

Takács Márta

∴ Újvidéki Egyetem, Magyar Tannyelvű Tanítóképző Kar, Szabadka–
∴ Óbudai Egyetem, Budapest
∴ takacs.marta@magister.uns.ac.rs

A KULTURÁLIS ÉS GAZDASÁGI ANTROPOLÓGIAI VIZSGÁLATOK XXI. SZÁZADI MATEMATIKAI MÓDSZEREI¹

*Studies in Cultural and Economic Anthropology
Using 21st Century Mathematical Methods*

A matematikai elméleti kutatások gyakorlati alkalmazásaira gyakran emberöltőket kell várni. Ugyanakkor az elmúlt évtizedekben a felgyorsult műszaki-technológiai fejlődés kapcsán axiomatikus rendszerbe nem foglalt matematikai diszciplínák gyakorlati hasznosulásának vagyunk tanúi. Ilyenek a lágy számítási módszerek, az ontológia, a káoszelmélet vagy az összefoglaló névvel illetett kognitív módszerek. Mindezeket társadalmi és gazdasági antropológiai folyamatokhoz kapcsolódó adatok gyűjtési, felhasználási és feldolgozási szisztémáiban és következtetési rendszerekben egyaránt széles körben alkalmazzák.

Kulcsszavak: matematikai modellek, mesterséges intelligencia, gépi feldolgozás, matematikai logika, következtetési rendszerek

„Ne tételezzünk fel több okot a természeti dolgokban, mint amennyi igaz és elégséges a jelenségek megmagyarázására.”

(Isaac Newton)

RENDSZER ÉS RENDSZERMODELL

A rendszerbe foglalás, rendszerben történő vizsgálódás mindenkor megfigyelhető az emberiség és a tudomány történetében, a XX. században azonban elsősorban a rohamos informatikai és műszaki-tudományos fejlődésnek köszönhetően kialakult maga a rendszerelmélet.

A rendszer az elemek és a részrendszerek egy adott cél elérésének érdekében együttműködő halmaza. Az élő-, társadalmi vagy műszaki rendszerekre egyaránt jellemző, hogy a rendszerben zajló folyamatokat, tevékenységeket össze-

¹ A kapcsolódó kutatásokat az OTKA105846 és OTKA106392 pályázati támogatás tette lehetővé.

függésükben és a körülmények, környezeti kölcsönhatások függvényében kell megfigyelniük annak érdekében, hogy a rendszerműködés szabályaira és következményeire vonatkozó megállapításokat tehessünk. A rendszerelmélet célja, hogy a rendszereket vagy a maguk valóságában, vagy velük izomorf (esetleg hozzájuk hasonló) modellek segítségével vizsgáljuk, szemléljük.

A modellt értelmezzük úgy, mint azt a rendszert, amely egy másik rendszer (a modellezett rendszer) rendszerlemeinek kapcsolatrendszerét megjeleníti, és/vagy a modellezett rendszerben végbemenő jelenségekhez hasonló jelenségeket valósít meg. A rendszermodellek létrehozása általában interdiszciplináris feladat, hiszen ahhoz, hogy az eredetivel izomorf vagy ahhoz hasonló rendszert hozzunk létre, az eredeti rendszert is jól kell ismerni, de át kell látni azokat a módszereket is, amelyekkel a formalizált modellt megalkothatjuk, és amelyben az eredeti rendszer viselkedését szimulálhatjuk, leutánozhatjuk.

A rendszermodellek általában egy statikus és egy dinamikus összetevőből állnak. A statikus összetevő a rendszerelemek és alrendszerek halmazát és azok kapcsolatrendszerét modellezi, a dinamikus összetevő a rendszerműködés szabályait, illetve az időben változó rendszer állapotait, állapotátmeneteit írja le. A statikus modell gyakran egy vizualizált forma, gráf, a dinamikus viselkedést pedig általában matematikai módszerekkel írjuk le.

Ez az alapja az úgynevezett *formális módszereknek*. A formális módszerek célja, hogy olyan matematikailag megalapozott rendszermodelleket, rendszerleírásokat adjanak, amelyeket könnyen átültethetünk informatikai környezetbe, azaz amelyeknek szoftver és hardver megvalósítása lehetővé teszi számunkra, hogy a rendszerműködést számítógépen szimuláljuk.

Egyszerű modelleket (akár egyszerű rajzokat vagy képleteket) mindig is készített az ember, ám a rendszerek mindig is komplexek voltak, és a XXI. század nagy kihívása, hogy ezen komplex rendszerek formális modelljeit minél valóságábban megadja, hiszen az IT (Information Technology – információs technológia) szédületes, szinte határtalannak tűnő fejlődése megadja ehhez a műszaki hátteret.

A MATEMATIKAI GONDOLKODÁS – A GONDOLKODÁS MATEMATIKÁJA

A XX. század közepétől alkotott rendszermodellek a kezdetekben inkább műszaki, vagy esetleg gazdasági jellegűek voltak. Ekkor születtek meg a különböző számítógépes generációkat kísérő programozási nyelvek paradigmáikhoz kapcsolódó algoritmikus leírások, formális ábrázolások: a folyamatábrák, analízáló gráfok és később például az UML (*Unified Modeling Language*), amely többkomponensű és többretegű ábrázolással képes a statikus és a dinamikus vi-

selkedést is formálisan ábrázolni, jól illeszkedve a ma alkalmazott objektumorientált és webalapú számítógépes megvalósításokhoz.

A *statikus kapcsolatrendszer* megalkotásakor a gráfelméleti alapokat figyelembe véve, a rendszerhatárokat tiszteletben tartva járunk el. Sokat segíthet ebben a *matematikai gondolkodás*, amely hozzájárul a rendszer összetevői között az összefüggések hierarchikus vagy más kölcsönösségi viszonyok felismeréséhez és formalizálásához. A felismerhető, IT-környezetben modellezhető, „válogatott” adatok és módszerek azonosítása és rendszermodellbe való foglalása széles körű ismereteket és gyakran interdiszciplináris csapatmunkát igényel. Világosan kell látni, hogy a felállított kapcsolat- és összefüggésrendszer lehet adaptív is, hiszen a múlt és jelen tapasztalatát beépítve a jövő eseményeinek becslésére, a környezeti hatások elemzésére fogjuk használni. Ehhez azonban szükség van a működési szabályok leírására.

A *dinamikus viselkedés* modellezéséhez elengedhetetlenek a matematikai logika elemei, azaz a *gondolkodás matematikája*. Az intelligens felismerés és következtetés, tervezés és döntéshozatal alapvetően mind emberi kognitív képességek. Ugyanakkor a gondolkodás az „agy nyelve”, azaz, ha nem is így gondolunk rá, mégiscsak egy többé-kevésbé formalizálható folyamat. A logikus emberi gondolkodás kell hogy legyen az alapja a formalizált, modellezett, gépi, IT-környezetben megvalósuló következtetésnek, döntéshozatalnak. Ehhez egyértelmű szintaxis és szemantika is kell.

Az IT-környezet technológiája egyelőre nem mozdult el messze a Neumann-féle kétértékűségtől (NEUMANN 1959). Ehhez jól igazodott a kétértékű logika világa, ugyanakkor az emberi gondolkodás és a következtetési formák szinte soha nem szigorúan kétértékűek, azaz szigorúan igaz vagy szigorúan hamis állításokon alapulnak. A mi gondolkodásunk sokkal árnyaltabb, felmerül tehát a lehetségeség, az idő múlásától való függőség, vagy a bizonytalanság kezelésének lehetősége a modellekben. Az előbb említett valós problémákra már születtek kiterjesztett, gépi környezetben is megvalósítható matematikai logikai elméletek (posszibilisztikus logika, temporális és fuzzy logika), sőt a számítógépes környezetben való feldolgozáshoz korábban elengedhetetlen kvantitatív adatmegjelenítésen túl, akár kvalitatív megjelenítés és feldolgozás is előfordulhat. Érdekes kihívás tehát napjainkban, hogy a teljes körű, az emberi gondolkodás és kognitív képesség modellezésére alkalmas logikákat építsünk, szem előtt tartva, hogy:

- formailag, szintaktikailag a gépi feldolgozáshoz alkalmazkodó nyelvet használjunk,
- a helyes következtetési szabályokat megtartsuk, azaz a szemantika tükrözze azt, ahogyan az ember gondolkodik és következtet.

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

A mesterséges intelligencia (MI) sokak szerint nem is létezik a maga valójában mint tudomány, hiszen több tudományterület szintézise: matematika, számítástechnika, rendszerelmélet fonódik össze abból a célból, hogy a rendszerszeplők és rendszerjellemzők ismeretében következtessünk, vagy akár tanítsuk és fejlesszük a rendszert.

Több megközelítés ismert, amelyekről Russel és Norvig (RUSSEL, NORVIG 2005) alapművében részletesen olvashatunk, de néhányat kiemelve ezek közül követhető a matematikai és számítástechnikai háttér fejlődésének hatása is.

„Az MI az emberi gondolkodással asszociálható olyan aktivitások automatizálása, mint pl. a döntéshozatal, a problémamegoldás, a tanulás...” (BELLMAN 1978).

A meghatározás jól jellemzi a hetvenes és nyolcvanas években kialakulóban levő lágy számítási módszerek szerepét a következtetésekben.

„Az MI annak tanulmányozása, hogy hogyan lehet a számítógéppel olyan dolgokat művelni, amiben pillanatnyilag az emberek a jobbak” (RICH, KNIGHT 1991).

A XX. század végére kiderült tehát, hogy teljes körű megvalósításra nem törekedhetünk egyelőre, hiszen semmilyen mesterséges rendszer nem képes olyan komplex gondolkodásra, következtetésre, mint az ember, hiszen nemcsak az ésszerűről, hanem az érzelmi megközelítésről, habitusbeli és egyéb emberi különbözőségekről is szó van.

„Számítási intelligencia az intelligens ágensek tervezésének a tanulmányozása” (POOLE és társai 1998).

A racionális megközelítés tehát azt sugallta akkor, maradjunk a számítással megvalósítható rendszereknél, azok általánosításánál, ágens rendszerek segítségével. Mit hozhat a XXI. század? Olyan modelleket, amelyeknek csak egyik működési szempontja a racionalitás, de vegyen figyelembe emocionális és más emberi megnyilvánulásokat is.

Ha a rendszerelem szerepét vizsgáljuk, akkor az ágens megközelítés kézenfekvő.

„Ágens akármi lehet, amit úgy lehet értelmezni, hogy szenzoraival a környezetét érzékeli és a beavatkozó szerveivel a környezetébe beavatkozik” (RUSSEL, NORVIG 1995).

„Az autonóm ágensek olyan számítási rendszerek, amelyek valamilyen komplex dinamikus környezetben tartózkodnak, érzékelnek és ebben a környezetben autonóm módon cselekednek, és ily módon olyan feladatokat oldanak meg vagy célokat valósítanak meg, amire megtervezték őket” (MAES 1994).

Maes ebben a meghatározásban utal arra, hogy az általános ágens rendszerek ágensei úgy viselkednek, és úgy is kellene őket modellezni, mint a természeti

vagy a társadalmi szerveződésekben megtapasztalt egyedeket, azok szerveződési és viselkedési formáival együtt. Az akkor már létező matematikai modellek többé-kevésbé fel tudták mérni és le tudták logikai szabályokkal írni ezen ágensek viselkedését. Megkülönböztethetjük tehát ennek alapján a következő ágens (rendszer szereplő) típusokat:

- *kitartó* – folyamatosan konzisztens belső állapottal rendelkezik;
- *autonóm* – nagyfokú kontrollt gyakorol a saját belső állapota és akciói felett;
- *önálló* – direkt emberi beavatkozás nélkül működik;
- *reaktív* – érzékeli a környezetének változásait, és reagál azokra;
- *szociális* – kapcsolatban áll emberekkel, illetve más ágensekkel;
- *kommunikatív* – képes információt cserélni más rendszerekkel.

Ma már a képfelismerés modern módszereivel az emberi arc egy érzelmi megnyilvánulását, illetve az azt jellemző arcvonásokat felismerve, a megadott mintákhoz igazítva emberi érzelmeket modellező ágens is definiálhatunk.

Az ágensek szerveződési formái is az emberi és természeti közösségek architektúráit követik, hiszen a több évezredes, esetenként kiemelkedően jól működő szerveződésekben túl kár újakban gondolkodni, inkább szerkesszük meg, modellezzük le azok megfelelőjét az IT-feldolgozásra alkalmas környezetben. Így találkozhatunk a modellekben hierarchia, holarchia, koalíció, team, kongregáció, közösség, federáció, piac, mátrix, összetett szerkezeti felépítéssel.

Az azért mindenképpen elmondható, hogy az ágensek összes tulajdonságát, a szerkezeti felépítésben betöltött teljes körű szerepét leíró modellt nagyon nehéz valós időben kezelhetően megalkotni, de Newton már említett gondolatát idézve, érzjük be a számunkra fontos elemek besorolásával, hiszen a rendszer konzisztenciáját és viselkedését ellenőrző verifikáló és validáló módszerek számítási bonyolultsága és számítási igénye így is próbára teszi a mai IT-rendszereket, még akkor is, ha már *felhő* rendszerben működnek (RUDAS 2012).

ONTOLOGIÁK ÉS LOGIKÁK

Az elmúlt évtizedben további szabadságot engedett meg az IT-környezetben történő modellezés. Az MI és az ismeret és tudás megosztása kapcsán az ontológia a fogalomalkotás, fogalom-feltérképezés specifikációját, vagyis konkrét körülírását, megkülönböztetését jelenti. Más szóval: azon fogalmak és viszonyok leírásának rendszere az ontológia, amely egy ágens vagy egy ágenshalmaz vonatkozásában fennáll, létezik. Ma már rendszerellenőrzést elősegítő szoftvertámogatással szerkeszthetjük meg az ontológiákat.

(<http://www.xml.com/pub/a/2002/11/06/ontologies.html>)

Különböző típusú ontológiai módszerekkel találkozunk, de jellemzően egy ágens halmaz-ontológiai hovatartozását írjuk le elsődlegesen, majd az ágens rendszerbeli elkötelezettségeit, feladatait, rendszerállapot-változásokban betöltött szerepét tesszük láthatóvá, például címkézéssel. Egy ágens akkor kötelezi el magát egy ontológiával, akkor értelmezi annak jelentését, ha az érintett ágens megfigyelhető akciói az ontológiában található meghatározásokkal *konzisztensek*.

Konzisztenciát és helyes következtetési módot a rendszeren belül mindenképpen a matematikai logika eszközeivel ellenőrizzük. A hagyományos kétértékű nullad-rendű és kétértékű elsőrendű logikákon túl már több mint fél évszázados múltra tekintenek vissza a Lukasiewicz-logika és a folytonos többértékű (*fuzzy*) logika, a modális és possibiliisztikus, továbbá a temporális logika, amelyek megfelelő interpretáció után visszavezetődnek az IT-környezetben kezelhető kétértékű logikai módszerekre, vagy olyan függvényleírásokra, amelyek matematikai modelljei ugyancsak szoftverrel kezelhetők. A kiterjesztett modern módszerek közé sorolhatók a fuzzyn túl más lágy számítási módszerek: genetikus algoritmusok, neurális hálózatok, *kognitív* módszerek (TAKÁCS 2012).

A mentális vagy kognitív térkép mindazon tudati tulajdonságunk képi (és később gépi) modellezése, amely képessé tesz bennünket arra, hogy a térre és kölcsönhatásokra vonatkozó információkat gyűjtsük, rendszerezzük, raktározzuk, előhívjuk és átdolgozzuk. Mindez természetesen az elmúlt évtizedek modellezési technikáinak további általánosítását, lehetőségeinek bővítését jelenti, tiszteletben tartva az elvártakat: konzisztens rendszermodellt, helyes következtetési szabályokat és gépi megvalósítást (DAVID, STEA, 1977).

A legjelentősebb kognitív modellel kapcsolatos kérdések még ma is a következők:

- Kvalitatív vagy kvantitatív adatgyűjtés, illetve adatfeldolgozás-e a célra vezető?
- Szabványosítható-e az adatfelvétel és gyűjtés?
- Más kutatási módszerekkel együtt használva milyen hatékonyságnövelő hatása van?
- Esetleges hibrid rendszerek esetében, vagy különböző (térkép, illetve analitikus) jellegű adatok esetében miként kapcsolhatók egybe, hogyan alakíthatók ki megfelelő interfészek?
- Modellezhető-e az etikai kérdések?

MI MA

Hogyan működnek ma az MI-rendszerek? Jellemzően hibrid formában, több módszert ötvözve a megfelelő alrendszerek igényei és jellemzői szerint. Gyakran megfigyelhetjük, hogy az alkalmazott matematikai módszerek az adott kör-

nyezetben idegenül hatnak, a matematikustársadalom szerint gyakran nem oda illőek, vagy felületesen alkalmazottak, de mégis jól közelítenek, azaz késésben van az alkalmazott módszerek elméleti (matematikai) megalapozottsága.

A mai modellek és módszerek még mindig *túl egyszerűek* az emberi gondolkodásmód és a természetbeli és társadalmi jelenségek struktúrájához és viselkedéséhez képest, de egyre inkább képesek lesznek közelíteni a valóságos eredetijükhöz. Két nagy gondolkodó és tudós gondolatai hűen tükrözik a jelenlegi helyzetet és a jövőképet: „A tudomány nem képes megoldani a természet végső rejtélyeit. Azért nem képes, mert mi is a természet részei vagyunk, s ezzel részei vagyunk annak a rejtélynek is, amelyet megoldunk” (Max Planck).

„A tudomány az, hogy elfogadjuk, ami működik, és elutasítjuk, ami nem. S ehhez sokkal több bátorságra van szükség, mint gondolnánk” (Jacob Bronowski).

IRODALOM

- BELLMAN, Richard Ernest 1978. *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* San Francisco
- DOWS, Roger M., STEA, David 1977. *Maps in Minds. Reflections on Cognitive Mapping*, New York
- MAES, Pattie 1994. *Social interface agents: Acquiring competence by learning from users and other agents*. In: Etzioni, O., editor, *Software Agents – Papers from the 1994 Spring Symposium (Technical Report SS-94-03)*, 71–78.
- NEUMANN János 1959. *A számológép és az agy* (A könyv eredeti címe: *The computer and the brain*). New York, PA
- POOLE, David; MACKWORTH, Alan; GOEBEL, Randy. 1998. *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford, UK
- RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin 1991. *Artificial Intelligence* (second edition). New York
- RUDAS Imre 2012. *Cloud computing in intelligent robotics*, IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2012), July 11–14, 2012, Kaohsiung, Taiwan
- RUSSEL, Stuart, NORVIG, Peter 2005. *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*. Budapest
- TAKÁCS Márta 2012. *A lágy számítási módszerek első öt évtizede. Létünk*, XLII. évfolyam, 2012. 2. szám, 9–23.

Studies in Cultural and Economic Anthropology Using 21st Century Mathematical Methods

It often takes ages for theoretical mathematical research to find its way into practical applications. At the same time, the past few decades have witnessed head-spinning development in the technical–technological fields in terms of mathematical disciplines not included in axiomatic systems. These include soft

computing methods, ontology, chaos theory or the various methods under the umbrella term cognitive methods. All these are applied in the areas of data collection and processing relevant to social, economic and anthropological processes, and reasoning methods.

Keywords: mathematical models, artificial intelligence, machine processing, mathematical logics, reasoning methods