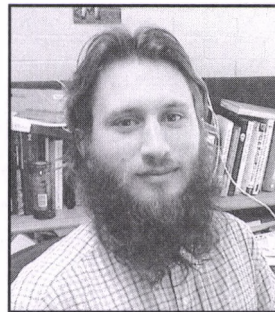


## Egri-Nagy Attila

### 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 pocsoya 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 mozgékonyságának 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>