

MULTIÁGENS SZIMULÁCIÓ: A TÁRSADALOMTUDOMÁNYI KÍSÉRLETEZÉS ESZKÖZE

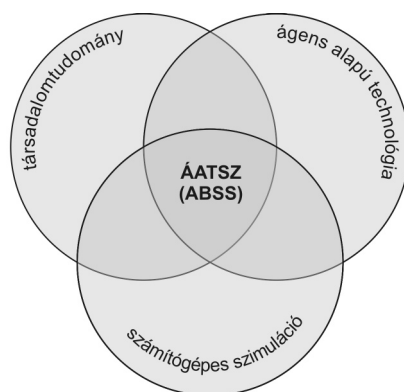
Vág András

wifig@yahoo.com

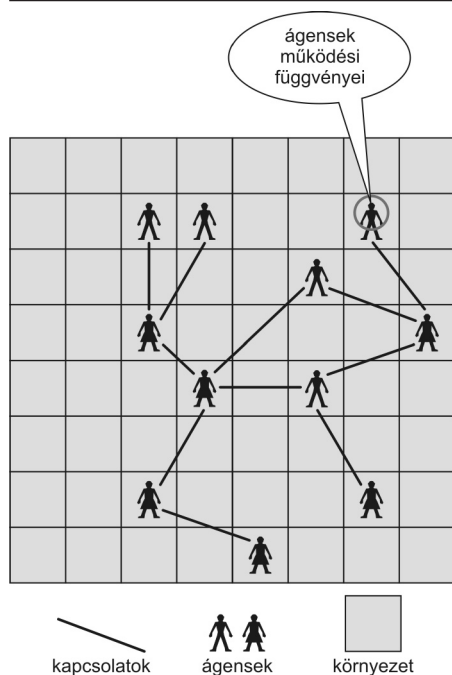
Az ágensek jó ideje fontos szerepet játszanak a mesterséges intelligencia kutatásokban, emellett a különféle egyéb szimulációs módszerek között folyamatosan növekszik jelentőségük a jövőkutatásban is. Az ágens alapú modelleket az ún. „elosztott mesterséges intelligencia” technológiájának megteremtése tette lehetővé. A gondolat lényege, hogy a műveletvégzés, a gondolkodás és irányítás nem egy centrumban, hanem több helyre szétosztva, többnyire hálózatban történik. Ennek az ötletnek a megvalósulásai a multiágens rendszerek. Az a tény, hogy a kutatók már jó ideje feszegetik a statisztikai változókra és táblázatokra alapozott szociológia és az idősorokra és egyensúlyi modellekre alapozott közgazdaságtan határait, valamelyest megkönnyíti az ilyen kezdeményezések szakmai fogadtatását. Az 1. ábra segít a módszer elhelyezésében a különféle szakterületek között (Davidsson, 2002).

Multiágens rendszerekről beszél a szakirodalom akkor, ha egy modell több ágensből épül fel. A multiágens modellek általában az alábbi főbb sajátosságokkal rendelkeznek: (1) nincs központi irányítás, az ágensek nem kapcsolódnak semmilyen centralizált vezérléshez; (2) minden egyes ágens korlátozott

információval vagy problémamegoldó kapacitással rendelkezik, így minden egyes ágens „nézőpontja” korlátozott; és (3) a környezeti adatok is decentralizáltak. A multiágens modellekben gyakorlatilag több száz, ezer vagy akár millió ágens „él” egymással szimultán kölcsönhatásban. Ez a (4) folyamatos kölcsönhatás a multiágens modellek működésének további jellemzője. Az ágensek kölcsönhatásai alkotják a modell struktúráját. A szakirodalomban legtöbbször külön kezelik az ágensek működésének és az együttműködések hálójának specifikációját. A publikációk-



1. ábra • A multiágens modellek és működésük



2. ábra • Egy multiágens modell (mesterséges társadalom) elemei

ban az elméleti konstrukcióra, a pontos modell-leírásra – vagyis hogy a modell minél jobban feleljen meg a valóságnak – nagyobb hangsúlyt helyeznek a kutatók, mint az ágensek intelligenciájának növelésére és a bonyolult kognitív folyamatok szimulációjára.

A társadalmi viselkedést szimuláló multi-ágens modellek működésének további jellemzőinek ismertetése előtt vessünk egy pillantást a 2. ábrára. A kép egy fiktív multiágens modell alapvető elemeit mutatja. Bal oldalon az ágensek mozgásteret látható, egy lokális „világ”, amelyben különféle ágensek (például: férfiak és nők) mozognak. Az ágensek viselkedését a beépített függvények irányítják. Az ágensek egymással is kapcsolatba kerülnek, amit az ábrán vonalak jelölnek. A modellekben az egyes ágenstulajdonságok időpillanatról időpillanatra lépve „állítódnak be”, a szimuláció tehát az események történetét állítja elő. Minden időpillanatban az összes ágens érzékeli a korábbi időpillanatban képződött „ingereket” mint függvénybemeneteket, és előállítja a „reakciókat”, vagyis a függvényki-meneteket a következő időlépés számára.

Modellek készítéséhez működési leírások, szabályok szükségesek. Ezek tetszőleges koncepciók, létező jogszabályok, a labdarúgás szabályai (például a népszerű robotfoci-mérkőzéseken) vagy egyéb társadalmi elméletek és törvényszerűségek lehetnek. Mindezek kvantifikált módon – mint függvények vagy adatok – jelennek meg az ágensek és a környezet működésében. Az elméletek a pszichológia, a szociológia, a közgazdaságtan, az ökológia stb. köréből származnak. A korábban bevált vagy éppen ellenőrizni kívánt elméletek és koncepciók érvényességét, látókörét bővíti a multiágens szimuláció azzal, hogy különféle feltételek és individuális viselkedések mellett lehet azokat kipróbálni. Ráadásul úgy, hogy a modell néhány további „szolgáltatást” is nyújt a felhasználónak, mint például az emergens jelenségek szimulációját. Ki lehet így próbálni például azt, hogy mekkora és milyen az a „viselkedési tér” (a modell változóinak idősorai különféle indulófeltételek mellett), amelyben a szimulált világ jelenségei lejátszódnak, más szóval társadalomtudományi kísérletet lehet végezni a számítógép segítségével.

A multiágens modellezés egyik nagy előnye az emergencia – az új megjelenése a régi struktúrában – szimulálásának képessége. A számításon alapuló emergencia a helyi, individuális viselkedésekből kialakuló új, csoportos viselkedési formák megjelenésével kapcsolatos, mint például a tömeg mozgása és a káosz. A termodinamikai emergencia a káoszból, a „zajból” létrejövő rendezettséggel foglalkozik, mint például az élet létrejötte. A modell-

II72

hez viszonyított emergencia olyan folyamatokat ír le, amelyekben az egyedeknek a rendszerhez való alkalmazkodás érdekében meg kell változtatniuk saját viselkedésüket. Ez az értelmezés az evolúciós változások szemléltetésére alkalmas. Bizonyított ugyanis, hogy viszonylag egyszerű szabályok szerinti működés is különféle aggregált hatásokat (új jelenségeket) hoz létre. Ez történik például a viselkedési normák evolúciójának szimulációja esetében is, ami egyébként az ágens alapú modellezés egyik népszerű területe.

A futási eredmények megjelenítései és értelmezései több szempontban különböznek a különféle egyenletekre épülő vagy rendszerdinamikai elven működő hagyományos modellektől. A folyamatok általában a számítógép képernyőjén mozgásukban láthatók, egyszerűbb esetekben, például mint egy négyzetes „világban” történő különféle ágenstevékenységek (szétterjedések, diffúz folyamatok, struktúraképződések stb.), bonyolultabb (például ökológiai) modellekben pedig mint az adott geográfiai terület jellegzetességeinek mozgásai színekkel vagy szimbolikus alakzatokkal bemutatva.

Mesterséges társadalmak

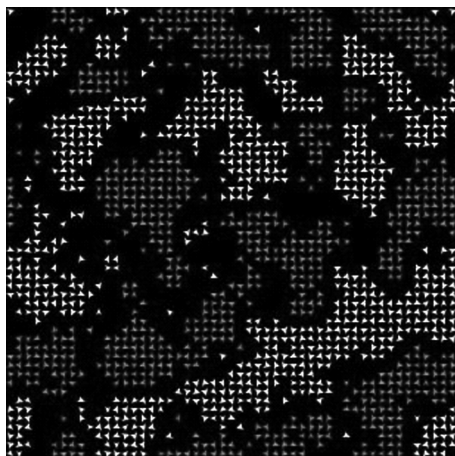
A szimuláció általában, és az ágens alapú modellezés különösen – a dedukció és az indukció mellett – a tudomány harmadik módszerének tekinthető (Axelrod–Tessfatsion, 2005). A tudósok a dedukciót arra használják, hogy feltételezésekből elméleteket építsenek, az indukciót pedig arra, hogy az empirikus adatokban mintázatokat fedezzenek fel. A szimuláció nem bizonyít általános elméleteket, hanem adatokat állít elő az induktív elemzés számára. A szimulált adatok – szemben a tipikus indukcióval – pontosan specifikált feltételezésekből származnak, vonatkoznak

azok akár egy tényleges, akár egy tervezés alatt lévő rendszerre. Következésképpen a szimuláció mind alkalmazásaiban, mind céljaiban különbözik a dedukciótól és az indukciótól. A szimuláció – ellenőrzött számítógépes kísérletek révén – a rendszerek mélyebb megértését teszi lehetővé.

A társadalomtudomány régóta keresi a választ arra a kérdésre, hogy az egyének interakciói miként hozzák létre a társadalmi szinten értelmezett történéseket, másképpen fogalmazva: miképpen kapcsolódik össze a mikro- és makroszint. Sem a politikai, sem a gazdasági rendszerek megértéséhez általában nem elegendő az önálló, az egymástól elszigetelt résztvevők cselevéseinek leírása és magyarázata, hanem az egyének kölcsönös kapcsolatait is be kell vonni a vizsgálódás körébe. Ezen keresztül arra a régi problémára lehet választ kapni, hogy miként jön létre az individuumok viselkedéseiből és kölcsönhatásaiból valami társadalmi szempontból új, valami másfajta csoportos jelenség, mint ami eddig volt, vagyis miként lesz több az egész, mint a részek összege. (A hagyományos társadalomelméletek adósak maradtak a társadalmi változások olyan magyarázataival, amelyekben az egyének kölcsönös interakciónak is szerepük van.) A társadalmi jelenségek számítógépes szimulációját a tárgyalt kontextusban röviden „mesterséges társadalomnak” nevezik.

A szakkönyvekben a mesterséges társadalmak bemutatása szinte kivétel nélkül az ún. kollektív viselkedés (amikor az egyedek viselkedését szomszédai irányítják a közös minta irányába) szimulációjával kezdődik. Az egyik leggyakrabban idézett példa ebből a körből Thomas C. Schelling etnikai szegregációs modellje, amelyben a szerző a családok lakásválasztási szokásait vizsgálta az USA néhány

városában. A vizsgált időszakban (1970-es évek eleje) már a növekvő etnikai tolerancia volt jellemző Amerikára. A modell kiinduló feltételezése az volt, hogy ha a szomszédok bőrszíne számít a lakásválasztásban, akkor – még ha az egyének tolerálják vagy egyenesen támogatják az integrációt – is kialakul az etnikai szegregáció. Az ágenseket úgy programozták, hogy „saját” környezetükbe költözzenek, ha nem „elégedettek” környezetükkel. Akkor „elégedettek”, ha adott sugarú körben szomszédaiknak legalább $x\%$ -a velük egyező „bőrszínű”. Ha egy fehér ágens új helyre költözött, ezzel megnövelte a fehérek arányát az új helyén, és elköltözésre késztetett egy fekete ágenszt. A program futásakor – a kiinduló paramétereiktől függően – előbb-utóbb beállt egy stabil állapot, vagy instabil maradt, és az ágensek örökösen „költöztek” (3. ábra). Az eredmény egyértelműen azt jelezte, hogy már kismértékű intolerancia is létrehozza a szegregációt (Schelling, 1971). A „mikromotivációkkal magyarázott makrojelenségek” (Schelling, 1978) szimulációja – amire Schelling modellje jó példa – egyre népszerűbbé vált, és a



3. ábra • Schelling szegregációs modellje
(Forrás: Wilensky, 1998)

módszert folyamatosan fejlesztik és adaptálják különféle területekre.

Ilyen népszerű alkalmazási terület az evolúciós modellek különféle interpretációi is. Az eljárások lényege, hogy utánozzák a biológiai vagy kulturális evolúciót, amihez például genetikai algoritmusokat használnak, mutációkat generálnak, kiválasztódást szimulálnak, új tulajdonságokat vezetnek be, és így tovább. Az evolúciós modellezés a társadalomtudományok körében is folyamatosan terjed, és gazdaságtudományon belül már önálló irányzattá kezd válni az ún. „ágens alapú gazdaságtan” (Evolúciós modellek..., 2001).

Multiágens szimuláció a jövő kutatásában

A fentiek alapján nem meglepő, hogy a multiágens modellek megjelentek az előrejelzési módszerek eszköztárában is. A multiágens modelleket elsősorban azért lehet kiválóan alkalmazni az előrejelzés-készítésben, mert az ágensek összetett, a változásokra reagálni képes szubjektumokat reprezentálnak. Az ágensekkel oly módon jeleníthetők meg, modellezhetők egyes társadalmi viselkedéstípusok, ahogy azok megadott képességeikkel, tanulásukkal, döntéseikkel és tevékenységükkel formálják a saját, a többi ágens és a környezet jövőjét. Humán környezetben a jövőbeli pályák kiszámítása csak valószínűségi alapon történhet, és a helyzettől függően különböző mértékben jelenik a meg a modellben (és a valóságban is) a véletlen. A jövő anticipációja és ennek beépítése a döntési algoritmusokba a kognitív ágensek szociális tevékenységeinek, például a versengésnek és az együttműködésnek lehetséges eszköze.

A modellekben szereplő egyes ágensek különféle társadalmi-gazdasági-politikai szereplőket reprezentálhatnak. Az ágensek lehetnek egyének, családok, szervezeti egysé-

gek, szervezetek és államok is. Az egyén jövőbeli viselkedésének szimulációja mentális működésének interpretációján alapul. A modellépítés során ehhez számos feladatot kell megoldani, például az egyedi döntési folyamat és a környezet megfelelő interpretációját. Az egyének és a családok (háztartások) viselkedését szimuláló multiágens modellek működéséhez az elméleti alapokat elsősorban a pszichológia nyújtja, de megjelennek a fogyasztáscsillagás és a marketing elemei is. Nagy hagyománya van a szervezetek belső működése, a termelőfolyamatok és gyártósorok szimulációjának is. Az ágensmodellek építói e korábbi modellekre és a szervezetelméletekre támaszkodnak. A szervezetek multiágens szimulációja alkalmával a koordináció és kooperáció különféle aspektusai jelennek meg. A szervezetek egymás közötti kapcsolatai elsősorban a cégek piaci viselkedését szimuláló multiágens modellekben jelennek meg. Ezekben az esetekben is viszonylag könnyű megtalálni az elméleti és empirikus alapokat a közgazdasági szakirodalomban. A piac multiágens szimulációi során számos olyan publikáció jelent meg, amely egy elméleti modellt tesztl, és ezzel a mesterséges társadalmakhoz hasonlítanak. A geográfia és az

ökológia szinte „adja magát”, mivel a térbeli változásokat szimuláció közben, a képernyőn láthatjuk. Több, kifejezetten ökológiai problémák előrejelzésére alkalmas, multiágens elven működő szoftvert fejlesztettek az utóbbi években, amelyekkel hatékonyan lehet a témával foglalkozni. Az ágens alapú ökológiai modellek aránya, a többi ökológiai modell mellett, lassan, de biztosan növekszik. Sajátosságuk, hogy nem „tisztán” ökológiai modellek, hanem összekapcsolódnak egyéb jelenségekkel, kérdésfeltevésekkel (például: földhasználat, környezetvédelemmel, természeti katasztrófákkal stb.). A földhasználat időbeli változásaival kapcsolatos modellek a legelterjedtebbek közé tartoznak, mivel kifejezetten alkalmasak heterogén feltételek mellett megvalósuló komplex térbeli interakciók reprezentációjára és decentralizált döntések modellezésére. Bizonyos, hogy a következő évtizedekben az ágens alapú társadalmasszimulációt egyre elterjedtebben használják majd nemcsak a kutatólaboratóriumokban, hanem egyszerűsége és vizualitása miatt a participatív jövő-kutatásban és az oktatásban is.

Kulcsszavak: *multiágens szimuláció, társadalomtudomány, gazdaság, ökológia, modellezés*

IRODALOM

- Axelrod, Robert – Tesfatsion, Leigh (2005): A Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences. <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm>
- Davidsson, Paul (2002): Agent Based Social Simulation: A Computer Science View. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5, 1, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/1/7.html>
- Hideg Éva (szerk.) (2001): *Evolúciós modellek a jövő-kutatásban*. AULA, Budapest
- Schelling, Thomas C. (1978): *Micromotives and Macrobehavior*. Norton, New York
- Schelling, Thomas C. (1971): Dynamic Models of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology* 1, 1, 1–14.
- Wilensky, Uri (1998): *NetLogo Segregation Model*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Segregation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.