

Szimuláció, önszerveződés, multiágens-rendszerek – Interjú Gulyás Lászlóval

Gulyás László az ELTE programtervező matematikus szakán végzett 1996-ban, jelenleg a SZTAKI kutatója. Tanított a Közép-Európai Egyetemen, dolgozott az Agent Labnál, ágensalapú modellezésben és szimulálásban vett részt a Harvardon. Az ágensalapú 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 ágens-metafora egy viszonylag könnyen értelmezhető keretet ad.

- Mit ért pontosan mesterséges intelligencián?

- Tatai Gáborral közös ágensalapú kurzusunkat mindig azzal kezdtük az ELTE-n, hogy az MI-t magát próbáltuk a diákokkal közösen definiálni. Elég hamar kiderül 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-hasonlításhoz, vagy funkciók elvégzéséhez jutunk. Ugyanakkor, az előbbi szorosán kapcsolódik az utóbbihoz, mivel nyilvánvalóan nem az, és nem lehet az a célja a mesterségesintelligencia-kutatásoknak, hogy „embert gyártson”. Ennek semmi értelme nem lenne, és nem is célja senkinek. Hogy úgy mondjam, az „biológia kérdés”... Ha viszont a cél egy, az emberhez valamilyen szempontból hasonló *jelenség* előállítása, 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 feladatok megoldásához kötése azonban csapdát rejt magában. Futóvad-lövésről van szó ugyanis: egy feladatra rábökünk – az ember meg tudja oldani, a számítógép nem. Ha azonban olyan programot írunk, ami 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 egyhelyben 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 „egyhelyben topogása” közben – pl. hang- és képfelismerést, beszéd szintetizálást, 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 ágens kutatáshoz 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 multi-ágens rendszereknek nevezni. Rajintelligencia alatt olyan speciális multi-ágens 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, abban az értelemben legalábbis, 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 ágens kutatások egy speciális ágával, az úgynevezett 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 ágens-szemlélet: 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 – tudományosan 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 ágensalapú 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 Swarm-hoz 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, aminek 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, amik között persze vannak átfedések is.

- Kezdetben diszkusszív, szövegalapú, Marx *Tőkéjéhez* hasonló megközelítést használtak: vastag könyveket írtak, és kifejtették az adott rendszerre vonatkozó elméletüket. Itt a példa és az érvelés az elméletkifejtés alapvető eszközei. Teljesen érvényes ez a módszer, működik, sok mai tudományágban bevett forma. Praktikus baja az információáramlás lassúsága, mert négy-öt száz 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 főiránya 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. Azonban az így felírt matematikai problémákat 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 osztályokba sorolásuk.

Egy másik probléma, hogy ezek a modellek általában fix számú szereplővel dolgoznak. Tehát modelljeinkben az emberek nem

halnak meg, 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 ágensalapú számítógépes szimulációval viszont a problémák jelentős része kezelhető. Elvben tetszőleges ágensből álló modelleket lehet építeni. A populáció mérete lehet dinamikus: tudok ágenseket elvenni, 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 azt. 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 fogoly-dilemma, mesterséges értéktőzsde, a Schelling-féle szegregációs modell kiterjesztése, és még folytathatnánk...

- Közös projektünkről Kampis György már beszámolt a vele készített interjúban

<http://www.agent.ai/?folderID=4&articleID=987&ctag=articlelist&iid=1&PHPSESSID=16e32fc9ee5b088674a1f1a5fca5a3ac>).

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 feltétlenül 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 generálhatóak, az emberek spontán önszerveződéséből kiindulva. Erre mutat példát Paul Krugman modellje, amit harvardi kollégámmal, Yuri Mansury-val továbbfejlesztettünk. A mi munkánk arra irányult, hogy az USA város-eloszlásának egy speciális jellegzetességét reprodukáljuk önszerveződő alapon. A jelenségre egyébként többféle magyarázat született már, viszont önszerveződő modell még nem létezett.

A háromszemélyes fogoly-dilemma 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; hogy 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 ágensek kereskednek. Az eredeti modell fő eredménye az, hogy a mesterséges környezetben létrejövő árfolyam-mozgások igen hasonlóak a valós tőzsdéken látottakhoz. Mi azt találtuk ki, hogy ebben a modellben néhány ágenszt valódi emberekkel helyettesítünk. Ezek az emberek ugyanazokat az információkat kapták meg egy internetes felületen keresztül, mint a mesterséges ágensek és 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 ágens-modelleket

közelebb hozza a szokásos laboratóriumi csoport-kísérletekhez. Egyúttal szép példája annak, ahogy a modern informatikai módszerek és eszközök hasznára lehetnek más diszciplínáknak.

- Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének 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 behatóroltságra 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 helyezze 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 csúcstechnológia alatt a hagyományosan „high-tech”-nek nevezett felfezetőgyártást, 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 széleskörű szakmai együttműködést próbálja ösztönözni.

Igaz, gyakran elsősorban üzleti, illetve politikai szempontok alapján.

<http://www.sztaki.hu/~gulyas> (Gulyás László)