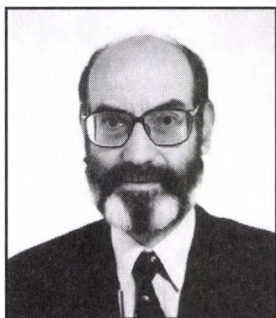


## Gergely Tamás

### 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, amelyekben 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 küszöbértékháló 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 neuronháló 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>