumokon, például a Hannoveri Ipari Vásáron, Lipcsében, Toulouse-ban, Grenoble-ban jelentünk meg vele. Magyarországon éveken keresztül vettünk részt a Hungelektro-Hungamat kiállításon, ahol egyszer elnyertük az Ipari

Minisztérium Kreativitás Díját is. A sikerek formálisan a díjakban, kiállításokban fejeződtek ki, de az évről évre felhalmozódott tudás még fontosabb.

Később más berendezéseket, például elég nagy tappancsú kétlábú robotokat is készítettünk. Nem a két lábon járás és a dinamikus mozgás volt a kihívás, hanem azt vizsgáltuk, miként tudunk aktuátorként emlékező fémeket mozgatásra alkalmazni. Más jellegű problémákba ütköztünk, amikor kollégám vezetésével pneumatikus munkahengerekkel mozgatott hatlábú berendezést készítettünk. Egy másik hatlábú szerkezetünk pedig speciális járástechnikát alkalmaz: a csótányok „futásához” hasonlóan, forgó lábakkal mozog, és így lényegesen gyorsabb a hagyományos emlős- vagy hullőszerű négylábú robotoknál.

Egyrészt a mozgásra vonatkozóan halmozódott fel rengeteg mechatronikai ismeret, másrészt a mesterséges intelligenciához, a navigációhoz kapcsolódó akadályelkerülés és pályatervezés módjait is megismertük. Mindezek támogatására képfeldolgozó algoritmusokat szintén kifejlesztettünk. Mobil robotok esetében elsőként alkalmaztuk az úgynevezett – 360 fokban körbelátó – PAL optikákat. Például a hasukra erősítettünk egyet, és a lábait, valamint azok környezetét képfeldolgozás alapján egyidőben tudtuk vizsgálni. Több helyen hivatkoztak arra az eredményünkre, hogy milyen módon kell vezérelnünk ez alapján a robotot.

Az optikát akadályelkerülési feladatokhoz szintén használtuk. Ekkor elég csak egy képet feldolgozni, és a teljes munkaterről egy pillanatban kaphatunk fontos adatokat. Navigálás estében is hasznos a PAL optika, hiszen amikor a gyűrűalakú képen a képpontok mozgását, az úgynevezett optikai folyamokat vizsgáljuk, ha két oldalt egyenlő sebességgel változik az optikai folyam, akkor például folyosó közepén halad a szerkezet, vagy ha a robot előtti térrészt tekintjük, akkor mind a képrész geometriai jellemzőiből, mind az ottani pixel-sebességekből lehet következtetni az akadályok távolságára.

Robotjaink úgy kapcsolódnak a mesterséges intelligenciához, hogy a pályatervezésben már az MI-kutatások hajnalán megjelent, jól kidolgozott keresési algoritmusokat alkalmazzuk. Ez az egyik alapvető technika. Másrészt, nagyon gyakran dolgozunk neurális jellegű algoritmusokkal, hiszen a környezetről nincs teljesen pontos adatunk, és megpróbálunk közbenső, eddig nem ismert részek esetében neurális módszerek alapján interpolálni.

A robotikán belül/mellett a látás a „specialitása”.

A látással kapcsolatban alapvetően két nagyobb területtel foglalkozom mostanában. Természetesen a robotlátás az egyik, az arcfelismerés, arcdetektálás a másik.

A robotlátáson belül még mindig a háromdimenziós térben való tájékozódás izgat. Két főbb területét kutatom intenzíven: a sztereólátást, miként tudunk térbeli információkat kinyerni belőle, illetve, hogy az említett PAL optika segítségével – amikor egyetlenegy kameránk és ez a speciális lencse áll a rendelkezésünkre – hogyan lehet háromdimenziós információhoz jutni. Valamint

azzal, hogy a két különböző megközelítés – a két kamera külön, illetve egy kamera speciális optikával – mennyire képes egymást erősíteni, mennyiben használhatók különböző területeken. A sztereo algoritmusok, módszerek már jól kidolgozottak, de gyakorlati alkalmazhatóságuk zajos környezetben, pláne lehetőleg valós időben még nem megfelelő hatékonyságú. Az algoritmusok mindkét esetben sokszor alapulnak az optikai folyamokon és mozgásdetektáláson. Számos kísérletet végeztünk úgy, hogy személyautóval közlekedve videóra felvettük az előtte látható környezetet, és az intenzitásváltozási vektorokból következtettünk a horizontra, illetve jellemző objektumok elhelyezkedésére. A kifejlesztett algoritmusokat aztán robotokon is alkalmaztuk. Másik fontos részkutatásként azt vizsgáltuk, miként pontosítható a navigáció során alapvető fontosságú helyzet-meghatározás. Ipari körülmények között a robottargoncák esetében gyakran használnak speciális markereket, de a mobilrobotok általában nem ilyen munkakörnyezetben végzik tevékenységüket. Hagyományos optika helyett itt is PAL lencsét használunk, mert a gyűrű alakú képen az orientációk meghatározása triviális, és a távolságok mérése is egyszerűbb. Elsőként a robot mozgása során jól követhető térbeli pontokat kellett meghatározni, majd ezek ismeretében, a gép térbeli helyére és orientációjára lehet következtetni. Ez azért is fontos, mert ugyan GPS-t szintén használunk navigálási feladatokban, csak hogy – legalábbis a kommersz, számunkra elérhető GPS-eknél – a pontosságuk szerencsés esetben is öt-hat méter, másrészt nyílt terepen működnek csak. Viszont, ha előre ismerjük a terep néhány jellegzetes elemének koordinátáit, képfeldolgozással elért jól meghatározott pontok alapján és térbeli háromszögellésekből jelentősen javítható a pontosság. Az volt a tapasztalatunk, hogy a GPS és a képfeldolgozás kombinálásával hatékonyabb navigációs algoritmusok készíthetők.

A képfeldolgozás egészen más területe az alakfelismerés, ezen belül az arcdektálás és arcfelismerés. Korábban a felhasználók azonosítása érdekelt. Számos feladatban vizsgáltuk az alkalmazható algoritmusokat, megközelítéseket. Mi is fejlesztettünk geometriai jellemzőkön, bőrszegmentáláson és Gábor-szűrőkön alapuló módszereket. Egy mostanában készült munka során morfolás céljából automatikusan határozzuk meg az arcot és annak jellemző pontjait. A morfolás azt jelenti, hogy metamorfózis történik a forrás- és a célképen elhelyezkedő objektumok között, azaz a forrás folyamatosan a célállapotba alakul át. A mi esetünkben az egyik arc automatikusan változik át egy másikba.

Most olyan részterületeket vizsgálunk, melyek azt célozzák, hogy a gesztusok és arckifejezések alapján a számítógép-ember kommunikációban érzünk el eredményeket. Egy új projektünkben a SONY Aibo robotkutyájának kamera-képét használjuk a rendszer bemeneteként; a képen először az arcokat keressük meg, majd azon belül olyan jellemzőket, mint a szem, száj, orr, áll környéke. Reményeink szerint a robotkutyába telepített program elmozdulásaik, geometriai formájuk vizsgálatából következteti ki, milyen módon reagáljon a szerkezet.

Más biztonsági jellegű témakörökkel, például a titkosítással szintén foglalkozott. Ide kapcsolódik a szteganográfia is.

A szteganográfia egy országos tudományos diákköri konferenciára készülő projektként indult. Adatok képekben, vagy hanginformációban történő elrejtését jelenti. A képnek létezhetnek olyan bitsíkjai, melyek nem hordoznak mély információt. Úgy használhatók ki, hogy „lecseréljük” ezeket a biteket az általunk odarejtendő szövegre. A felhasználó észre sem veszi, hogy az eredeti kép reprezentációja megváltozott, mert a megjelenésben szinte nincs is változás. Az algoritmus, illetve a feladat nem túl bonyolult. Természetesen – hogy ne lehessen egyszerűen visszaállítani az információt – még a bevitt adatot is titkosítani szokták.

A képhez kapcsolódott, érdekes volt, és ezért indult ez a kutatás. Ebben az esetben is képből készül egy másik kép, de nem az a cél, hogy egy további képfeldolgozási részfeladatban – valamilyen szempontból – jobban használható legyen az output.

A biztonsági rendszereknél valóban egyre gyakoribb az alakfelismerés. Például biometrikus azonosítók alapján egyeztetik az ujjlenyomatot, a szemről, vagy magáról az arcról származó információkat. Mindez verifikálás-jellegű feladatoknál is megjelenhet: a belépni szándékozó ember valakinek állítja magát, amit le szeretnénk ellenőrizni. De olyankor is bevethető, amikor nem verifikálunk, hanem egy adott archoz hasonló embert szeretnénk keresni az adatbázisban. Mindkettőre vannak már különböző hatékonyságú ipari szintű termékek.

Milyen irányban fejlődik a robotika, mik a meghatározó trendek?

Talán két jelentősebb irányról beszélhetünk.

Az egyik a nanorobotika – a miniatürizálásnak arra a szintjére kezdünk eljutni, amikor igen kis méretekben tudunk előállítani megfelelően vezérelve adott pozícióba mozgatható, juttatható objektumokat. Ebben a mérettartományban egész más jellegű feladatok jelennek meg, mint a hagyományos gyártás esetén.

A másik irányzat a távjelenlét, a nagy távolságra történő aktív beavatkozások és ottani ténykedések, az ember-robot kapcsolat. Egyik leglátványosabb eredménye az űrkutatásokhoz kapcsolható, de jóval kisebb távolságok esetében már szintén nemcsak a távolról vezérlés érhető el. Olyan problémák merülnek fel itt, hogy a megfelelő vezérlőjelet át kell vinni az adott helyre, ami jelentős idő – és közben a robotnak valamilyen tevékenységet kell végeznie. A távjelenlét egy-két éve még sci-finek tűnő szintre jutott el: a berendezéseket szinte „teleportáljuk”. A robotika, a hálózatok, a virtuális valóság és a távjelenlét kombinálásával az eddigi eredményeket jelentősen meghaladó ember-robot hálózatos rendszereket kezdenek létrehozni. Már a tapintással nyert információk is átvihetők és éreztethetők. A japánok különböző képfeldolgozási és megvilágítási trükkökkel (retro-reflective projection technika) az illetőt, vagy annak arcát úgy „odavarázsolják” internetes hálózaton keresztül egy másik helyre, mintha a másik ember előtt lenne, megjelenne. A képet akár egy robotra is rá tudják vetíteni, és ezáltal egy következő generációs távjelenlétet eredményeznek. Sőt, nemcsak egyszerűen a cselekvést visz-

szük át master-slave robotkar jelleggel, hanem távolból a beavatkozó képét is odavetíthetjük ezzel a technológiával. Ha mindezt két irányban végezzük el, kölcsönös távjelenlétről beszélhetünk.

Ez a két terület halad igazán nagy léptekkel előre. Az ipari robotika szinte teljes mértékben ismertnek, jól kidolgozottnak tekinthető, a mobil robotikában azonban még mindig akad megoldandó feladat. A lépegető robotok esetében egyelőre nem oldódott meg a hatékony dinamikus járási stratégiák kialakítása. A terület másik jelentős problémája a kültéri navigáció. Heterogén környezet esetén ezt olyan feladatokban se sikerül még megoldani, amikor nagy biztonsággal és megfelelő sebességgel kicsit távolabbi célpozícióba kell eljutnia a robotnak. Gondoljunk csak az Egyesült Államokban rendezendő mobilrobot-versenyre: a szerkezetek néhány száz méteres vagy maximum kilométeres út után elakadtak.

Ha most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Először is nem kutatási területeket javasolnék, hanem azt, hogy hihetetlenül sokat akarjanak tanulni és dolgozni, ne elégedjenek meg a jegyek, bizonyítványok valamilyen módon történő megszerzésével. Hosszútávon csak erre lehet hatékonyan alapozni. De ez a kritika inkább az oktatási rendszerre vonatkozik.

Szinte majdnem mindegy, hogy hol, de – a széles látókör mellett – valamilyen területen el kell mélyedni, és keményen kell foglalkozni azzal. Számomra az utóbbi időben a képfeldolgozás és a robotika ezek a területek. Természetesen más témákban is található rengeteg kihívás. Ki miben leli meg az örömét.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

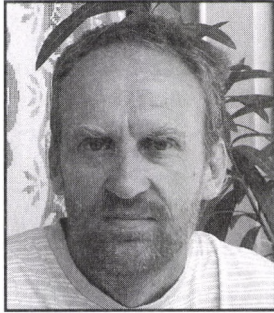
Egyrészt egyfajta naiv hozzáállást kell tanúsítani. Amikor az ember meglátja, hogy a világ bizonyos részeiben más feltételek között milyen eredményeket érnek el, nem szabad, hogy az ott lévő anyagi lehetőségekben való gondolkodás vezéreljen, vagy azon a szemüvegen keresztül ténykedjünk. Ugyanakkor lényeges, hogy megfelelően el tudjunk mélyedni, és próbáljunk eredményt produkálni bizonyos jól meghatározható kisebb részterületeken. Mi talán a PAL optikával történő megoldásainkat és az elkészített mobil robotjainkat mondhatjuk ilyennek.

Vámosy Zoltán

BMF, Neumann János Informatikai Főiskolai Kar, Szoftvertechnológia Intézet,
Szoftvertervezés Szakcsoport
1034 Budapest, Bécsi út 96/b.
<http://www.nik.hu/szti/oldalak/szakcsoportok/szakcsop.htm>

Váncza József

Technológiai tervezés, terméktervezés



Váncza József a SZTAKI Mesterséges Intelligencia Műszaki Alkalmazása Csoportjának tudományos főmunkatársa, 1997 és 2002 közt az NSZJT Mesterséges Intelligencia Szakosztály elnökségi tagja, jelenleg a BME Gépészmérnöki Karának docense, az MTA Automatizálási és Számítástechnikai Bizottságának titkára. Nemzetközi és hazai tudományos periodikákban megjelent számos tanulmánya mellett szakkönyvekben (például a Futó Iván által szerkesztett *Mesterséges intelligenciában*) szintén publikált.

1994-es PhD-dolgozatában gyártási folyamatok tudásalapú módszerek és genetikusan alkalmazásával történő tervezéséről írt.

Ez egy kedvenc témám, időről időre visszatérek rá. A technológiai tervezés a termékek létrehozásának egyik legnehezebb fázisa. A tervező specifikálja, hogyan nézzen ki, mit tudjon a termék, majd meg kell találni azokat a technológiai, megmunkálási, szerelési lépéseket, melyeknek a segítségével elő is lehet azt állítani. Ehhez egyrészt magáról a termékről, másrészt a gyártási folyamatokról kell nagyon sokat tudni. A technológiai tervezés tulajdonképpen ennek a két világnak a metszetében található.

Ebben a munkában azt próbáltam megragadni, hogy miként lehet a rendelkezésre álló mérnöki ismereteket reprezentálni és felhasználni a megoldás automatizálására, vagy támogatására érdekében. Ebben segítettek a tudásalapú módszerek. Gondoljunk egyszerű termékekre, amiket például különféle megmunkálási eljárások során készítenek, tehát marják, köszörülnek, stb.; egyelőre legyen kizárva a szerelés. Igyekeztem a mérnökök által elmagyarázott és rendelkezésemre bocsátott ismereteket fogalmi sémák és szabályok formájában reprezentálni. Mindezek az ismeretek azonban együtt sem voltak elegendőek ahhoz, hogy jó tervet tudjunk előállítani. Mert ez egy mérnöki feladat, és a mérnöki feladatnál nem elég egy megoldást adni, hanem általában a lehető legjobb megoldásra törekszünk.

A legolcsóbb, legpontosabb tervek kellettek. Az ismeretekkel nagyjából be lehetett fogni a megoldások terét, de meg kellett találni a legjobbakat, melyeket genetikusan algoritmusokkal kerestünk.

Hogyan vélekedik a genetikusan algoritmusokról?

A genetikusan algoritmust nagyon hatékony keresési eljárásnak lehet tekinteni.

Nem is szeretnék belevetíteni mást, mert valójában annak tartom: a keresési tér bizonyos régióit felderíti, s utána az egyre jobb megoldások megtalálására használja ki ezt az ismeretet. Végül a megoldásoknak egy sorozatát adja.

A tudásalapú technikákkal, közelebbről szabályalapú következtetéssel felépítettünk egy keresési teret, amiből aztán kivontuk a bizonyos szempontból lehető legjobb, például a lehető legkevesebb szerszámváltással kivitelezhető terveket.

A probléma azért izgalmas, mert – mint mondtam – a technológiai tervezés a terméktervezés és a gyártás két világát köti össze. Itt a mérnöki ismeretek valójában nagyon töredékesek és sokszor ellentmondásosak: tudunk a technológiai eljárásokról, a tűrésekről, a méretekről; tudjuk, hogy a durva megmunkálásokat előbb kell elvégezni, mint a finom megmunkálásokat, és így tovább. Mindezeket a töredékes ismereteket használva könnyen előállhat olyan helyzet, hogy konfliktust viszünk a feladat leírásába. Külön probléma, hogy miként lehet tisztázni ezeket.

Időről időre visszatérünk erre a feladatra, ami nagyon szép példája az MI mérnöki alkalmazásainak. Most van rá egy újabb, egészen más technológiával működő – korlátozás alapú – modellünk.

Egy mérnöki feladat megoldásakor egyrészt nagyon sok logikai következtetést kell végezni – amennyit csak lehet –, másrészt optimálni is kell. A logika alkalmazását a rendelkezésre álló ismeretek töredékessége nehezíti meg, sőt, ellentmondásosságuk ki is zárja azt. Mégis szükség van rá.

Másik oldalról viszont optimálni kell, hiszen legjobb megoldásra törekszünk, s ez nagyon megnöveli a feladat komplexitását. Ezért fordultunk hajdan a genetikus algoritmusokhoz. Most pedig azért használjuk a korlátozás alapú reprezentációt és következtetést, mert ott a logikai következtetés és a keresési technikák alkalmazása nagyon szépen egymásba fonódik. Az ember addig következtet, amíg tud. De amikor már – akár ismeretek, akár idő hiányában – nem tud, akkor egy újabb keresési döntést hoz, aminek hatásáról újra következtet, és így tovább.

A korábbi munkánkban, valamint a PhD-dolgozatban szét volt választva a két fázis: a logika és az optimumra irányuló keresés. Most viszont a kettő összefonódik egymással, s ezért jobb az újabb megközelítés.

Komplexbnek tűnik.

Komplexb, de általánosabb. A technológiai tervezés területén felállított modellünket verifikáltuk egyrészt a forgácsoló megmunkálások tervezése, másrészt lemezhajtogatás terén. A modell mindkét esetben alkalmazható volt. Az is szép benne, hogy lehetőséget ad az úgynevezett puha ismeretek, tehát olyan korlátozások alkalmazására, melyeket jó, ha betartunk, de ha nem tartjuk be, az se baj. Ilyen módon kezeljük a lehetséges szaktudásbeli ellentmondásokat. A szakismereteknek vannak kemény részei, amiket mindenképpen be kell tartani, de

bizonyos részeit úgy kezeljük, hogy ugyan törekszünk a betartásukra, de ha ez nem sikerül, az se jelent nagy tragédiát. Mindezt egy egységes reprezentációban, korlátozásalapú modellben ragadtuk meg, kemény és puha korlátokkal, ahol a puha korlátok sem egyformán fontosak. Ha sérülnek, igyekszünk a lényegte-
lenebbeket eldobni. Ebben a modellben különböző keresési technikák működ-
nek, amik egyébként most már nem genetikus algoritmusok.

Mióta foglalkoznak ágensekkel?

Mintegy tíz éve. Már a technológiai tervezéssel foglalkozva, látszott: jobb külön-
külön megragadni bizonyos területekre vonatkozó ismereteket. Jobban dekom-
ponálhatók a feladatok, jobban megragadhatók így, és az összjátékukból
kihozható a megoldás.

Később foglalkoztunk magas szintű termelésirányítási kérdésekkel, és azt lát-
tuk, hogy akkor születnek az igazán jó megoldások, ha ellentétes, vagy legalább-
is nem mindig egyező érdekű felek tárgyalása során alakul ki az eredmény. Más
az érdeke egy tervezőnek, egy eladásokért felelős menedzsernek, egy technoló-
gusnak, a termelés-tervezéssel foglalkozó menedzsernek, vagy éppen a minden-
napi gyártásütemezést végző műhelyvezetőnek. Egészen más fontos nekik,
egészen más szempontok szerint optimalizálnak.

Az igazán jó megoldások különféle érdekek konfliktusából erednek, de ezeket
meg kell tudni ragadni. Így jöttek be az ágensek a képbe: szereplők, saját
ismeretekkel, saját érdekekkel, saját szempontrendszerrel, akik racionálisan,
tehát saját szempontjaik szerint a lehető legjobban cselekszenek. Biztosítani kel-
lett egy terepet, ahol megoldott az összjátékuk, kommunikációjuk, információ-
cseréjük, majd az egész rendszer működését kellett olyan irányba terelni, hogy
globálisan is jól működjön.

Ez persze így túl nagy feladat lett volna, nem is tudtuk egészében megfogni,
ezért kipróbáltunk egy dinamikus ütemezési modellt. Itt az egyes ágensek
gyakorlatilag egy-egy termelési egység, például egy-egy gép működéséért fe-
lelnek. Mindegyik ágens másfajta feladatok elvégzésére alkalmas. Végül valaki
azért felel, hogy a bejövő megrendeléseket a gyár egyáltalán elfogadja, vagy
sem. Aztán egy tárgyalási folyamatban a gépek alkudtak a különböző mun-
kákra.

A dolog veszélye, hogy ha mindenki a saját feje után megy, akkor bizonyos
munkákat senki nem fogja elvégezni, mert nem jól fizet, vagy, mert annyira tele
van az ütemterve, hogy nem is tudná felvenni. Ez akkor blokkolja az egész rend-
szer működését. Ha elfogadunk egy megrendelést, de valaki miatt nem tudjuk tel-
jesíteni, ezért tulajdonképpen az egész egységet kell büntetni. És persze hason-
lóképpen, siker esetén jutalmazni. Rájöttünk, hogy nem elég az egyedül az önző
viselkedésen alapuló összjáték. Kidolgoztunk egy, tárgyalási mechanizmuson
alapuló ösztönző rendszert, ami mindenkit büntetett, aki részese lehetett volna
egy olyan munkának, ami nem ment előbbre. A rendszerrel nagyon sűrűn bejövő

megrendelés-állományt fel lehetett dolgozni, illetve a megrendelésekért felelős menedzser el tudta dönteni, mikor nem fogadhat el egy megrendelést.

Mennyire vonták be kutatásaikba a játékelméletet?

Kollégáim foglalkoztak játékelmélettel, én magam nem. Végül nem használtuk, a modellek inkább a józanészen alapultak. A játékelmélet egyik problémája, hogy nehéz döntési-problémák elé állítja a feleket. Egyik fontos szempontunk gyakorlatilag is alkalmazható módszerek fejlesztése volt, amiknél rendkívül számít a válaszidő.

Csapdahelyzet áll fenn: egyre több szempontot szeretnénk figyelembe venni, az eredményt a legtöbb fél összjátékából akarjuk kihozni, ráadásul úgy, hogy a válaszidő, ha nem is garantált, de rövid legyen, ami kérdéses, ha a játékelméletet alkalmazzuk. Mi inkább arra ügyeltünk, hogy az egyes ágensek – még, ha nem is a legjobb, amit kitalálnak – ne sokáig töprengjenek a teendőjükön. Másrészt, a kommunikációs mechanizmus garantálja, hogy az ágensek közti tárgyalás véges, és határozott időn belül lezajlik.

Milyen projekteken dolgoznak még?

A technológiai tervezés korlátozás alapú modelljét és megoldó módszereit ki akarjuk terjeszteni a konstrukciós tervezés felé is.

Am jelenleg van egy, a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program keretében két éve futó nagy munkánk: *Digitális gyár, termelési hálózatok* a címe. A SZTAKI, a BME, a Miskolci Egyetem, egy kisvállalat és egy jelentős ipari partner, a GE Hungary több gyára vesz benne részt. Három témája van, jómagam a nagyméretű termelés-tervezési és ütemezési feladatok megoldásáért vagyok felelős. Az egész projektnek kettős a célja: kutatási eredményeket kell elérnünk, valamint a gyáraknak demonstrálni kell, hogy a – részben együtt – kitalált módszerek valós viszonyok és méretek mellett is használhatók. Mind a magas szintű termelés-tervezés, mind az alacsonyabb szintű, de nagyon részletes termelés-ütemezés problémáin, illetve ezek kapcsolatán dolgozunk. Mindkét feladatnak rendkívül nagy a számításigénye. Ezeket általában heurisztikus módszerekkel, erős egyszerűsítő feltevések mellett szokták csak megoldani, ha megoldják.

Kidolgoztunk egy, projekt-ütemezésen alapuló teljesen új modellt a termelés-tervezés támogatására. A modellt nagyon eltérő gyártási környezetekben tudjuk használni, és a megoldó rendszer gyári adatokkal futva is rövid időn belül ad jó választ. Büszkék vagyunk rá, és a munkát mindenképpen szeretnénk továbbvinni; ha lesz rá módunk, egészen az éles alkalmazásig.

Az ütemezésnél az a probléma, hogy mindig gyorsan kell alkalmazkodni a pillanatnyi viszonyokhoz: leállnak bizonyos gépek, egyes műveletek a tervezettnél tovább tartanak, nem jön be a gépet üzemeltető munkás. Igyekezünk a problémák kemény, nagy bonyolultságú magját megtalálni, illetve reaktív, a változásokat gyorsan követő módszereket kifejleszteni. Mind a termelés-tervezésben, mind az

ütemezésben interaktív rendszer fejlesztése a célunk, hiszen a mérnökök és menedzserek munkájának megkönnyítésére, s korántsem kiváltására törekszünk.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

A siker titka mindenekelőtt az emberekben keresendő. Nagyobb az esély, ha sokszínű, különböző területeken igen jól képzett kutatókból álló, egymást tudásban és habitusban kiegészítő, együttesen egy kritikus méretet meghaladó kutató-fejlesztő közösség tűz ki maga elé célokat és vág bele a munkába. Az eredményeket alkalmazni kívánó ipari partner részvétele ösztönzőleg hat a kutatásra, amennyiben a távlati és a pillanatnyi célokat sikerül összehangolni. Természetesen főként egy nagyobb közösség munkája esetén elengedhetetlen a projekt pontos – ugyanakkor túlzott adminisztrációtól mentes – menedzselése.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Most ugyan nem azzal foglalkozom, amit hajdan tanultam az egyetemen, de mint egyetemista, vagy mint PhD-diák szívesen dolgoznék olyan témákon, amiken jelenleg: műszaki és gazdasági tervezési és ütemezési problémák számítógépes modelljeinek és megoldási eljárásainak kidolgozásával, elsősorban a mesterséges intelligencia és a kombinatorikus optimálás módszereire támaszkodva. A tág értelemben vett, termelési hálózatokra is kiterjedő és a globális kommunikáció minden eszközét használó termelésinformatikát távlataiban és részleteiben is izgalmas kutatási területnek tekinteném.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Biztosítani kell azokat a feltételeket, amelyek lehetővé teszik egy-egy tudományos terület ill. téma közösségének kialakulását és sikeres működés esetén fennmaradását. Az oktatással való szoros kapcsolat módját ad a fiatalok bevonására és tudományos iskolák kialakulására. Jóllehet a hosszú-távra való munka alapfeltétele bizonyos fokú stabilitás, a rendszer mégsem lehet merev és zárt. A siker legfőbb mércéje, hogy a nemzetközi kutató közösség is elismerje az eredményeket. Ugyanakkor egyre fontosabb szempont, hogy az eredmények a gyakorlatba is átültethetők, vagy sem.

Az eredményeket majd gyakorlatban alkalmazó ipart partnerként be kell vonni az alkalmazott kutatásba. Végső soron ők fogják az alapkutatási eredményeket sikerre vinni, jelenlétükkel növelik és gazdagítják mind a kutató-fejlesztő közösséget, mind a forrásokat. Ezzel együtt biztosítani kell, hogy az ipar rövid-távú, akár időről-időre változó céljai ne tegyék kapkodóvá, görcsössé a munkát és ne vegyék el a kutatás távlatát.

Ami pedig az állami támogatást illeti, kétségtelen tény, hogy a csúcstechnológiai kutatások költségesek. Mégis, meg kell találni a bizalom, nagyvonalúság, türelem illetve a gondos tervezés és az eredmények tekintetében a szigorú számonkérés összhangját. Ha a kutatás – akár csak részben – állami támogatással történik, akkor természetes, hogy az eredmények nyilvánosak legyenek.

Váncza József

MTA SZTAKI Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratórium

1111 Budapest, Kende u. 13-17.

<http://www.sztaki.hu/reszleg/EMI>

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9., K épület

<http://www.gepesz.bme.hu>

Varga László Zsolt

Elosztott rendszerek, ágenshálózatok



Varga László Zsolt a SZTAKI elosztott komponens alapú alkalmazások kutatásával és fejlesztésével foglalkozó csoportjának a vezetője. Kutatói pályafutása a nyolcvanas években kezdődött, később a genfi CERN-ben és a londoni Queen Mary & Westfield College Electronic Engineering tanszékén is dolgozott. Hosszú ideje foglalkozik multiágens rendszerekkel; aktívan részt vesz a nemzetközi Agentcities, illetve a folytatás Open Net projektben is.

A KFKI MSZKI-ban, a párhuzamos számítás területén kezdte.

A KFKI-ban azaz a Központi Fizikai Kutató Intézetben kezdtem dolgozni, ahol az embargós időkben a TPA számítógépek fejlesztése folyt. A TPA számítógépek processzorainak teljesítményét az elméleti párhuzamos számítási módszerek kutatásából származó eredményekkel próbáltuk javítani. Számos módszert megvizsgáltunk, és némelyiküket az akkor Magyarországon igen elterjedt számítógépekbe be is építettük.

Milyen jellegű kutatásokat folytatott a CERN-ben, illetve a Queen Mary & Westfield College-ban?

A KFKI, mint fizikai kutatóintézet kapcsolatban állt a CERN-nel, így többen is mentek oda dolgozni. Én is kaptam ösztöndíjat, és mivel akkor már az elosztott mesterséges intelligenciával is foglalkoztam, a CERN-ben bekapcsolódhattam az ARCHON nevű Európai Unió kutatási projektbe. Ez a projekt az első, és talán még máig is a legnagyobb ágens kutatási projekt volt. Tizenöt európai szervezet vett részt ebben a projektben, egy részük elméleti kérdésekkel foglalkozott, más részük az eredményeknek ipari környezetben való kipróbálásában és továbbfejlesztésében. A CERN-ben a PS részecskegyorsító irányítórendszerének a hibadiagnosztizálására két szakértő rendszer működött, az egyik a szoftver-hardver meghibásodásait vizsgálta, a másik a vezérlői beállítások helyességét ellenőrizte. A teljes hibadetektáláshoz célszerű volt ezeket a szakértő rendszereket összekötni, amihez az ARCHON projekt ágens rendszerét használtuk. Az ágens rendszerek alkalmazását részben a Queen Mary College-ben is folytattam, ahol az EA Technologies-el, az angol elektromos ellátó rendszer kutató laboratóriumával együtt dolgozva elektromos ellátórendszerek diagnosztizálására, diagnosztikai rendszereik közötti együttműködésre alkalmaztuk az ágenstechnológiát. Az al-

kalmazói tapasztalatokra alapozva kidolgoztunk egy módszertant is a meglévő intelligens rendszerek, szakértő rendszerek ágenssé alakítására, és ágens-kommunikáció segítségével együttműködésük kialakítására.

Mit tart ma a multiágens rendszerek legfontosabb elméleti, illetve gyakorlati kérdéseinek?

Az előbb említett ARCHON projekt óta nagy fejlődésen ment keresztül a terület. Akkoriban az ágens kommunikációnak még semmiféle szabványa nem létezett, tulajdonképpen az ARCHON projekt rakta le az első köveket, és már akkor felmerült, hogy az ágens rendszereket szabványosítani kellene. Azóta nagyon nagy előrelépés történt, megalakult az ágens szabványokat kidolgozó FIPA (Federation for Intelligent Physical Agents) szervezet, illetve létrejött az ágens-kutatással foglalkozók közötti kapcsolatot biztosító AgentLink Network of Excellence. Az ágens konferenciákon megjelent publikációknak és a szabványosításnak köszönhető, hogy kialakultak az egymással együttműködésre képes ágensplatformok.

Ezen a területen folyó jelentős változásokat mutatja, hogy a gyakorlatban is kezdik kipróbálni ezeket az elméleti, illetve szabványosítási elképzeléseket, például az Agentcities kezdeményezésben, ami az egész világra kiterjedő ágens hálózat az elosztott rendszerek minden jellemzőjével, így elnevezési, nyilvántartási és ontológia szolgáltatásokkal. Az Agentcities tesztkörnyezettől azt várom, hogy segítségével alulról felfelé építkezve kialakuljanak a szemantikus együttműködés de facto szabványai.

Elméleti téren a legaktuálisabb kérdésnek az ágens technológia és a Szemantikus Web technológia összehangolását tartom. Ezek a technológiák valójában nagyon szorosan kötődnek egymáshoz, és nagyjából ugyanazokat a problémákat akarják megoldani: a cél az, hogy a szoftver-komponensek hálózaton keresztül, minél magasabb szemantikai szinten tudjanak kapcsolatba lépni egymással, a szemantikai kapcsolatok megfelelő módon, egységesen, minden program által érthetően legyenek leírva.

Hazai publikációi mellett, számos írása jelent meg neves nemzetközi szaklapokban, tanulmánykötetekben. Melyeket tartja a legjelentősebbeknek?

Külföldön végzett munkám során könnyebb volt beilleszkedni a nemzetközi kutatói környezetbe. Akkor született a legtöbb publikációm, akkor dolgoztam ki egy módszertant a meglévő rendszerek ágensrendszerekbe integrálására, ami a doktori, majd később a kandidátusi munkámnak az alapja volt.

Hazatértemkor egy kis szünet következett be, de utána sikerült itthonról is beilleszkedni ebbe a közösségbe. Ez nagyrészt az AITIA Zrt.-vel, illetve a Dataware Kft.-vel és a Széchenyi Könyvtárral végzett munkánknak köszönhető, ami fontos lépésnek tartok a magyarországi ágenskutatás szempontjából is, mert egy viszonylag nagyobb méretű projektet sikerült létrehozunk. A projekt lényege, hogy csatlakozzunk a világméretű Agentcities tesztkörnyezethez, és elősegítsük a

tesztkörnyezet bővülését. Azt tűztük ki célul, hogy a web szolgáltatásoknak tekintett meglévő rendszereket az Agentcities hálózatba integráljuk. Kidolgoztunk erre egy módszert, amit kódgenerátor eszközökkel is megtámogattunk. A kódgenerátorok lehetővé teszik, hogy a Web Service Description Language (WSDL) nyelven leírt szolgáltatásokhoz azokat reprezentálni tudó ágenseket és az ágensok közötti kommunikációt leíró ontológiákat generáljunk. Ha rendelkezésre állnak ilyen eszközök, akkor a segítségükkel nagy mennyiségű ágens tudunk az Agentcities környezetbe telepíteni. A módszertan, illetve a kódgenerátor nagyon jól sikerült, az Agentcities által szervezett ágens technológiai versenyen infrastruktúra kategóriában első díjat nyert.

Hogyan látja az egész Agentcities projektet?

Mi tulajdonképpen kívülről kapcsolódtunk bele. Nagyon fontos és érdekes kezdeményezésnek tartom. Talán ez volt az első olyan projekt az ágensek kutatásában, ahol azt célozták meg, hogy egy világméretű tesztkörnyezetet építsenek ki, és sikerült is egy nagyméretű hálózatot megvalósítani.

2000 körül két, párban induló EU-projektként indult: egyrészt az ágenshálózat architektúrájával foglalkozó kutatási projekt, másrészt a hálózatépítő kísérő akció. Ez utóbbi egy világméretű közösséget alakított ki.

A hálózatépítő projekthez kapcsolódtunk, és nemcsak Európai Unió tagokkal, hanem komoly amerikai és japán kutató központokkal működünk együtt. Az Agentcities név furcsának tűnik, ez onnan származik, hogy a kezdeti elképzelés szerint a világ különböző városaiban ágens szolgáltatásokat végző platformokat hozunk létre, így ágens városok alkotják a hálózatot. Ennek megfelelően Budapesten is létrehoztunk egy csomópontot, ahol több szolgáltatást beindítottunk. Az Agentcities projektnek köszönhetően felépült egy minden fontos jellemzővel bíró, világméretű elosztott hálózat: van névszolgáltatás, directory service, ontológia service, ahol platformokat, ágenseket, szolgáltatásokat, ontológiákat lehet megnevezni, regisztrálni és lekérdezni. Ezekhez a szolgáltatásokhoz ágens illetve webes interfészen keresztül is hozzá lehet férni.

A projekt az idén befejeződött, de folyamatban van egy újabb projekt, az openNet szervezése, melynek a célja a tesztkörnyezet továbbfejlesztése és kibővítése. A továbbfejlesztés a hálózati szolgáltatások fejlesztésén kívül újabb technológiák integrálását is jelenti. Elosztott világméretű hálózatok építésére az ágens technológián kívül a hasonló célokat kitűző grid, illetve Szemantikus Web technológiának is szüksége van. Tehát az azonos irányba mutató kezdeményezéseket szeretnénk az Open Net hálózatba integrálni azzal, hogy lehetővé tegyük, hogy az Agentcities tesztkörnyezet kapcsolódni tudjon a többi környezethez.

Milyen SZTAKI-projektekben vesznek részt jelenleg, illetve vettek részt a közelmúltban?

A SZTAKI nagyon komoly elméleti, tudományos eredményeket elért kutatóin-

tézet, amelyik ezeket az eredményeket a gyakorlatban is igyekszik hasznosítani. A mi részlegünknek is volt a kutatás mellett kifejezetten fejlesztő-jellegű projektje, aminek a sikeressége a technológiai fejlődésünk elősegítése mellett a kutatáshoz is anyagi támogatást biztosított. Több magyarországi céggel is volt fejlesztő jellegű projektünk, de a legjelentősebb az IBM-mel való nemzetközi együttműködésünk volt. A kutatásainkban hasznosítottuk az itt szerzett gyakorlati tapasztalatokat, illetve a kutatási eredményeinket próbáljuk a fejlesztői munkában alkalmazni. Egymást erősítően igyekszünk integrálni a kettőt.

Az ágens- és komponensalapú tudományos és üzleti informatika a kutatási területe.

Az ágensek üzleti alkalmazása mindig izgalmas kérdés volt. A kutatók az érdekes elméleti kérdésekkel foglalkoztak, az úgynevezett mainstream informatika földhöz ragadtabban gondolkozott. Sokan kérdezték, hogyan találjuk meg a technológiát népszerűsítő, úgynevezett *killer application*-t? Nem biztos, hogy egy ilyen kell találnunk... Hogyan fejlődik a számítástechnika? Léteznek a fejlesztők megközelítését, nézőpontját formáló paradigmák, melyek szép fokozatosan beépülnek az informatikai termékekbe. Így képzelem el az ágensalapú programozást is.

Vegyünk egy egészen apró példát: ha egy PC-be bedugunk egy hardware-komponenst, az automatikusan felveszi a kapcsolatot a PC többi részével. Ezek a plug and play hardware-komponensek majdnem ágensek módjára viselkednek. Biztos, hogy az interneten is szükség lesz ugyanerre: az internet egyre nagyobb méreteket ölt, egyre összetettebb, lassan átláthatatlanná válik. Lehet, hogy nem az ember tudja mindig megkeresni a legjobb megoldást. Segédekre lesz szüksége, olyan szoftverekre, amiket szoftver-komponensként ráültethetünk az internetre és ott fel tudják venni a kapcsolatot a többi szoftver-komponenssel. A komponensek automatikusan kapcsolódnak majd egymáshoz, vagyis az ágens paradigma szerint fognak működni.

Ehhez még nagyon sok és nehéz munkára, szabványosítási és biztonsági kérdések tisztázására lesz szükség. Technológiailag már sok minden rendelkezésre áll, de a széleskörű alkalmazáshoz sok embernek és vállalkozásnak kell azonos célok felé törnie megfelelő szervezeti keretek között.

Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Ahhoz, hogy egy kutatásfejlesztési projekt igazán sikeres legyen, sok mindennek teljesülni kell. Természetesen lennie kell valami kítűnő ötletnek, ami valami újszerű dolgot jelent. Az ötlet nem lehet öncélú, valamilyen valódi igényt kell kielégítenie. Sokszor nagyszerű ötletek először öncélúnak tűnnek, és csak idővel fedezik fel, hogy milyen igényt is tudnak kielégíteni. Ugyanakkor egy új igény felismerése is jó ötletet és egy projekt alapját jelentheti. A jó ötlethez és igényhez megfelelő finanszírozásnak is kell társulnia, hogy mindent ki tudjon dolgozni és meg tudjon valósítani egy jó csapat. Ha meg is valósult minden, akkor még mindig

kell, hogy megfelelő időben és helyen történjen a projekt, hogy az eredmények ismertté váljanak, el tudjanak terjedni, és alkalmazásukhoz megteremtődjön a felhasználói közönség és érdekeltség. Sok példát lehetne sorolni, ahol egyik vagy másik feltétel hiányzott, de vannak olyanok is, ahol minden összejött. A Google esetében például voltak újszerű ötletek a találati rangsor javítására, az internet bővülésével együtt megnőtt az igény az internetes keresés iránt, a megfelelő csapat finanszírozást tudott találni az elinduláshoz, és kellően nagy piacot maguk mögött tudva alakíthatták ki a további finanszírozást biztosító hirdetési politikájukat.

Ha visszamehetnének az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörökben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

A technológiáknak is megvannak az életciklusai. Minden technológia először lappangó fázisban van, amikor laboratóriumokban elkészülnek az első kezdetleges prototípusok. A második fázis a bizonyítás, amikor üzleti szempontból is sikerül felkelteni az érdeklődést. Utána jön a berobbanás időszaka, amikor általános a lelkesedés, sok vállalkozás indul az adott technológiára, megindul a paradigmaváltás. A következő fázis a növekedés, amikor az új technológia általánosan elfogadottá válik, egyre többen alkalmazzák, kialakulnak a domináns gyártók, és sokan hisznek a technológia megállíthatatlan fejlődésében. Ezután a lassulás fázisa következik, amikor a technológia beérik, a piacok telítődnek, az exponenciális növekedés leáll, és az extraprofitok korszaka lezárul. Végül az érettség korszaka jön, ami egyrészt akár a hanyatlást is jelentheti, ha a technológiát egyértelműen helyettesíti egy másik, vagy egyfajta megújulást jelenthet, ha a technológiának sikerül egy újabb alkalmazását találni, vagy pedig beolvadást jelenthet, amikor a technológia ugyan már nem domináns, de mégis használatban marad, mint például a vasút manapság. Ez az életciklus megfigyelhető a főbb technológiáknál is, mint a vízenergia, gőzgép, elektromosság, robbanómotor, majd az informatika, de a főbb technológiákon belül is, így az informatikán belül például a programozási nyelvek, adatbázisok, tudásbázisok, internet, mobil kommunikáció vagy éppen mesterséges intelligencia tekintetében.

Miután a kutatási tevékenység a lappangó fázisban a legintenzívebb, ezért ma egyetemistaként valószínűleg egy ilyen fázisban lévő területet keresnék. Egyesek már felvetették, hogy az informatika esetleg túl van a növekedés fázisán, és a technológiai fejlődés felgyorsulását is figyelembe véve, nincs is sok idő hátra a lassulásig és talán a hanyatlásig. Így tekintve lehet, hogy nem is az informatika, hanem talán a ma lappangó fázisban lévő területek, mint például a nanotechnológia, lenne érdekes ma számomra egyetemistaként. Viszont ha arra gondolunk, hogy az informatikában már többször felvetették, hogy az eddigi technológiai fejlődési ütem tovább nem tartható, de ennek ellenére az ütem mégsem lassult, akkor könnyen lehet, hogy az informatika továbbra is ígéretes marad, és az informatika

valamelyik most lappangási fázisban lévő területe, mint például a bioinformatika, lenne vonzó ma egyetemistaként. Ennek ellenére úgy látom, hogy az informatikában, és ezen belül az ágens kutatásokban ma még további hatalmas lehetőségek rejlenek. Számos probléma megoldatlan még, és a mesterséges intelligencia, illetve az ágens kutatás területén sok felfedezendő van. Az emberi agy számára alapvetőnek számító tevékenységeket (elsősorban az érzékelés területén, mint például látás, szövegértés és feldolgozás) a számítógépek még mindig elég gyenge teljesítménnyel végzik. De ha csak tisztán számítógépes környezetet nézünk, ahol az érzékelés problémája nem annyira kritikus, mert gépi formában jelentkezik a be- és kimenet, akkor még mindig ott van az a kérdés, hogy az egyedi probléma megoldásával már elég jól megbirkózó programok hogyan tudnak egymással együttműködni. Az interneten összekötött programok mitől fogják egymást megérteni egy állandóan változó környezetben, hogyan tudják a világ különböző részein futó, különböző fejlesztői háttérrel létrehozott programok egymást megtalálni az Interneten, és hogyan tudják a közös nyelvet megtalálni. Ugyan a fejlesztők nagyjából hasonló fogalmakat használtak, tehát szemantikusan együttműködésre képesek is lehetnének, de mégis a programok megvalósításánál egy kicsit eltérő megvalósítást alkalmaztak, és ez elég lehet ahhoz, hogy a programok ne értsék meg egymást. Ez a hálózati ágensek egyik legfőbb megoldandó problémája, ami úgy látom nagyon sok kihívást tartogat még, és számos praktikus problémára is megoldást jelentene.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Ma már szinte semmilyen műszaki területen sem lehet komoly eredményeket elérni professzionálisan szervezett, kitartó csapatmunka nélkül. Annyira összetett rendszerekről van szó, hogy csak csapatmunka vezethet eredményre, amit jól kell koordinálni ahhoz, hogy hatékony lehessen. A koordinálás pedig megköveteli a folyamatosan dokumentált, formalizmusokkal és konvenciókkal szabályozott tevékenységet minden résztvevőtől. Ugyanakkor a komoly csúcstechnológiai eredményekhez kreativitásra és az egyéni tehetségek kibontakozására van szükség, mert így születik újszerű és kiemelkedő kutatási termék. Az egyéni kreativitás és a formalizmusokba szorított csapatmunka közötti helyes egyensúly megtalálása jelentheti a mai csúcstechnológiai kutatások egyik alapját.

Varga László Zsolt

MTA SZTAKI

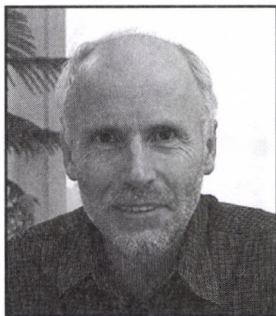
Rendszerfejlesztési Osztály

1111 Budapest, Lágymányosi u. 11.

<http://www.sztaki.hu/reszleg/RFO>

Vicsek Tamás

Fraktáloktól a viselkedésmodellezésig



Vicsek Tamás a moszkvai Lomonoszov Egyetemen végzett 1972-ben, PhD-dolgozatát a KLTE-n írta (1976), 1983 óta az MTA fizikatudományi kandidátusa, 1995-től az Akadémia levelező, majd rendes tagja. Jelenleg az ELTE egyetemi tanára, a TTK Biológiai Fizika Tanszékét vezeti. Munkásságát szerteágazó kutatások jelzik: fraktálok, molekuláris motorok, granuláris áramlások, kollektív viselkedésmodellek (csoportos mozgás, vastaps, pánik) szimulálása. Őt könyv szerzője, társ-szerzője, szerkesztője. Száznegyven, nemzetközi folyóiratokban megjelent tanulmányt jegyez, munkásságát számos magyar és külföldi díjjal honorálták.

Milyen kutatások folynak a Biológiai Fizika Tanszéken?

A tanszék a hagyományos biofizikai tanszékekhez képest abban speciális, hogy a biológia és a fizika határterületén legújabb felmerült kutatási irányokra, azok között is leginkább a statisztikus fizika biológiai alkalmazásaira koncentrál. A statisztikus fizika a fizikának az az ága, amelyik sok hasonló részecske kollektív viselkedésével – például olyan fázisátalakulásokkal, mint a víz kikristályosodása – foglalkozik. Bizonyos értelemben sok köze van az ágensalapú rendszerek viselkedéséhez és a biológiai fizika témakörén kívül eső mesterséges élethez is.

Sejt-biofizikai, biooptikai, evolúcióelméleti és további kutatásokat végzünk, sőt, nem biológiai fizikai, így például nanocsövekre vonatkozó vizsgálatokat szintén folytatunk. A spektrum széles, viszont a tanszék kicsi...

Hogyan jutott el a fraktáloktól a viselkedésmodell-szimulációkig?

Egyenes, de hosszú úton. A pánik során menekülő emberek, mint téma újszerű, nagyon másnak tűnik, de mégis kapcsolódik. Onnan indult az egész, hogy régebben – lassan harminc éve – a Műszaki Fizikai Kutatóintézetben dolgoztam, ahol alkalmazott kutatások folytak. A wolframgyártás egyes részleteinek elméleti úton történő megértése volt a cél. A perkoláció, vagy szivárgás jelensége során azt vizsgálják, miként jön létre egy összefüggő csatornahálózat inhomogén, kicsit szivacsos jellegű közegben. Az összefüggő, véletlenszerűen átvezető részekből álló objektumról kiderült, hogy olyan, mint egy nagyon komplikált hálózat, és a geometriája hagyományos fogalmakkal nem, csak a törtdimenziós objektumokra vonatkozó új megközelítéssel, a fraktálok geometriájának elméletével írható le.

Innen léptem tovább a fraktál-kutatás irányába. Rájöttem, hogy a baktériumtelepek fraktálmintázatokat alakítanak ki. Miután egy Petri-csésze közepére baktériumokat tartalmazó cseppet pötyyintenek, a baktériumok szaporodni kez-

denek, a gél felületén mozognak is, illetve a táplálék felé növegetnek, szálakat bocsátanak ki. Nagyon komplikált, bokorszerű alakzat alakul ki. A kutatásaimban ekkor jelentek meg a legrövidebb élőlények. Egyszer csak látszott, hogy bizonyos baktériumoknál a növekedő telep egyes részein kis korong-alakú képződmények jelennek meg, és a baktériumok körbe-körbe úszkálnak a képződményeken belül. Tehát feltűntek az együttmozgó, akár ágenseknek is nevezhető élőlények. Javasoltam rájuk egy egyszerű modellt, ami csak a baktériumok körkörös mozgását akarta megmagyarázni. Azoknak az embereknek mozgatta meg a fantáziáját, akik egyszerű modellekkel szeretnek érdekes viselkedéseket kutatni. 1995-ben publikáltam, és a legutóbbi hónapokban derült ki, hogy még sokkal érdekesebb, mint amilyennek tűnt eredetileg. Ha úgy tetszik, a modell ágensalapú: kiadjuk az ágenseknek, hogy próbáljanak arra menni, amerre a környezetükben levő többi ágens. Az volt benne az új, hogy egy véletlen perturbáció, egy véletlen szám megmondja, mennyire térjen el a mozgásuk ehhez képest. Tehát összesen csak két szabály van.

Továbbmentünk, és úgy értelmeztük, hogy a modell madárcsapatokra, halra-jokra szintén jó lehet. Amikor felkeresett egy – korábban már embercsoportok viselkedésének szimulálásával foglalkozó – eredeti gondolkodású német kolléga, kézenfekvőnek tűnt a megközelítésünk alkalmazása, az embereknek az ő számításainál sokkal egyszerűbb modellekkel történő leírása. Míg a baktériumok mozgásában is létezik valamiféle célszerűség, az emberek esetében egyértelmű volt, hogy extra tulajdonságokat tegyünk az eredeti modellbe. Nagyon hamar előjöttek az olyan kérdések, mint például, hogy mi történik akkor, ha sokan akarunk kimenni egy ajtón, és akadályozzák egymást.

Az út minden stádiumára jól emlékszem, mindegyik logikusan következett az előzőből.

Milyen következtetéseket vont le a kollektív viselkedésmodellekből?

Az alapkérdés a csoportos emberi viselkedés kvantitatív szintű megértése. Az ilyen viselkedés előrejelzése még izgalmasabb lenne, és abszolút igazolná a teljes kutatási irányt. Első szint a primitív, következő a komplex formák. Az egyszerűbb formák megértését teljesítettük, bizonyos jóslatokat teszünk rájuk. Közepes komplexitásúnak például az utcai demonstráció során tanúsított viselkedés számít, ahol már érzelmek keverednek. Egy adott divat elterjedése, egy párt népszerűvé válása még bonyolultabb. A kollektív viselkedés tulajdonképpen a szociálpszichológiához tartozik, viszont a hagyományos megközelítésre zéró formula és/vagy a részletes „folyamatábrák” hiánya jellemző. Egy eseménysor verbális, többnyire leíró elemzését adják: értelmezést és magyarázatot. Az ilyen elméletek azt jelentik, hogy valakik szerint így van... Túl szeretnénk jutni ezen. Ágensalapú szimulációban sokkal kézzelfoghatóbb a verifikálás. Viszont nem feltétlenül ebben a keretben, hanem inkább a természetudós attitűdjével gondolkozunk. Ugyanakkor előbb-utóbb összeérnek a

különböző szálak: a természettudományos, a társadalomtudományi és az informatikai megközelítés.

Ha az MI-t nem egyedi alkalmazásként, hanem szociális intelligenciaként fogjuk fel, milyen kapcsolódási pontokat lát az Ön szimulációs projektjeivel?

A mesterséges intelligencia rendkívül vonzó, csábos tevékenységi terület. Izgatóbb annál, mint amit ténylegesen nyújtott eddig... Rajntelligencia-ügyben referáltam James Kennedy *Swarm Intelligence* című könyvét. Sokkal jobb a véleményem róla, mint Wolfram sejtautomatákról írt kötetéről, ami nyilvánvalóan nem butaság, viszont negatív hatású. A jeles szaklapokban megjelent recenziók legpozitívabbika szerint is ellentmondásos. Szakmai slendriánságokat, prioritási kérdésekben való inkorrektiséget rónak fel neki, amikkel mélyen egyetértek. A komplexitás tudományának nevezi az egyszerű algoritmusokkal legyártott mintázatokat. Jó lenne, ha tényleg ez lenne a komplexitás tudománya, de sokkal többről van szó. Nem igazán tudjuk, mi az. Össze lehet gyűjteni, minek van köze hozzá, de kiforrotlan az egész. Az emergencia kevésbé, mert része, fontos tulajdonsága a komplexitás fogalmának. Utóbbiból csak annyit értünk, hogy ez is jellemző rá, az is jellemző rá, de koherens, megértett jelenségnek még nem lehet nevezni. Mi az a bonyolult rendszer? Általában sok egységből áll, szintek találhatóak benne, nem lehet könnyen megjósolni a viselkedését, és így tovább. Wolfram sejtautomatái sokat tudnak ebből, de – állításával szemben – nem mindent. Bizonyos dolgokban igaza is van, viszont a komplexitás lényegét tagadja meg. Elég lett volna, ha azt mondja csak, hogy lehet olyan számítógépes modelleket készíteni, amelyek komplex rendszerek. Majdnem viccesen primitívek a példái, és nagyon sok esetben nem tesz eleget a tudományos munka kritériumainak.

A rajntelligenciára visszatérve, az volt az érzésem, hogy ígéretes a Kennedy-könyv, viszont nem látom a cél elérését, hanem inkább a lehetőségek számbavételét. Nagyon intelligensen felvázolja, ecseteli a problémát, viszont az utána készített modell kicsi, primitív, ám megint rendkívül értelmesen interpretálja. Ez egy másik iskola. Mi inkább nagyon szűk, nagyon korlátozott témát vizsgálunk és készítünk rá egy viszonylag bonyolult modellt. Azt mondjuk, továbbra is csak arra jó, hogy a menekülő emberek esetében a kijárat elé tett oszlopról eldöntse, káros hatású lesz vagy sem, segít vagy nem. Itt tartunk. Kicsit szkeptikusan kezelem, ha valaki egy ennél primitívebb modell elkészítése után azt állítja, hogy megjósolja vele a következő választások kimenetelét. Ilyen szempontból a Kennedy-könyv a jobbik esetek közé tartozik.

De például Bonabeau megközelítése közelebb áll hozzám, mint Kennedyé – ő az igazán érdekes felfedezésekhez vezető úton jár. Még nem történtek meg, de már itt vannak nagyon közel. Látok fantáziát a leendő közgazdasági alkalmazásokban, mint az AITIA vBrokerében. A sakkal összehasonlítva: húsz éve még könnyen megvertem az akkori buta programokat, a mostaniak viszont rendkívül jól játszanak, hamar kikapok tőlük. Úgy tűnik, mélyen gondolkodnak. A jövő

brókerprogramjai az átlag emberinél jobb kötések tesznek majd a tőzsdén. Ugyanakkor egyelőre nem láttam mellbevágó, igazán megvilágosító cikkeket, és még mindig az ígéretesség dominál, ami nem az én világom. Azt szeretem, ha az ígéretemet megvalósítom.

Molekuláris motorokra vonatkozó kutatásokat is végeznek. Nyilvánvalónak tűnnek a nanotechnológiai kötődések.

A molekuláris motorok alatt biológiai, szabad szemmel nem látható, nanoméretű makromolekulákat értünk. A biológusok is motoroknak hívják őket. Motorról beszélünk, ha például egy kis szerkezet egy sejten belüli rudacska mentén egy sejtszervecskét, egy mitochondriumot képes végighúzni. Nem forog, hanem lépegető mechanizmussal működik. Ugyanakkor a mitochondriumok falában található egy forgómotor, a világ legkisebb forgómotorja: sokezer atomból álló, teljesen nanoméretű makromolekula. Van köze a nanotechnológiához, vagy inkább a mikroméretű technológiához, amikor a biológiai eredetű, forgásra képes struktúrákat szervesen, ember által készített anyagokkal próbálják házasítani. Szén-nanocsövet igyekeznek akasztani a forgó egységre, ami körbemeget, és kever valamit, azaz egy keverő. A DNS-chipek – ahol egy négyzetcentiméteren több tízezer gén azonosítására alkalmas kis egység található – esetében se ártana, ha a rátett lötytöt forgók kevernék folyamatosan. Az összetevőknek egyenletesen kell szétterülniük, mindenhova el kell jutniuk, ami diffúzióval megy végbe. Ha keveréssel lehetne gyorsítani, akkor nanoszerkezetről beszélénk.

Egy Széchenyi-pályázat keretében elnyert összegből nanotechnológiai eszközök kifejlesztését, többek között DNS-molekulák nagyság szerinti szeparálását vállaltuk. Van rá technológia, csak nem nano. A DNS-szeparátor megvalósítása mögött húzódó gondolat hasonló a molekuláris motorok működéséhez. Bizonyos – az autóban működő robbanómotorétól teljesen eltérő – elvek mikroszkopikus méretben eredményezhetnek mozgást. Felvetődik a kérdés, hogy az izom nano-technológiai elven, nanoszerkezetek által működik, vagy nem. A válasz: nano-szerkezetek működtetik. Az izomsejtekben sok millió – szintén molekuláris motornak nevezett – fehérje-pár van, amelyek egy rúd-szerű makromolekula mentén haladnak előre. Összehúzzák ezeket a „rudakat”, így rövidül az izomszövet.

Nehéz megjósolni, hogy konkrétan milyen szervesen, tehát nem biológiai eredetű, de nanoméretben működő eszközöket hozunk majd létre, viszont az biztos, hogy előbb vagy utóbb fogunk tudni ilyen szerkezeteket alkotni. A potenciális nanotechnológiai alkalmazások száma óriási; tényleg ez a jövő, és már részben a jelen is.

Miben látja a kutatás-fejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

Mint általában manapság a tudományos életben, a következő szempontok alapvetőek a sikerességben: eredeti ötletek, kitartó kemény munka, utánpótlás-

nevelés, illetve jó kapcsolat az ifjabb kollégákkal, az eredmények ügyes tálalása, és a forrásokra való pályázás színvonala.

Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

Biológus szeretnék lenni. Már annakidején is majdnem azt választottam, de végül is az akkor nagyon dinamikusan fejlődő fizika mellett döntöttem. A biológián belül az elméleti biológia egyik új ága, a „rendszerbiológia” (*Systems Biology*) vonzana.

Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

Ehhez nem értek. Úgy gondolom, vagy egy mar a legfejlettebb országokban meglévő sikeres dologhoz érdemes szervezeten csatlakozni, vagy valamilyen olyan témába jól belevágni, amelyik elég korlátozott érvényességű ahhoz, hogy nem kell a területen a legnagyobbak konkurenciájától tartani.

Vicsek Tamás

ELTE TTK Biológiai Fizika Tanszék

1518 Budapest, Pf. 32, 1117 Pázmány P. sétány 1/c.

<http://angel.elte.hu>

"Tapasztalataim szerint a magyar olvasóközönségnek még a tudomány és technika legújabb vívmányai iránt érdeklődő részhalma is hajlamos azt feltételezni, hogy a jövő csúcstechnológiáinak bölcsőit Japánban, de minimum az Egyesült Államokban ringatják, Tokióig vagy a Szilícium-völgyig kell menni ahhoz, hogy például élő mesterségesintelligencia-kutatót láthassunk munka közben, természetes élőhelyén. Az ilyen témákban a magyar újságírók többsége is a Wired News vagy a New Scientist hírfolyamát fordítja, nem ismerjük és nem szólaltatjuk meg a szakterület mértékadó hazai személyiségeit. Mindenképp hiánypótlónak tartom ezt az interjúkötetet, mert csattanósan cáfolja a fent említett közkeletű előítéleteket, és ennek az egzotikusnak gondolt diszciplínának számos nagyszerű tudósát vonultatja fel hazai terepen."

- Bodoky Tamás
(Index.hu)

"Kiváló elmék kaleidoszkópja. Egy interjúkötet, amely nem annyira irodalmi stílusával ragad meg, hanem azzal a felismeréssel, hogy mennyi eredeti tehetség él és dolgozik ebben az országban, vizsgálja a mesterséges intelligenciát és határterületeit. Kömlődi Ferenc beszélgetéseiből nemcsak a magyar számítástechnika-informatika múltja és jelene tárul fel, de az is kiderül, itt szinte mindenki valami mást csinál, mint ami az eredeti szakmája.

Okos, tartalmas és a sok sikeres életút láttán egyúttal reményt keltő olvasmány, amilyenre nagyon is szükségünk van, sokszor borúra hajló hangulatú világunkban."

- Palugyai István
tudományos újságíró, a Népszabadság tudományos rovatának vezetője

"Ez már nem science fiction, ez maga a valóság! Nem csak a tudomány, hanem a gazdaság is szép lassan befogadja a mesterséges intelligencia (MI) különféle alkalmazásait, így napjainkban lépik át lakásaink ajtaját az első háztartási eszközök, melyekben a gépi problémamegoldó képesség megjelenik. Sőt, nem is gondolnánk, hogy hány helyen működnek immár az MI-kutatás kézzelfogható termékei: személygépkocsikban, számítógépes játékokban, intelligens áruházi eligazító rendszerekben stb. És ezek még csak nem is a legizgalmasabb alkalmazások! E kötet elolvasására vállalkozók bepillantást kapnak a tudományterület legfontosabb kérdéseibe és eredményeibe olyan - többnyire magyar - szakemberektől, akik egytől egyig közvetlenül kötődnek a kutatásokhoz és saját területükön már eredményeket értek el. A sci-fi szerzők által évtizedekkel korábban felvetett problémákkal is találkozhatunk az interjúk olvasása közben, csak hogy többnyire nem gondolatban felvetett kérdésekről van szó, hanem a kutatás-fejlesztés közben felmerülő morális problémákról. A filozófiai kérdések mellett a türelmes olvasó persze nem kevés utalást, kapcsolódási pontokat talál a XXI. század első éveiben felmerülő gyakorlati akadályokról, kísérletekről. Napjaink hétköznapi valóságából szemlélve öles léptekkel haladunk, a tudományág dimenziót ismerve azonban arra juthatunk, hogy óriási út van még az MI-kutatás előtt! Nem kell nagy jóstehetség ahhoz, hogy belássuk: az MI-műhelyek ezentúl egyre gyakrabban jelentkeznek majd izgalmas fejlesztéssel. E könyv izgalmas áttekintést ad a tudományág fontos szereplőinek szemüvegén keresztül."

- Szilágyi Árpád
rádiós újságíró (www.netidok.hu)
a T-Online Magyarország PR menedzsere (www.t-online.hu)

