

Ágensalapú technológiák

Kömlődi Ferenc

Tézis: *Az autonóm működési móddal rendelkező rendszerkomponensek, az ágensek, valamint azok multi-ágens rendszerei egyrészt dinamikusabbá teszik a jelenleg túl statikus ember-számítógép és számítógép-számítógép interakciót, másrészt egyre több alkalmazási feladat megoldásánál jutnak szerephez.*

1. Témakör

A számítástudomány rövid története során különféle metaforákkal jelölték a „számítást” (*computing*). A XIX. század első felétől – Charles Babbage korától – egészen az 1960-as évek közepéig *számolást* (*calculation*), számokkal végrehajtott műveleteket értettek rajta. A digitális tárolás és a nem-numerikus információ gépi átalakításának széleskörű elterjedésével, a szöveges, audió és képes/mozgóképes adatokra egyaránt vonatkozó *információfeldolgozás* (*information processing*) kifejezés honosodott meg. Az elmúlt tizenöt év – a világháló – ismét változást hozott: újraértelmeződött az információfeldolgozás fogalma; a különböző szoftverkomponensek, szoftverek, gépi entitások közti kommunikáció, *interakció* (*interaction*) által megy végbe.

Az új metafora értelmében immár a közösségi, és nem a magányos tevékenységre helyeződik a hangsúly, s ennek a szemléletváltásnak megfelelően a gépi rendszereket is másként értelmezzük, tervezzük, fejlesztjük és kezeljük, mint korábban. A szoftverek szolgáltatásokká alakulnak át, az alkalmazások kevésbé monolitikusak, egyre inkább különböző, egymást „kisegítő” komponenseken futnak. Gyakran előfordul, hogy mind a komponenseknek, mind a szolgáltatásoknak más a tulajdonosa. Aktiválásukhoz nincs feltétlenül szükség emberi felhasználóra – az egymással összhangban lévő, előre koordinált, automatizált alkotóelemek szintén el tudják végezni azt. Megfelelő feldolgozó- és tárolókapacitással rendelkezve, a külső és a belső feltételek változásaihoz igazodva, bonyolult szoftverrendszerre is képesek összeállni. Szerveződésük jobban hasonlít az élővilághoz, az emberi társadalomhoz, mint az egyszerű számításokat végző programokhoz.

Miként hasznosítható az új, az információfeldolgozást társadalmi aktivitásként, független és valamilyen – egyre magasabb – szintű intelligenciával rendelkező, egymáshoz alkalmazkodó és együtt fejlődő (*co-evolving*) entitások folyamatos kommunikációjának tekintő szemlélet? Hogyan legyen hatékonyabb az interakció?

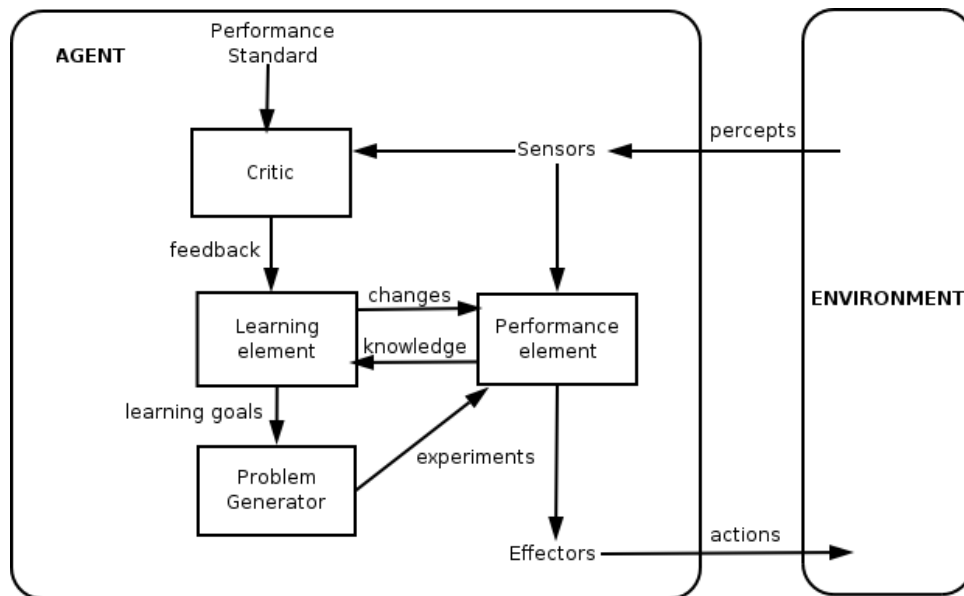
Az IT jelenét és a közeljövőbeli lehetőségeit figyelembe véve, az **ágenstechnológia** tűnik a legalkalmasabbnak e célkitűzések megvalósítására.

1.1 Mik azok az ágensek?

Az ágensek¹ mibenlétére vonatkozó számos – gyakran egymásnak ellentmondó – meghatározás közül a Stuart Russell, Peter Norvig szerzőpárosé a legáltalánosabb, és ennek következtében a legadekvátabb kiindulási pont. *„Egy ágens (agent) bármi lehet, amit úgy tekinthetünk, hogy az érzékelői (sensors) segítségével érzékeli a környezetét (environment), és*

¹ Az *ágens* szó a latin *ago, agere* („mozgásban lenni”, „mozgásba hozni”, „elintézni”) igéből származik. A mai magyar nyelvbe angol nyelvterületről érkezett új, szűkebb jelentéstartalommal, aminek megfelelően általában – tudományos szakszövegek kivételével – „ügynök”-nek fordítjuk. Számítástudományi jelentése azonban közelebb áll az eredeti latinhoz, tehát mi is abban ez értelemben, és semmiképpen sem a témakörtől távoli asszociációkat elindító „ügynök”-ként használjuk.

beavatkozói (actuators) segítségével megváltoztatja azt” – írják.² Ez azt jelenti, hogy céljai kivitelezéséhez mindenképpen kell rendelkeznie valamilyen szintű autonómiával.



1. ábra: Ágens-környezet interakció³

A meghatározás értelmében három – a (különösen a második és a harmadik közötti) közös tulajdonságok ellenére markánsan eltérő – ágenscsoportot különböztetünk meg:

- **biológiai** (például az ember),
- egyéb fizikai, de nem élő (például a **robotok**),
- **számítógépes** (például szoftver)**ágenseket**.

Az elemzés az utóbbiakat⁴ vizsgálja, melyek „billentyüleütéseket, fájl tartalmakat és hálózati adatsomagokat fogadnak érzékelőknek bemenetként, és a képernyőn történő kijelzéssel, fájlok írásával, hálózati csomagok küldésével avatkoznak be a környezetükbe.”⁵ Mindezek sikeres kivitelezéséhez bizonyos mértékű intelligencia szükséges, amely a szoftverágensek esetében (főként) az alkalmazkodó és a tanulási készségre vonatkozik.⁶

Az ágens kutatás új szoftvertervezési paradigmaként a kilencvenes években terjedt el; akkor lett divatos és szinte mindenre ráhúzható az „ágens” metafora.

1.2 Ágensek és multi-ágens rendszerek

A szoftverágensek napjainkban kezdenek a technológiai fősodor részévé válni, túlmutatnak a köztudatban róluk alkotott – leegyszerűsített – képen: a weblap-látogatókkal egyszerű eszközökkel, behatárolt témakörben **beszélgető**, valamilyen (kezdetleges) szinten érzelmeikre

² Stuart Russell, Peter Norvig: *Mesterséges intelligencia – modern megközelítésben*. Második, átdolgozott, bővített kiadás. Panem, Budapest, 2005. 66. o. A „mik azok az ágensek?” kérdés egy másik kérdés(sor)t is felvet: miben különböznek az ágensek a programoktól, objektumokról, szakértői rendszerektől? Michael Wooldridge szerint az ágensekkel ellentétben, a programok (eredeti értelmükben) általában nem reagálnak környezetükre, nem autonómok, kevésbé célirányosak, az objektumok szintén nem autonómok, viselkedésük nem flexibilis, a szakértői rendszerek nincsenek összekapcsolva környezetükkel, nem rendelkeznek „szociális” tulajdonságokkal, hiányzik belőlük a kezdeményező-készség, viselkedésük nem reaktív. Vö.: M. W: *An Introduction to Multi-agent Systems*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2002.

³ Az effektorok a beavatkozóknak (aktuátoroknak) felelnek meg.

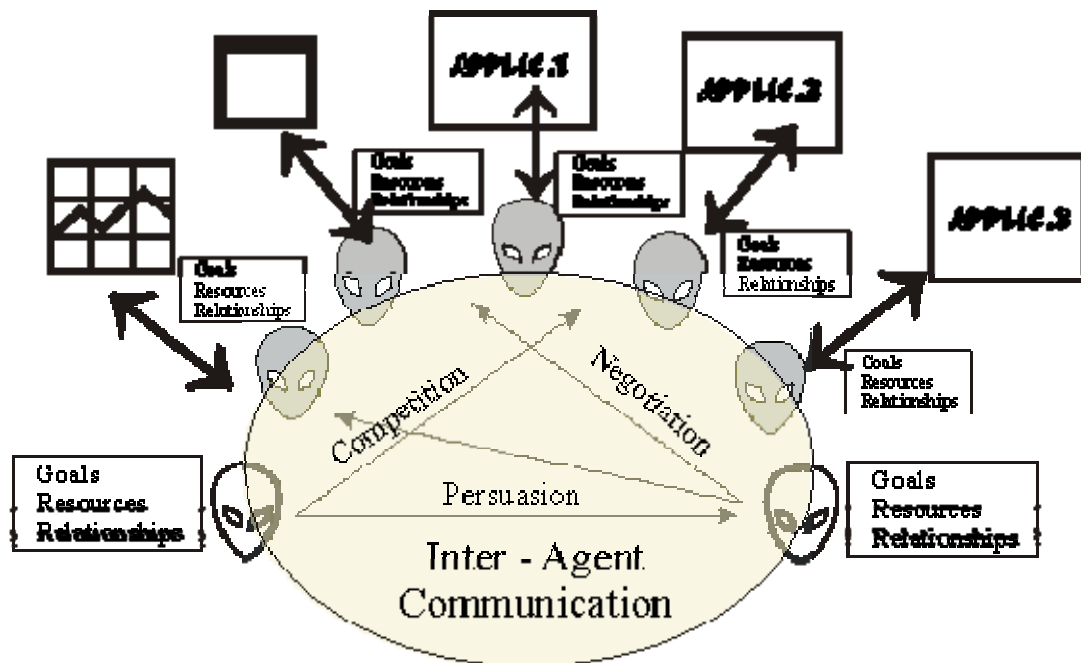
⁴ Robotokról bővebben: *Autonóm, mobil robotok mélyfúrás*.

⁵ Stuart Russell, Peter Norvig: i. m. 66. o.

⁶ Részben a *mesterséges intelligencia* hatására a szakirodalomban (nem meglepő módon) elterjedt az *intelligens ágens* kifejezés is.

is reagáló (virtuális ro)botként⁷ csevegő, például online ügyfélszolgálati munkát végző animált figurákon, „személyi” asszisztenseken. Egyre gyakrabban fogalmazódik meg az igény, hogy ne csak az ember-számítógép interfészek hatékonyabb működéséhez járuljanak hozzá, hanem bonyolultabb, ágencsoportok – úgynevezett **multi-ágens rendszerek** (*multi-agent system*, MAS) – által kivitelezhető célokat is valósítsanak meg (például társadalmi, természeti jelenségek modellezését, stb.).

Egy multi-ágens rendszer tagjai – mivel egy-egy tag csak részfeladatokat tud kivitelezni, valamint a feladat egészéhez szükséges összes adat és módszer nem áll a rendelkezésére – folyamatos interaktív kapcsolatban állnak, kommunikálnak egymással, megosztják információikat, miközben kollektív tudásukat felhasználva, cselekedeteiket koordinálva oldanak meg összetett, például gyártásütem-tervezési, telekommunikációs adatút-képzési (routing), stb. feladatokat. Kommunikációjuk és koordinációjuk azért létfontosságú, mert a teljes rendszerre vonatkozó ismeretek, célok hiányában tevékenységük kaotikussá válna. (Ráadásul ezek a rendszerek legtöbbször nem statikus, hanem dinamikusan változó környezetben működnek.)



2. ábra: Ágens-ágens interakciók egyszerűsített nézete egy multi-ágens rendszerben

Míg a „magányos” ágensek használata széles körben elterjedt, a multi-ágens rendszereké még nem: egyelőre főként az akadémiai/kutatási közegben találkozni velük.⁸ Az elkövetkező évek egyik fontos technológiai áttörését egyre gyakoribb, a monolitikus szoftverrendszerek alternatíváját nyújtó alkalmazásuk fogja jelenteni, tehát a gyakorlatban is megvalósulnak az eddig inkább csak fejlesztői műhelyekben tesztelt elképzelések.

⁷ A beszélgető vagy csevegő bot a magyar nyelvű szakirodalomban is elterjedt angol *chatter bot* vagy röviden *chatbot* fordítása.

⁸ Egy-egy technológia életciklusa általában két nagy részből áll: bevezető periódusból (kutatások, fejlesztések) és a felhasználásra koncentráló elterjedésből. Az elsőből a másodikba, a „fiatalságból” a felnőtt „aranykorba” – gyakran szakadással, ideiglenes „üresjáratokkal” tarkított – fordulóponton vezet át. Az aranykor után „kiforrott” állapot következik. Az ágenstechnológia jelenleg a korai elfogadásnál – a feltalálás utáni szakasznál (*irruption*) – tart, melyben főként szűkebb szakmai és a csúcstechnológiai újdonságok iránt legnyitottabb rétegek érintettek.

Az animált figurák esetében a magasabb szintű autonómia és automatizáció hatására az ember-gép interakció szerteágazóbb, érzelmileg hitelesebb lesz, amihez jelentős mértékben hozzájárulhat az ágenstechnológia egyik legígéretesebb, azonban még gyerekcipőben járó alkalmazási területének, az egy vagy több kognitív funkciót utánzó rendszereknek a fejlődése.

2. Jelenlegi helyzet

Az ágenstechnológia jelenét az ágensek egyéni és rendszerszintű interaktív képességeinek és a multi-ágens rendszerek hatékonyságának növelése határozzák meg.

2.1 „Magányos” ágensek

A ma szoftverágenseit a következő tulajdonságok együttesen jellemezik:

- autonómia (közvetlen emberi és egyéb beavatkozás nélkül működnek, bizonyos mértékig irányítják cselekedeteiket, kontrollálják belső állapotukat),
- beágyazottság (környezetbe ágyazottak, abból kiemelve működésképtelenek, állapotaik azon kívül nem értelmezhetők),
- reaktivitás (érzékelik környezetüket, reagálnak a változásokra),
- kezdeményezőkézség (proaktívak: nemcsak reagálnak, hanem célirányos, kezdeményező viselkedést is tanúsítanak),
- együttműködő képesség (interaktív kapcsolatban állnak más ágensekkel és a humán felhasználóval),
- időbeli kontinuitás (identitásuk, állapotuk huzamosabb ideig fennáll és működik).⁹

Az információfogadást és a környezet manipulálását az ágensek belső felépítésének (architektúrájuknak) erre való alkalmassága teszi lehetővé. Az észlelések és a cselekvések közötti leképezést az architektúrán futó (és számára megfelelő) ágensprogram valósítja meg. Három alapvető architektúrátípus létezik:

- tervező/reprezentált (**deliberatív**): a világ expliciten reprezentált szimbolikus modelljét tartalmazza, a döntések logikai következtetések eredményei,
- nem reprezentált/nem tervező (**reaktív**): nem tartalmaz központi szimbolikus világmodellt, nem használ komplex, szimbolikus következtetéseket,
- **hibrid**: a deliberatív és a reaktív architektúra kombinációja.¹⁰

Egy „intelligens” ágensnek – márpedig a „magányos” ágenseknek intelligensebbnek kell lenniük a multi-ágens rendszerek egyedeinél – „szüksége van tudásra a világról, hogy jó döntéseket hozhasson. A tudást **tudásbázisban** tudásreprezentációs nyelv mondatainak formájában tárolja.”¹¹ Tudásbázisában a világot leíró mondatok tárolása mellett következtetési mechanizmust alkalmaz új mondatok megalkotására, majd mindezeket felhasználva határozza meg a cselekedeteit.

Az ágens-tulajdonságok és architektúrájuk együttesen azt eredményezik, hogy „aktívabbak a hagyományos programoknál,” a felhasználó helyett/felhasználóért „képesek cselekedni, kezdeményezni, javaslatokat tenni, és így tovább.”¹² *A gyökeresen megváltozott ember-*

⁹ Egyes vélemények szerint a mobilitás, az egyik számítógépről a másikra való, állapot- és adatvesztés nélküli autonóm mozgás képessége szintén a jellemző ágens-tulajdonságok közé tartozik. Ez a tulajdonság azonban sokkal specifikusabb annál, hogy jellemzőnek tekinthetnénk – a felsoroltakkal összehasonlítva lényegesen kevesebb ágensre érvényes. (A mobil ágensek nem azonosak a különböző gépeken működő elosztott – *distributed* – ágensekkel.)

¹⁰ Az architektúra-típusok megegyeznek az *Autonóm, mobil robotok* mélyfűrésben részletesen ismertetett architektúrákkal.

¹¹ Stuart Russell, Peter Norvig: i. m. 289. o.

¹² Pattie Maes: Agents that Reduce Work and Information Overload (<http://web.media.mit.edu/~pattie/CACM-94/CACM-94.p1.html>), 1994.

számítógép interakció új szintjét, „digitális alteregóinkként” a közvetlen manipulációt felváltó közvetett irányítást képviselik.

Az interakció dinamikusabbá, gördülékenyebbé – és nem utolsósorban frusztrációmentesebbé – válásában egyre komolyabb szerepet tölt be az **érzelmi információk kezelése** (*affective computing*), amely érzelmeket (tulajdonképpen érzelmre utaló információkat) felismerő, feldolgozó, értelmező, befolyásoló és azokra reagáló szoftverek, gépi rendszerek, például a virtuális asszisztensek elméleti alapjainak kidolgozására és fejlesztésére vonatkozik.¹³ Bizonyos keretek között maradva: a gépeknek azt is megtaníthatjuk, hogy érzelmeket (érzelmi állapotokat) mutassanak, viszont természetesen nem „éreznek” a szó hagyományos emberi értelmében. Hiába ismerik fel és azonosítják be, például a rettegést, attól még nem fognak úgy „rettegni”, ahogy az emberek teszik.

Az érzelmre vonatkozó információk felderítésére főként a felhasználó fizikai állapotáról, viselkedéséről (beszéd, arckifejezések, testtartás, gesztusok, stb.) adatokat gyűjtő vagy konkrét fiziológiai méréseket végző szenzorokat használnak. A rendszerek az adatokból különböző módszerekkel (beszédfelismerés, természetesnyelv-feldolgozás, stb.) mintákat nyernek ki, azok alapján azonosítanak egy-egy állapotot, amire igyekeznek minél hitelesebben reagálni, azaz „érzelmeket” kifejezni.

Az érzelem-szimulációt legplasztikusabban a beszélgető ágensek szemléltetik. Tanulási folyamatok¹⁴ eredményeként egyre jobban „értik” humán kommunikációs partnerük emocionális állapotait. Ez a „megértés” lehetőséget biztosít az alkalmazkodó viselkedésformák kialakulásához: az ágens a felhasználó mindenkori állapotának megfelelően reagál (például békén hagyja, ha depressziósnak látja, stb.).

2.2 Multi-ágens rendszerek

A szoftverágensek sok esetben nincsenek egyedül környezetükben, hanem egymással kölcsönhatásban, multi-ágens rendszerként működnek.

A hálózatiság és a nyílt, elosztott rendszerek terjedése megváltoztatják a számítógépes feladatok megoldásának módjait. Több, esetleg ellentétes érdekű szereplő lép színre. Globálisak (és egyre gyakrabban csak részben közösek) a célok, globálisak a korlátozások. Hogyan lehet megvalósítani lokális cselekedeteken keresztül globális célokat? Úgy, hogy az (akár) egymástól független¹⁵ viszonylag egyszerű egyedek tömegesen – az alkalmazások részletes újraírása nélkül módosítható és újjáépíthető (flexibilis) rendszert alkotva – dolgoznak együtt: kooperálnak és (ha ellenérdekeltek) versengenek.

2.2.1 Koordináció

¹³ Az MIT Médialaboratóriumában dolgozó Rosalind Picard és munkatársai (Affective Computing Group, <http://affect.media.mit.edu>) 1995 óta foglalkoznak a témakörrel. A szakterületet Picard 1997-es könyvének címe alapján nevezték el. A kutató eleinte a jelfeldolgozó technológiák számítógépekre történő alkalmazását vizsgálta. Az agy (érzelmekért felelős, hang-, kép-, szaginformációk felismerésében fontos szerepet játszó) limbikus rendszereit tanulmányozva ismerte meg az idegtudós Antonio Damasio munkáit, aki 1994-es, *Descartes tévedése* (*Descartes' Error*) című könyvében amellet érvelt, hogy – mivel képesek vagyunk „megélni” érzelmeinket; a limbikus rendszerek és a homloklebehy „összjátékaként” – következtető/döntéshozó készségünk részben emocionális indíttatású. Picard az intelligenciateszteken magas eredményt elérő, érzelmileg viszont teljesen közömbös agykárosultak viselkedése és a szabály-alapú mesterségesintelligencia-rendszerek hibái közti párhuzamból kiindulva jutott el a legtöbb MI-kutató nézeteivel ellentétes felismerésig: az emocionális oldal nem mellékhatás, hanem tényleg figyelembe kell venni számítógépek tervezésekor.

¹⁴ „Az MI-ben használt tanuló algoritmusok bármelyike felhasználható az ágensek tanuló komponenseként” – írja az ágensek tanulásáról Gulyás László és Tatai Gábor. Futó Iván (szerk.): *Mesterséges intelligencia*. Aula Kiadó, 1999. 716. o.

¹⁵ Egy multi-ágens rendszer tagjai különböző függőségi viszonyokban állhatnak egymással: függetlenség, egyoldalú függőség, kölcsönös függőség.

Akármennyire is versengjenek az ágensek, tevékenységüket mindenképpen össze kell hangolni, különben egyrészt a rendszer nem tudja megoldani feladatait, másrészt betarthatatlanná válnak a vele szemben támasztott (külső) korlátozások. A koordináció a rendszer hatékony működésének alapfeltétele.

A három legfontosabb koordinációs mechanizmus:

- strukturális koordináció (amely erősen centralizált, és hierarchikus, előre rögzített struktúrákon alapul),
- szerződéskötés (a klasszikus *contract-net protocol* technika, melyben a feladatok szétosztása licitálással történik, és az ágensek menedzser, illetve szállító szerepet töltenek be)¹⁶,
- multi-ágens tervezés (az ágensek közös tervet készítenek; a magasabb szintű információfeldolgozást igénylő tevékenység kétféle, kisebb központok által irányított vagy elosztott lehet).

2.2.2 Kommunikáció

A multi-ágens rendszerek egyedeinek kooperációját és kommunikációját egyaránt meghatározza az ágensek közötti interakció módja. Az üzenatkódolás, valamint az üzenetváltás során használt protokollok szabványosítása nélkül a nem azonos ágensekből álló heterogén rendszerek¹⁷ működésképtelenek lennének.

Az ágensek többféle **ágens kommunikációs nyelvet** (*agent communication language, ACL*) „beszélnek.” A két legnépszerűbb ACL a FIPA-ACL¹⁸ és a KQML (Knowledge Query and Manipulation Language).

2.2.3 Ágentskörnyezetek

A koordináció és a kommunikáció szempontjából alapvető fontosságú az ágentskörnyezet, mely többféleképpen, a következő (időnként csak „majdnem”) ellentétes fogalom párokkal jellemezhető:

- teljesen megfigyelhető – részlegesen megfigyelhető,
- egyágenses – többágenses,
- determinisztikus – sztochasztikus (teljes mértékben függ az ágens állapotától és cselekedeteitől, illetve valamilyen bizonytalansági tényező is lényeges szerepet játszik benne),
- epizodikus – szekvenciális (az ágens aktuális feladatai nem függenek/függenek múltbeli teljesítményétől, nincsenek hatással/hatással vannak jövőbeli teljesítményére),
- statikus – dinamikus (csak az ágens tevékenységének következtében változik meg, illetve attól függetlenül is változik),
- nem-összefüggő – folyamatos (véges, illetve végtelen lehetséges állapota van – a környezet az ágens szempontjából azonban akkor is folyamatosnak tekinthető, ha a véges lehetséges állapotok száma nagyon nagy).¹⁹

¹⁶ Több ágenskutató külön koordinációs mechanizmusként tartja számon a szerződéskötés egyik típusának tekinthető egyezkedést, melyben az ellentétek feloldása érdekében az ágensek – egy ágens egy másik ágenssel, több ágens egy ágenssel, több ágens több ágenssel – kölcsönösen elfogadott megegyezésre jutnak az ellentét tárgyát illetően.

¹⁷ Az azonos ágensekből álló rendszereket homogén multi-ágens rendszereknek nevezzük.

¹⁸ Az ágens technológia fejlesztését támogatandó, 1996-ban létrehozták és Genfben bejegyezték a Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) szervezetet. A 2005-ben önálló szervezetként feloszlott (és azóta az IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers – egyik szabványügyi bizottságaként működő) FIPA célja az volt, hogy szabványokat dolgozzon ki heterogén multi-ágens rendszerekhez, ezzel segítve elő a különböző gyártók platformjain működő ágensek és rendszereik együttműködési képességét.

2.2.4 Emergencia

Az egyszerű szabályokon alapuló, decentralizált és alulról felfelé építkező multi-ágens rendszerek egyedei dinamikus interakcióban állnak egymással. *A lokális interakciók egyre bonyolultabbá válnak, míg nem a (komplex) rendszer viselkedése valamilyen szempontból túlmutat a részek (az azt alkotó ágensek) hatásainak mechanikusan vett összességén.* A rendszerszintű viselkedést az ágensek programjai már nem, vagy csak igen közvetett módon tartalmazzák magukban. A részek cselekedeteiből spontán módon, váratlanul formálódó, az alacsonyabb szintű összetevőkbe „nem kódolt” minták, szerkezetek tűnnek fel az egészen: a „rendszer globális viselkedése nem egyértelműen meghatározott elemeinek lokális viselkedéséből.”²⁰ Ilyen esetekben emergens jelenségről, emergenciáról beszélünk.²¹

Az emergencia három esetben bír kitüntetett jelentőséggel:

1. ha a rendszer szerveződése („globális rendje”) lényegesen előremutatóbb, teljesen más jellegű, mint a komponensek önmagukban,
2. ha a komponensek a rendszer egészének összeomlása nélkül helyettesíthetők,
3. ha az eddigi komponensekhez viszonyítva szélsőségesen mások és újak a frissen keletkezett minták és tulajdonságok. A részekből nem következtethetünk a felbukkanó mintákra, s viszont: a minták nem vezethetők vissza, nem egyszerűsíthetők le a részekre.

2.3 Ágens-alkalmazások

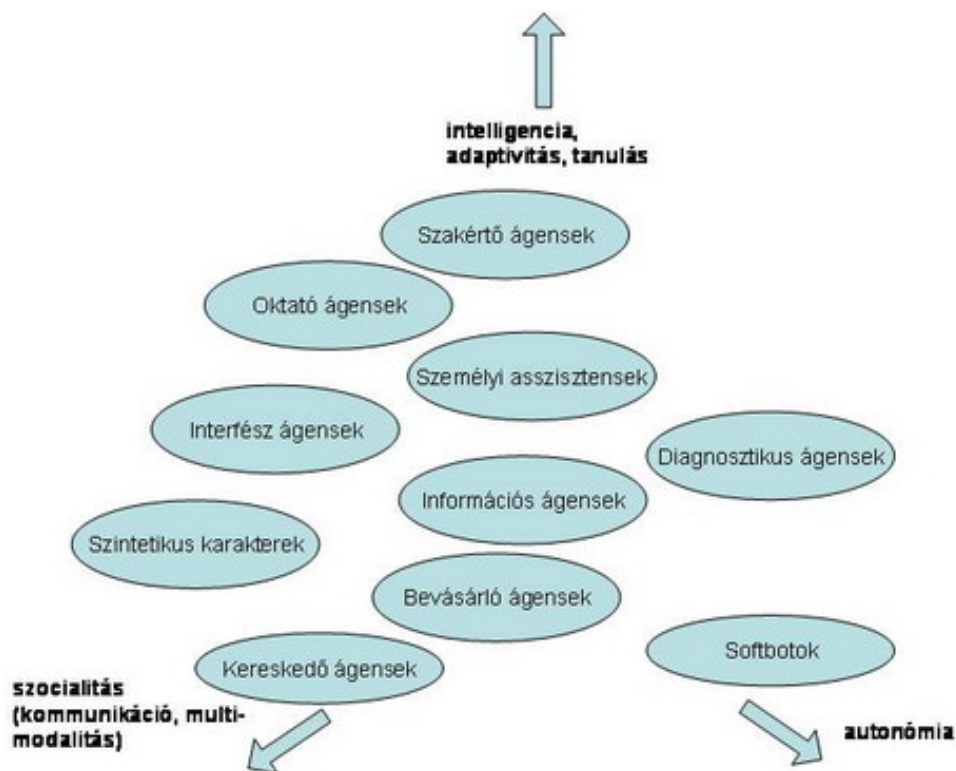
A szoftverágensek alkalmazásai a szociális képességek, az intelligencia és az autonómia szintje szerint csoportosíthatók²², bár a csoportok között gyakoriak az átfedések.

¹⁹ A környezetet nem egy tulajdonság (például a megfigyelhetőség), hanem a tulajdonságok különböző kombinációi jellemzik.

²⁰ James Kennedy, Russell C. Eberhart (with Yuhui Shi): *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, 2001. 461. o.

²¹ Az emergencia annyiban jelent újat a klasszikus „rész és egész”-hez képest, hogy az egész nemcsak több a részek összességénél, hanem tervezettség helyett spontán módon alakul ki. Az emergens jelenségek mintapéldái: felhők, örvények kialakulása, hangya-, méhtársadalmak viselkedése, a halak koordinált mozgása, az emberi agy működése, a világháló fejlődése, stb. A biológiai evolúció szintén az emergencia egyik formájának tekinthető. (Az *emergence* szót „előtűnés”-nek és „felbukkanás”-nak is fordítják.)

²² Az ágens-alkalmazások más szempontok alapján is csoportosíthatók. Némi túlzással: ahány ágenskutató, annyi alkalmazás-csoportosítás létezik.



3. ábra: Ágensalkalmazások csoportosítása

2.3.1 Információs ágensek²³

Az információs ágensek egy vagy több információforráshoz hozzáférve, a felhasználó igényei szerint szűkítve, gyűjtik össze és dolgozzák fel az adatokat (például cikkekben keresnek és kivonatokat készítenek belőlük). Ebbe a csoportba tartoznak az internet- és webes (keresőmotorok indexelő szoftverei, stb.), valamint – kevésbé ragaszkodva a szigorú csoportosításhoz – az elektronikus kereskedelemben tevékenykedő ágensek is. Preferenciáink szerint vásárolnak és adnak el online, témákra, szerzőkre, stílusokra emlékezve „állnak elő” könyv- és lemezajánlókkal, honlap-javaslatokkal.

2.3.2 Interfész ágensek

A felhasználó igényeihez messzemenően alkalmazkodó interfész ágensek, az egyre bonyolultabb programok kezelésének elsajátításában (súgó-rendszerekként, stb.) segédkezve, az ember és a számítógép (illetve két rendszer) között teremtenek partnerszerű kapcsolatot. Multi-modálisak: a szöveg mellett képekkel, hangokkal és egyéb módszerekkel (például egyre gyakrabban gesztusokkal) kommunikálnak.

2.3.3 Asszisztensek

Az asszisztensek a mindennapok rutinfeladatainak elvégzésében segédkeznek: e-mail-eket kezelnek és osztályoznak, web-böngészőbe építve rendszerezik a letöltött információt, határidőnaplóként (akár) önállóan egyeztetnek találkozókat, sőt speciális asszisztensként oktatnak is. Szintén multi-modálisak és személyre szabottak. Rendelkezhetnek szimulált személyiséggel is, mint például a beszélgető botok.

2.3.4 Szimuláció

²³ Az elemzés csak a legfontosabb (és leggyakoribb) alkalmazás-csoportokat mutatja be.

A különböző szimulációs alkalmazások az ágensek és a multi-ágens rendszerek egyik legérdekesebb, bonyolult számítógép-rendszerek modellezésében, a természet- és a társadalomtudományokban, közlekedéstervezésben, üzleti életben, bűnüldözésben, stb. egyaránt bevált, de (a számítástudomány, a szociológia és a pszichológia kivételével) általánosan még nem alkalmazott *felhasználási területe*.²⁴ A legismertebb szimulációs módszer, az ágens-alapú modellezés kiegészíti a hagyományos elemzési eljárásokat: utóbbiakkal egy rendszer egyensúlyi állapota jellemezhető, az ágens-alapú modellek pedig az egyensúlyt generáló lehetőségeket tárják fel.

Az ágens-alapú modellezés egyik speciális területe a biológiai gyökerű (szociális rovarokról – hangyákról, méhekről, termeszekről –, madárrajokról és egyéb állatközösségekről mintázott) és emergens jellegű **rajintelligencia** (*swarm intelligence*) jelenségcsoport, melynek lényege, hogy „egy ágenscsoport összességében az egyes ágensek képességeit meghaladó intelligens viselkedést mutat.”²⁵ Viszonylag egyszerű, uniformizált működést végző ágensek²⁶ nagy tömege dolgozik együtt a globális cél érdekében. A siker nem az egyes ágensek önálló céljainak elérésében, hanem rendszerszinten mérendő.²⁷ (Az „együttműködés” legtöbbször nem jelent együttműködést, mert az ágensek nem tudják, hogy egy nagy rendszer részei.) A szimulációs alkalmazások közé tartoznak a virtuális világokban tevékenykedő szintetikus karakterek is, amelyekkel elsősorban a számítógépes játékokban és a filmiparban²⁸ lehet találkozni.

3. Folyamatban lévő kutatások, fejlesztések

Mivel az ágenstechnológia alapelvei ugyan egységes gondolatrendszert alkotnak, ám az alkalmazások és felhasználások különböző, gyakran egymástól távoli részterületeket érintenek, a témakört igen sok projekt szemlélteti. Az alább bemutatásra kerülők annyiban kiemelkedő jelentőségűek, hogy a várható fejlődési irányokat előlegezve összegzik az ember-ágens, az ágens-ágens interakció és az ágens-alapú modellezés jelenét.

3.1 Ember-ágens interakció

Az ausztrál RelevanceNow cég **Saját Cyber Ikrem** honlapján (<http://mycybertwin.com>) bárki létrehozhatja saját beszélgető botját. A Microsoft csevegő-programján keresztül cseverészhetnek vele, ráadásul az alkalmazás akármelyik weboldalba beilleszthető. A regisztrációt követően személyiségtesztet kitöltve befolyásolhatjuk botunk pszichológiai profilját. Minden bot a központi tudásbázisból veszi azokat a válaszokat, amelyekre még nem tanították meg, s amelyeket érzelmi töltetüktől függően különböző szituációkban használnak. Tudásbázisuk személyre szabására érdekes módszerrel történik: úgynevezett „kurzusokra” lehet beírni őket. A tanár maga a felhasználó; a fejlesztők által fontosnak tartott témákban, előre meghatározott kérdésekre válaszokat lehet adni a „szájukba”. Természetesen a bot nem csupán ezekre a konkrét mondatokra tud válaszolni, hanem a hasonló jelentésű közléseket is

²⁴ Az ágens-alapú szimulációk egyik leggyakrabban említett számítástudományi alkalmazása a mesterséges-élet-kutatás. Vö. *Biológia és IT kölcsönhatásai* mélyfúrás.

²⁵ Futó Iván (szerk.): i. m. 738. o.

²⁶ Az állatvilág mintái természetesen összetettebbek: a madár vagy a rovar önmagában elég bonyolult egyed, de a rajban valóban csak egy „egyszerű katona.”

²⁷ A szakterület úttörője, a madárrajokat tanulmányozó Craig Reynolds 1987-ben jutott arra a megállapításra, hogy az összetett, koreografált mozgáshoz egy-egy madárnak (*bird* helyett *boid*-nak, Reynolds szóhasználatával) mindössze három szabályt – a szomszédokhoz való igazodást, a sebesség- és az útirány-egyeztetést, valamint az összeütközések elkerülését – kell követnie. A rajokat nem egységes kollektívákként, és nem is magányos egyedekként, hanem a csak közvetlen szomszédjaik viselkedését ismerő úgynevezett boidok közötti interakció alapján modellálta.

²⁸ A rajintelligencia a *Batman visszatér* (1992) szimulált denevérrajjaival „vonult be” a filmtörténelembe. Leglátványosabb példái *A Gyűrűk Ura* csatajelenetei.

képes „felismerni”. A tudásbázis feltöltésének további formája azon bölcs gondolatok, kérdések, illetve kérdés-válasz párok megtanítása, melyeket a felhasználó fontosnak tart, viszont általában ritkán fordulnak elő egy átlagos beszélgetés során. A bot átkötő mondatokkal próbálja a beszélgetést e témák felé terelni. Beszélgetéskor, beállításoktól függően, képes weboldalak megnyitására is. A dialógusokat utólag ott lehet elolvasni, és azok alapján tökéletesíteni a bot verbális képességeit.

A Sajat Cyber Ikrem az első olyan web-alapú beszélgető bot, amely nem a weboldalon, vagy adatbázisban történő eligazodást segíti.

A Floridai Egyetem 2004-ben alapított Innovatív Tanuló-technológiák Központjának (<http://ritl.fsu.edu>) **pedagóguságensei** a virtuális tanárok új, emberibb generációját képviselik: arckifejezésük barátságos, kedveskedő kézmozdulatokat használnak, hangjuk kellemes, intelligens. Gesztusaikkal szabályszerű feladatok megtanulásában segítenek, érzelmkifejezéseik pozitívan befolyásolják a diákok figyelmét. Speciális szoftver teszi lehetővé, hogy az adott témakörben a diákok tudás- és ismeretszintjéhez alkalmazkodjanak, kognitív és emocionális visszajelzéseket adjanak nekik. A módszerrel megszámlálhatatlan típusú tanár hozható létre. Összes jellemző tulajdonságát ellenőrizni, irányítani lehet: nemüket, életkorukat, etnikumukat, kommunikációs és interakciós stílusukat. Mindez izgalmas lehetőségek sokaságához, különböző tanítási stílusok és oktatási stratégiák kutatásához, szimulálásához vezet.

A Memphis Egyetem Kognitív Számítások Kutatócsoportja öt-tíz éven belül döntéseket hozó, folyékonyan társalgó, kognitív tulajdonságokat imitáló ágensét (**Intelligent Distribution Agent**, IDA, <http://ccrg.cs.memphis.edu/projects.html>) az amerikai haditengerészet megrendelésére készítik. A szolgálatukat befejező matrózoknak segít majd munkát találni. Elektronikus leveleket kap tőlük, „elgondolkozik” a megfelelő álláson, tárgyal velük.

3.2 Ágens-ágens interakció

Az európai uniós **CASCOM**²⁹ (<http://www.ist-cascom.org>) projekt keretében tetszés szerinti mobil kommunikációs eszközön (telefonon, PDA-n, laptopon, stb.) rugalmas szolgáltatásokat nyújtó új platformot fejlesztenek. A rendszer – fix-vonalas és mobil környezetben egyaránt – kontextus-érzékeny üzleti alkalmazásokat koordinál.

Képzeljük el, hogy X úr, a Portugáliában nyaraló finn turista lebetegszik. Mobiltelefonján működik a rendszer. Személyre szabott ágense lokalizálja a legközelebbi orvosi rendelőt, kórházat, és felveszi velük a kapcsolatot. Pontosabban: az intézmények ágenseivel, amelyeknek még címre sincs szükségük, hiszen a mobil alapján hozzávetőleg akkor is tudják, hol van X úr, ha nincs rajta GPS. Kimennek érte a mentők, beviszik az ambulanciára. Az ágens személyes, de nem kényes egészségügyi információt juttat el ágenstársához: közli, hogy X úrnak már volt szívrohama, pszichiátriai kezelését viszont titokban tartja. Közben a megfelelő finnországi egészségügyi intézmény CASCOM ágensével szintén felveszi a kapcsolatot. Utóbbi még részletesebb adatokat juttat el a portugál illetékeseknek, de ezúttal személyesebb információk is kellenek. X úr ágensén keresztül engedélyt ad az adatok használatára. Mivel Németországban szintén élt, ottani kórházaktól is kellenek adatok. Az ágensek gyorsan beszerzik és továbbítják a szükséges információkat, miközben X úr biztosítójának ágensével is felveszik a kapcsolatot.

²⁹ A CASCOM a Context-aware business Application Service Co-Ordination in Mobile computing environments rövidítése.

És így tovább, a beteg helyett szinte mindent az ágensek intéznek. Elrendezik, hogy X úr felesége Portugáliába repüljön, módosítják a férj visszaútjának időpontját, informálják munkáltatóját arról, hogy dolgozójuk pár nap késéssel fog visszatérni.

A Southampton Egyetem Nick Jennings (<http://users.ecs.soton.ac.uk/nrj>) által vezetett csoportja a vállalati tevékenységek automatizálását segítő, az emberi döntéshozást visszatükröző, továbbfejlesztő autonóm tanuló ágenseket, ágens-rendszereket tervez. A szakterület élenjárójának számító felsőoktatási intézmény (és a Liverpooli Egyetem) koordinálja a 2004. januárjában indult európai uniós **AgentLink III** (<http://www.agentlink.org>) projektet is, amely – egyfajta kutatásfejlesztési hálózatként – százkilencvenkét ipari és felsőoktatási intézményt tömörít magába. A szakterület következő tíz esztendejére dolgoznak ki stratégiai, fejlődési irányokat meghatározó terveket.

A londoni Magenta Technologies (<http://www.magenta-technologies.com>) 2004-ben bemutatott **Hálózattervezője** (Network Designer, ND) és **Hálózatütemezője** (Network Scheduler, NS) jelentette az első lépést afelé, hogy a multi-ágens rendszerek kilépjenek az akadémiai/kutatási közegből és a szállításszervezésben, vállalati erőforrás-tervezésben, projekt-menedzselésben hasznosuljanak.

Az ND segítségével ilyen üzleti hálózatokat lehet tervezni; kijelölni és szétszítani az adott feladathoz szükséges forrásokat. Lehetővé teszi a különböző „mi történne, ha?” jellegű játékok/forgatókönyvek tesztelését, összehasonlítását. Létező hálózatok modelljét építi fel, konfigurációkat és folyamatokat változtat meg. A modellek közötti üzleti tranzakció-áramlás pontos megfigyelése érdekében adatsorokat futtat és/vagy generál. Elemzi az eredményeket, új hálózatkonfigurációt hoz létre. Munkájához a robusztus Magenta Ontológia Menedzsert használja. Az NS tervezi, szükség esetén újratervezi és végrehajtja a kifejezetten dinamikus feltételek mellett végrehajtandó feladatok üzleti erőforrásainak elosztását. Terveit az igények és a legjobban hozzáférhető források összekapcsolásával dolgozza ki. Gyorsan újratervez – különösen akkor, ha a változások kihatnak a végrehajtási folyamatra. Opciókat szimulál, majd kiválasztja közülük és kivitelezzi az ideálisnak tűnőt.

A rendszer előnyei négy pontban foglalhatók össze:

- bonyolult üzleti problémák rugalmas megoldása változó környezetben,
- üzleti tevékenységek pontos leírása, ismeretbázison alapuló döntéshozás,
- forgatókönyvek kidolgozása, valósídejű tervezés,
- problémamentes integráció már létező rendszerekbe.

3.3 Ágens-alapú modellezés

A **FreeWalk** (<http://www.ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp/freewalk>) virtuális városában emberek és ágensek jönnek-mennek, bonyolítják kapcsolataikat. Utóbbiak egyrészt közvetítő szerepet töltenek be, másrészt részt vesznek a csoportos cselekedetekben. Az alkalmazások 3D-s beszélgetésre (*chat*), több-felhasználós oktatásra és vizuális szimulációra terjednek ki. A szoftver láthatóvá teszi az emberi viselkedést, modell-alapú szimulációt hoz létre, több-felhasználós részvételt biztosít. *A többfelhasználós multi-ágens architektúra lehetővé teszi, hogy az internetezők nagy volumenű online szimulációkban – például a kyotoi központi pályaudvarról történő menekülésben – vegyenek részt.* Válságkezelési stratégiákat, csoportos viselkedéseket tesztelhetünk. A projekt célja az emberi élettér teljes, a legapróbb részletekig (tűz, füst, stb.) terjedő szimulálása.

A(z) elvileg 2007. augusztus 31-én lezárult) EU-s – és egyben magyar érdekeltségű³⁰ – **NEW TIES**³¹ (<https://www.new-ties.org>) mesterségstársadalom-szimulációja a környezetét kooperációkon, interakciókon keresztül értő, megismerő társadalom kialakítását tűzte ki célul. A rendszer ágensei rendelkeznek azzal a képességgel, hogy együttműködésüket és túlélésüket segítő kommunikációs rendszert (nyelvet) fejlesszenek ki. Ezt az adottságot egyéni, evolúciós és szociális tanulással sajátítják el. Önálló kultúrát hoznak létre, együttműködésük kollektív intelligenciát eredményez. A projekt – egyik legnagyobb kihívásként – a nyelvfejlődés és a nyelv megértését célozta meg.

A Pentagon **OneSAF**³² (One Semi-Automated Forces, <http://www.onesaf.net>) játéka ágensalapú kognitív modulokat sorakoztat fel. A fejlesztők figyelme az egyéni szinttől a seregekig, hadműveletekre, rendszerekre, irányítófolyamatokra egyaránt kiterjed. Terepeket, aktivitást, viselkedésformákat szimulálnak, folyamatosan tanuló virtuális terroristákat programoznak.

4. A várható fejlődés

Az ágenstechnológia fejlődési iránya heterogénebb rendszerek, a rendszer tagjaiként és önmagukban egyaránt autonómabb, intelligensebb ágensek felé mutat. Az asszisztensi, stb. – „magányos” – alkalmazások és a vizsgált periódus első felében elterjedő multi-ágens megoldások automatikusabbá teszik az ember-gép kapcsolatot: a gépi entitásokra az élet minden területén együttműködő partnereinkként fogunk tekinteni.



4. ábra: 2008-2018

³⁰ A projektet egyrészt az amszterdami Szabadegyetem Informatikai Karának professzora, Eiben Ágoston koordinálta, másrészt az ELTE Informatikai Kara (Lőrincz András, Bontovics Ákos, Hévízi György) is részt vett benne.

³¹ A NEW TIES a New and Emergent World models Through Individual, Evolutionary and Social learning („új és emergens világmodellek egyéni, evolúciós és szociális tanuláson keresztül”) rövidítése, önmagában „új kötelékek”-et jelent.

³² Az amerikai Haditengerészet Posztgraduális Iskolájának Modellezés, Virtuális Környezetek és Szimuláció Intézetében, 2001. januárban kezdődött fejlesztések lassan haladnak.

4.1 Ágensek és rendszereik

Nagyobb autonómiájuk és (részben érzelmi) intelligenciájuk hatásaként fokozódik és átalakul a „magányos” ágensek szerepe: több funkciót látnak el, bonyolultabb feladatok elvégzésére, gördülékenyebb és többsíkú interakcióra lesznek képesek. Egyes feladatoknál viszont már nem lesz elegendő, ha munkájukat egyedül végzik, hanem egy adott rendszer részeként kell tevékenykedniük.

4.1.1 „Magányos” ágensek multi-ágens rendszerekben

Az ágenstechnológia fejlődésének fontos állomása a „magányos” ágens és a multi-ágens koncepció (bizonyos esetekben elengedhetetlen) szintézise, a két funkció összekapcsolása: az ágens egyrészt (például beszélgető botként) – a rendszer valamely alrészének (esetleg az egész rendszernek) megjelenítő felületet adva – a felhasználóval, másrészt a rendszer többi ágensével kommunikál.

A kettős funkció azért szükséges, mert gyakran fordul elő, hogy az adott feladatot az ágensek nem tudják hatékonyan kezelni: képzeljünk el, például egy szállítmányozási rendszert, ágensekkel, beszállítókkal, viszonylag egyszerű szaknyelvvvel, stb. A rendszer automatizált, a kommunikáció három síkon (ember-ember, ember-gép, gép-gép) megy végbe. A részegységek üzeneteket küldenek egymásnak, üzeneteket fogadnak. A folyamat elvileg problémamentes; az ember szerepe minimális. A rendszer értelmezi az üzeneteket, majd elvégzi az utasításokat, stb.

De mi történik akkor, ha esetleg nem ért valamit?

Ebben az esetben lép színre a rendszer elemeként, de önmagában is működő, a humán felhasználóval kommunikáló „magányos” ágens – azért kell magányosnak lennie, mert például a beszállítóval érintkezik („kérem, specifikálja ezt és ezt...”), viszont azért kell a rendszerhez is tartoznia, mert – az adott esetben – a beszállító üzenetét ő közvetíti a feladat további részét elvégző többi ágens felé. Amennyiben azok még mindig nem tudják értelmezni, ismét közvetít, és így tovább, mindaddig, amíg kollektív tevékenységükkel meg nem valósítják a rendszer céljait.

4.1.2 Hibrid rendszerek

Az egyre bonyolultabbá váló számítógépes környezetek két (látszatra ellentmondásos) trendet vetítenek előre:

- egyrészt automatikusabbá válik a rendszerek működése,
- másrészt hangsúlyosabbá válik az emberi részvétel: az ember ezeknek az úgynevezett **hibrid rendszereknek** a részévé válik, maga is „ágens”-ként funkcionál bennük.

A hibrid rendszerek megváltoztatják az ember-ágens interakciót: a jelenlegi (honlap-bemutató, stb.), valamint a multi-ágens rendszer és a felhasználó között közvetítő „magányos” ágensekkel folytatott kommunikáció mellett létrejön az egyszerre több ágenssel történő kommunikáció is, ami általában akkor lehetséges, ha a „csapat”-ban lévő ágensek egymással és az emberrel is egyenrangúak (legalábbis a rendszer céljai tekintetében).³³

A humán felhasználó rendszerbe történő „integrálása” új lehetőségek mellett új problémákat is felvet:

- Miként kezelje a rendszer az általunk előidézett váratlan eseményeket?
- Milyen (szabványosított) kommunikációs nyelv segíti elő az ember sikeres részvételét?

³³ A „csapat” metafora azért fontos, mert ezek a rendszerek csoportérdekeket érvényesítő többszereplős szimulációkban (katonai kiképzés, csapatsportok, stb.) jelennek meg.

- Mely felépítési és szerveződési modellek támogatják a lehető legtermészetesebb ember-ágens interakciót?
- Kire hárul a döntéshozás és a döntések következményeinek felelőssége?

4.1.3 Önszerveződés

A multi-ágens rendszerek mind jobban alkalmazkodnak az erősen sztochasztikus és dinamikus (gyakran ellenséges) környezetekhez. Egyre gyakoribbak az olyan rendszerek, melyekben különböző fejlesztőcsoportok által létrehozott heterogén ágensek tevékenykednek. Az egyedek az eredményes részvételhez megfelelő viselkedésformákat – nemcsak a rendszerhez való csatlakozás előtt, hanem – az egymással folytatott interakció során tanulják meg.

A fejlesztők folyamatosan pontosítják, a mindenkori környezethez specializálják a szabványosított nyelveket. Az ágensek emberi beavatkozás nélkül használják ezeket, akár csak a kommunikációs mechanizmusokat és együttműködési stratégiákat.³⁴ *Egy-egy cél érdekében folyamatosan változó ad hoc közösséget hoznak létre, melyek szintén automatikusan funkcionálnak és (a cél megvalósítása után) felbomlanak.* De a kivitelezés során nemcsak a közösségek, hanem maguk a célok is megváltozhatnak – az ágensek ilyen esetekben is képesek lesznek azokhoz alkalmazkodni, és minél hatékonyabb megoldásokat találni. (Nem fog egyedi esetnek számítani az sem, ha a rendszerek a fejlesztők által nem tervezett, spontán kialakuló – jó és rossz – tulajdonságokat mutatnak.)

Az ágensek és csoportosulásaik egyre több természetes rendszerekre jellemző adottsággal rendelkeznek, melyek közül a jelenleginél sokkal magasabb szintű önszerveződés lesz a legfontosabb.³⁵

Az önszerveződés (*self-organization*) az a folyamat, amely által egy rendszer, céljaihoz és – általában – állandóan változó, nyitott környezetéhez alkalmazkodva, explicit külső irányítás/kontroll nélkül változtatja meg belső felépítését. A változás sokszor eredményezhet emergens viselkedést.

Önszerveződés-mechanizmusok (például a rajintelligencia kialakulása) teszik lehetővé, hogy a döntéshozó ágensek kijelöljék, mely pontokon és mikor kell a rendszer szerkezetén, működésén módosítani. A módosításokat elvégezve, a rendszer jobban alkalmazkodik környezetéhez, jobban megfelel a vele szemben támasztott elvárásoknak.

4.2 Új alkalmazások

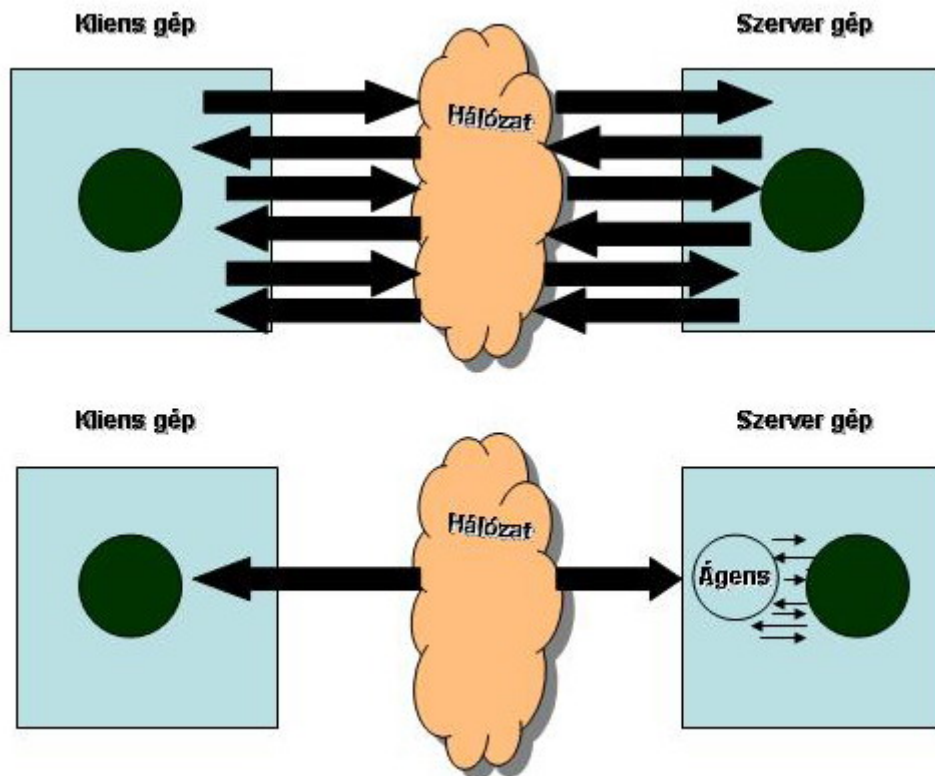
Az a tény, hogy egyre több mamutcég (Microsoft, Symantec, stb.) ügyfélszolgálatát részben ágensekre bízta, a technológia kisebb és nagyobb vállalatok általi – a szolgáltatások színvonalát növelő, a megszorodott igényeket kielégítő, a versenyképességet fokozó – alkalmazását vetíti előre. Elterjednek a mobil ágensek, egyre több kognitív funkciót utánozzák a velünk kommunikáló animált fejek és társaik, a multi-ágens rendszerek az élet különböző területein hasznosulnak, az ágens-alapú modellezés a számítástudomány, a szociológia és a pszichológia mellett más tudományokban szintén általánosan elfogadott módszerré válik.

4.2.1 Mobil ágensek³⁶

³⁴ Új kommunikációs protokollok a résztvevők interakcióiból emergens módon is kialakulhatnak. Vö.: Michael Luck, Peter McBurney, Onn Shehory and Steven Willmott (szerk.): *Agent Technologies: Computing as Interaction (A Roadmap for Agent Based Computing*, www.agentlink.org/roadmap/al3rm.pdf), 2005.

³⁵ Ezek az adottságok „ön-” előtaggal kezdődnek: ön-konfiguráció, ön-kezelés, ön-diagnosztizálás, ön-korrigálás, stb., melyek külön-külön és együttesen egyaránt a rendszer autonómia-szintjét növelik (*autonomic computing*). Az angol nyelvű szakirodalomban már bevezették, de még nem terjedt el a *self-*system* (ön-*rendszer) kifejezés, melyben a * bármelyik említett adottságra és azok különböző kombinációira vonatkozik.

A környezetüket dinamikusan változtató mobil ágensek a világháló fejlődésével, növekedésével nehezebben működő kliens-szerver modell egyik alternatíváját kínáló **mobil számítások** (*mobile computing*)³⁷ kulcselemei lesznek: ebben a modellben az adatok mellett a kód is mozoghat. Különösen olyan esetekben, amikor annak mérete kisebb a nagymennyiségű feldolgozatlan (vagy alacsony feldolgozottsági szintű) adatnál, azaz előnyösebb a kódot mozgatni.



5. ábra: Mobil ágens (lent) és a hagyományos kliens-szerver modell (fent)

A szerver képességeit kiegészítő összetett feldolgozási eljárást hordozó ágensek csökkentik a hálózati terhelést, támogatják az időleges hálózati kapcsolattal, korlátozott sávszélességgel, tároló- és processzorkapacitással rendelkező, például mobil felhasználókat. Nagyméretű telekommunikációs hálózatok karbantartási munkáinak ellátása szintén fontos mobilágens-alkalmazás lesz: a hálózatba kapcsolt valamelyik eszköz távoli figyelése helyett a közeli számítógépre kiküldött ágens a kommunikáció átfutási idejét jelentősen csökkentve, megakadályozza a kritikus késést; valós időben értékeli a jelzéseket és kontrollálja a műszert.

4.2.2 Kognitív rendszerek

Az információs túlterheltség, a különböző technológiák mindennapi életbe integrálódása, a rendszerek kezelésének és működtetésének komplexitása az autonómia mellett az élővilág legfejlettebb lényekre jellemző más – kognitív – tulajdonságok magas szintű gépi imitációját szintén szükségessé teszi. A teoretikus alapok (percepció-akció, következtetés, tanulás, tervezés, kommunikáció, kooperáció) hosszú évtizedek óta tartó lerakását követően ezek az ágensek, ágensrendszerek eleinte (minimális emberi beavatkozással, vagy még azzal sem) az

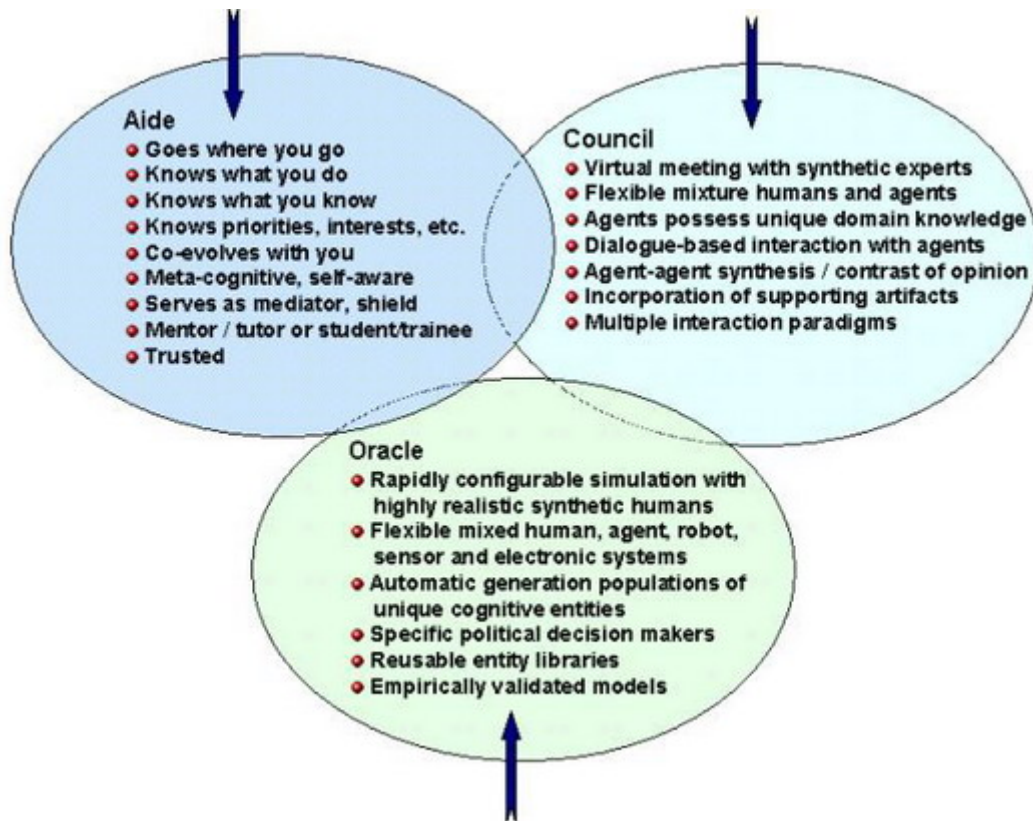
³⁶ A mobil ágensek elsősorban szoftverfejlesztési szempontból számítanak (új) alkalmazásnak.

³⁷ A mobil számítások másik értelmezése, a hordozható eszközökre épülő alkalmazások az átfedések ellenére sem azonosak az általunk ismertekkel.

ismeretszerzésre, a kép- és a beszédmegértésre, stb., majd mindezek összekombinálására is alkalmassá válnak.

A fejlesztések³⁸ főelve kognitív folyamatok valóság-hű és egyénre szabott számítógépes reprezentációinak beépítése a rendszerekbe, és ennek következtében:

1. az ember-gép interakció egyre emberszerűbbé („ember-ember” interakcióvá) válik,
2. a rendszerek – a felhasználót jól ismerő – kognitív entitásokká alakulnak át.



6. ábra: Kognitív rendszer funkciócsoportjai

Egy rendszer optimális esetben három főfunkciót valósít meg:

- személyes asszisztensként segíti felhasználóját a hétköznapi életben,
- más (szakértő) ágensekkel folytatott többsikú kommunikációján alapuló szakmai tanácsokat ad, és megbeszéléseket készít elő,
- szimuláció segítségével előrejelzéseket végez.

4.2.3 Zárt és nyílt multi-ágens rendszerek

A multi-ágens rendszerek különösen azokon a területeken terjednek el, ahol az autonóm intelligens entitások interakciói és a hálózatiság fontos szerepet töltenek be. Egyes alkalmazások vállalatok vagy egyéb szervezetek keretein belül, zárt rendszerekként, mások különböző cégek vagy csoportok entitásainak részvételével működnek.³⁹

Eleinte elsősorban a zárt rendszerek iránt mutatkozik igény. Két okból: egyrészt nagyon sok feladat megoldható velük, másrészt a nyílt rendszerek nehezebben kezelhető együttműködési

³⁸ A kognitív rendszerek fejlesztésének eljárója a Sandia Nemzeti Laboratórium (Egyesült Államok, <http://www.sandia.gov/cog.systems>).

³⁹ Egy vállalat szállítás-ütemezésének ágens-alapú modellezése az előbbit, míg az ellátási lánc mentén történő automatizált adás-vételi döntések sorozata az utóbbit példázza, amelyben különböző cégek megegyezése és koordinációja szükséges a sikeres ágens-alkalmazáshoz.

és biztonsági problémákat vetnek fel. A várakozások viszont az utóbbiak fokozatos térhódítását vetítik előre. Idővel szinte bármilyen (eredetileg nem „oda” fejlesztett) ágens része lehet a rendszernek, azzal a feltétellel, ha viselkedése kontrollálható és a szabványok mellett az együttműködő cégek, konzorciumok által támasztott elvárásoknak is megfelel. A nyílt rendszerek először speciális alkalmazási területeken (B2B – *business-to-business* – elektronikus kereskedelem, bioinformatika, stb.) terjednek el. Csak akkor működhetnek eredményesen, ha robusztusak (képesek hatástalanítani a rosszindulatú, vagy meghibásodott ágensek tevékenységét), és fejlesztőik megtalálják az alkalmazkodó készség és az előre-jelezhetőség közötti helyes arányokat.

4.2.4 Ágens-alapú modellezés

Az ágenstechnológia egyre több természetes és mesterséges (például – nem meglepő módon – ágens-alapú számítógépes) rendszer szimulálását teszi lehetővé. A szimulációs modellek az eddigi alkalmazások mellett egyrészt orvosi, vállalati és társadalompolitikai döntéshozatal során bizonyulnak különösen hasznosnak, másrészt mérnöki feladatok kivitelezésében (rendszerek tervezésében, stb.) játszanak fontos szerepet.

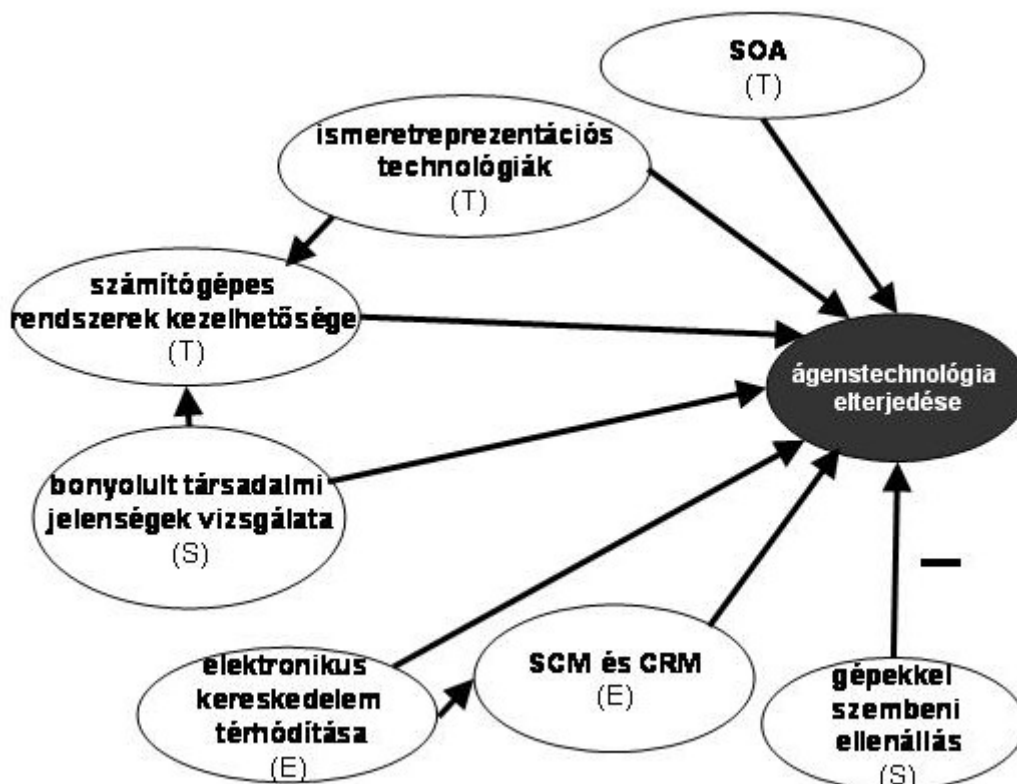
A bennük rejlő teljes potenciál kiaknázásához azonban csak egy egységes ágens-alapú szimuláció-elmélet kidolgozása adhat zöld utat, amelyben olyan súlyos kérdésekre kell feleletet találni, mint például:

- Hányszor kell iterálni a véletlenszerűen szimulált modellt és forgatókönyveket ahhoz, hogy meg lehessen bízni az eredményben?
- Mennyire legyen részletes a modell?
- Mikor mondható el róla, hogy már nem kell tovább pontosítani, finomítani?
- Hogyan lehet minél konkrétábbá tenni, és elkerülni az eredmények túl absztrakt (vagy semmitmondó) értelmezését?

Mivel a válaszok még alkalmazási területenként változhatnak is, az elmélet létrejötté valószínűleg hosszú évekig eltarthat.

5. Befolyásoló tényezők

Az ágensek és ágensrendszerek elterjedésében technológiai, társadalmi és gazdasági hajtóerők egyaránt fontos szerepet töltenek be. Míg a technológiai és gazdasági tényezők egyértelműen serkentik a folyamatot, a társadalmiak pozitív és negatív hatást is kifejtnek.



7. ábra: Befolyásoló tényezők egymásra hatása

5.1 Technológiai tényezők

Az ágenseket és multi-ágens rendszereket támogató technológiai feltételek (ágensnyelvek, számítógépes architektúrák új megközelítése, hálózatiság, stb.) nagy része adott, elterjedésüket elsősorban a különböző infokommunikációs rendszerek bonyolultsága, a szolgáltatás-orientált architektúrák és az ismeretprezentációs technológiák fejlődése gyorsítja fel.

5.1.1 Számítógépes rendszerek kezelhetősége

A számítógépes rendszerek komplexitásának növekedésével párhuzamosan drasztikusan emelkedik az egymással interakcióban lévő komponensek és az interakció-típusok száma. Annyira bonyolulttá válnak, hogy nem lehet átlátni teljes működésüket. A megértés hiánya beláthatatlan következményekkel járó hibákhoz vezethet.⁴⁰ Problémamentes kezelésük és irányításuk, kontrollálásuk életbevágó a modern társadalmakban.

Az ágens-technológia megoldást kínál a rendszerek modellezéséhez: hiteles szimulációs modellek segítségével jobban meg lehet érteni a részek és az egész működését, könnyebben kiszámítható és megtervezhető, mikor kell beavatkoznunk.

5.1.2 Szolgáltatás-orientált architektúrák

A szolgáltatás-orientált architektúrák (*service-oriented architecture*, SOA)⁴¹, szerteágazó törekvéseknek (Grid, webszolgáltatások, stb.) „kínálnak” potenciális konvergencia-pontot. Elterjedésük hatásaként újraértelmeződnek a jelenleg egyszerű, jól meghatározott interfésszel

⁴⁰ Mint például az elektromos hálózatok 2003-as összeomlásakor Észak-Amerikában és Olaszországban.

⁴¹ SOA-ról bővebben: *Szolgáltatásalapú alkalmazáskészítés mélyfúrás*.

rendelkező komponenseknek (SOAP – Simple Object Access Protocol) tekintett webszolgáltatások. A nagy számítógépes rendszerek egyre inkább dinamikusan összekapcsolódó szolgáltató és fogyasztó komponensek együtteseként működnek, ami azt eredményezi, hogy a – multi-ágens rendszerek használatához ideális infrastruktúrát biztosító, a rendszer egyedeinek kommunikációját felgyorsító – szolgáltatások például üzenetküldő és – fogadó ágensekkel is kivitelezhetők.

5.1.3 Ismeretprezentációs technológiák

A különböző ismeretprezentációs (nyelv és beszéd, jelentésalapú) technológiák fejlődése növeli az ágensek, ágensrendszerek információkezelő képességét.

A **beszédtechnológiák** eljutottak arra a szintre, hogy a beszéd szöveggé, a szöveg beszéddé alakítható. A beszédfelismerő és szintetizáló rendszerek egyre kevesebb hibát vétének, több nyelvet – azokon belül kiejtések – „értegetnek”, miközben a humán felhasználónak adott válaszuk természetesebb, de legalábbis nem annyira félreérthetetlen géphang, mint volt néhány éve. A vártnál nagyobb ütemű fejlődésük ösztönzően hat az ember-ágens kommunikációra.

A **jelentésalapú technológiák**⁴² az ember-számítógép és a számítógép-számítógép interakciót egyaránt hatékonyabbá teszik. A Szemantikus Web fejlődése Ösztönzően hat az ágenstechnológia elterjedésére. A két terület szorosan kötődik egymáshoz, és nagyjából ugyanazokat a problémákat akarják megoldani: a cél az, hogy a szoftver-komponensek hálózaton keresztül, minél magasabb szemantikai szinten tudjanak kapcsolatba lépni egymással, míg a szemantikai kapcsolatok megfelelő módon, egységesen, minden program által érthetően legyenek leírva.⁴³ A webontológiák nyelve, az OWL (Web Ontology Language) például olyan W3C Semantic Web ajánlás, amelyen keresztül az ágensek mélyebb ismereteket is át tudnak egymásnak adni.

5.2 Társadalmi tényezők

A földkerekség legnagyobb multi-ágens rendszere az élővilág, azon belül pedig az emberi társadalmak. Így egyáltalán nem meglepő, hogy a multi-ágens modellezés gyorsan elterjedt a társadalomtudományokban (városok, közösségek, stb. kialakulásának szimulálása). A modellezés és a technológia más területei iránti igény azonban nemcsak tudományos, hanem egyéb vonatkozásokban szintén érzékelhető.

5.2.1 Bonyolult társadalmi jelenségek vizsgálata

A társadalmi jelenségek, például egy új törvény következményeinek szimuláció segítségével történő, a társadalom szerkezetére, intézményrendszereire és a politikai döntéshozásra egyaránt kiható tanulmányozása az ágenstechnológia elterjedésének eddig is fontos hajtóereje volt, és – mivel a társadalomban működő, vagy azt működtető rendszerek egy része (közlekedés, bünyöldözés, stb.) elérte a bonyolultság hagyományos eszközökkel nehezen kezelhető szintjét – ezentúl hatványozottan az marad.

5.2.2 Gépekkel szembeni ellenállás

A számítástudomány és különösen a mesterségesintelligencia-kutatások a kezdetek óta komoly ellenállásba ütköznek, amelyet különböző tényezők táplálnak: az újtól való idegenkedés, „digitális analfabétizmus”, munkahelyek esetleges elvesztése, az egyre

⁴² A technológiákról bővebben: *Jelentésalapú technológiák mélyfúrás.*

⁴³ A Szemantikus Web fejlődése az ágenstechnológiára főként annyiban hat, hogy az ágensek eredményesebben keresik vissza és szűrik meg az információt. Adatfeldolgozóként és információszolgáltatóként egyaránt funkcionálnak.

autonómabb gépi rendszerektől, mesterséges lényektől (majdani „szuperintelligens” robotoktól, stb.) való – a sci-fi irodalom és filmek által is táplált – félelem.

5.3 Gazdasági tényezők

A technológia népszerűségét növeli az a felismerés, hogy nemcsak az ember képes gazdasági tevékenységre, hanem (a profit- és eredményességmaximalizáló algoritmusokkal ellátott) ágens is.

5.3.1 Elektronikus kereskedelem térhódítása

Az elektronikus kereskedelem fejlődésével (főként a kései kilencvenes évek dotcom-robbanásának eredményeként) fontos tényezővé váltak az elektronikus piacok, például az online aukciók. A fejlesztések között gyakoriak a mesterségesintelligencia-megoldások, azok közül is elsősorban az ágenstechnológia (árvező ágens, stb.).

Az automatizált rendszerek elektronikus piacokon elért sikereinek következményeként a pénzügyi intézetek egyre nagyobb érdeklődést mutatnak a kereskedő gépi entitások iránt, amelyek termékekre, szolgáltatásokra vonatkozó adatokat gyűjtenek be, dolgoznak át, hangolnak össze, adnak el más ágensnek, vagy embereknek.

5.3.2 Ellátási láncok és ügyfélkapcsolatok kezelése

Az ellátási láncok (*supply chain management*, SCM) és ügyfélkapcsolatok (*customer relationship management*, CRM) hatékony kezelése a vállalatok versenyképességének alappillérei közé tartoznak. A szerteágazó folyamatok és különböző tevékenységek megszervezéséhez, összehangolásához, a minél magasabb szintű automatizációhoz a már mindkét területen (különösen az ügyfélkapcsolat-kezelésben) használt ágenstechnológia még szélesebb körű alkalmazása szükséges.

6. Várható hatások

Az ágenstechnológia elterjedése a technológiára, a társadalomra és a gazdaságra egyaránt jelentős hatással lesz.

6.1 Technológiai hatások

Az ágens és multi-ágens rendszerek tudománya (már csak interdiszciplinaritása miatt is) a szoftvertervezéstől a szenzorhálózatokig, a nanotechnológiától⁴⁴ a környezet-intelligenciáig igen sok és igen különböző technológiát megihlet, melyek közül három emelhető ki: MI, robotika⁴⁵, számítógépes játékok.

6.1.1 Mesterséges intelligencia részterületei

A diszciplína eddig is befolyásolta, a jövőben pedig még ösztönzőbben fog hatni a mesterségesintelligencia-kutatásokra. Egyrészt különböző részterületek (beszédfelismerés, számítógépes nyelvészet, látás, gépi tanulás, stb.) fúzióját eredményezi, másrészt az agyi funkciók – az MI-vel mindig szoros kapcsolatban állt – modellezését és az idegtudományokat gazdagítja új elemekkel.

6.1.2 Robotika

⁴⁴ Eddig ugyan csak elméleti munkákban és a sci-fi irodalomban (Michael Crichton: *Préda*, 2001) vázolták fel, ám egyértelműnek tűnik, hogy tizenöt-húsz éven belül a nanotechnológiában is elterjednek ágensalapú, például rajntelligencia-megoldások.

⁴⁵ Annak ellenére, hogy a robotika a mesterséges intelligenciához tartozik, az ágenstechnológia hatása annyira fontos – a három terület közül a legerősebb –, hogy külön kell említenünk.

A számítástudomány részterületei közül a robotika áll legközelebb az ágenstechnológiához, így a hatások (és kölcsönhatások) rendkívül erősek. A szoftverágensek fejlesztésekor tapasztaltak, az elért eredmények, bevált módszerek kiindulási pontot jelentenek (nem élő) fizikai ágensek, ágencsoportok létrehozásához. Ágenstechnológia és robotika „kéz a kézben” történő fejlődése várható hosszútávon is.⁴⁶

6.1.3 Számítógépes játékok

Míg az évtized első feléig a látványos grafika kidolgozása jelentette a számítógépes játékok elsődleges célját, az utóbbi években viszont megváltozott a fejlesztések iránya: a majdnem tökéletes 3D-s képi világ után a nem-játszó és az ellenséges karakterekre, csapattevékenységekre tevődött át a hangsúly.⁴⁷

A tendencia erősödéseként a mesterséges intelligencia – főként az ágenstechnológia – fontos szerephez jut: a jövőben a játékbeli „kincskeresés” és egyéb küldetések kivitelezése során „magányos” ágensekkel és multi-ágens rendszerek egyedeivel egyaránt lehet majd találkozni. Sokkal „eszesebbek”, kiszámíthatatlanabbak lesznek elődeiknél.

6.2 Társadalmi hatások

Az ágenstechnológia bevonul hétköznapjainkba: órák hosszát diskurálunk animált figurákkal, virtuális osztálytermeinkben nem kevésbé virtuális tanárok okítanak, hangyakolónia-szerűen működő csapatok ellen teszteljük stratégiai képességeinket, miközben a mozivásznon ugyanilyen multi-ágens rendszerek hadakoznak egymással.

6.2.1 Kommunikáció

Az ágensekkel folytatott kommunikáció könnyebbé teszi a gépi rendszerek és az információ kezelését.

A velük töltött – esetenként túl sok – idő, amellet, hogy elősegíti az ember-számítógép interakció gördülékennyé válását, kettős hatást gyakorol az ember-ember interakcióra. Egyrészt társadalmi kapcsolatrendszerünkben hasznosíthatjuk a tőlük tanultakat, a velük megszokott kötetlen társalgási stílust a „valós életbe” átmentve, természetesebben, kevesebb gátlással kommunikálunk embertársainkkal. Másrészt viszont *elmélyíthetik a digitális írástudók és írástudatlanok közötti tátongó szakadékot, illetve magát a kommunikációt idegeníthetik el.* Szélsőséges „ágens-függő” esetekben az is előfordulhat, hogy a felhasználónak az a (tév)képzete támad, hogy az antropomorf gépi entitásokon kívül senki másra nincs is már szüksége.

6.2.2 Oktatás

Az elektronikus oktatás terjedésével megjelentek a virtuális osztálytermek, és a virtuális osztálytermeinkben az ágens-segédtanárok. Természetesen *nem rendelkeznek a szakképzett pedagógusok képességeivel és tudásával (nem az a rendeltetésük, hogy őket helyettesítsék), viszont – a tananyagot több diákhoz eljuttatva – megkönnyítik z adminisztrációt, elvégzik az aprómunkát.* Így a tanárok tudnak a(z) életre nevelési kérdésekre koncentrálni. A tanulót segítik eligazodni a világhálón és hozzájárulnak ahhoz, hogy kiszűrje az értékes információt a végtelennek tűnő és egyre csak terebélyesedő adathalmazból. Valamint (akár a hivatalos oktatási időn kívül is) elősegíthetik a diákok számára szimpatikusabb, interaktív, csoportos tanulást.

⁴⁶ Ez a tendencia különösen az autonóm, mobil robotok és azok rajszerű csoportjai esetében lesz egyértelmű. Az ipari robotoknál ugyan kisebb mértékben, de további fejlődésüket szintén alapvetően befolyásolja. (Az a tény sem a véletlen műve, hogy több ágenskutató, például a brüsszeli szabadegyetemen dolgozó rajintelligencia-úttörő Marco Dorigo robotokat is fejleszt.)

⁴⁷ Számítógépes játékokról bővebben: *Online közösségi játékok mélyfúrás.*

6.2.3 Szórakozás

Az ágenstechnológia a szórakozást és a szórakoztatóipart (filmkészítés, televízió, színház, zeneipar, stb.) egyaránt megváltoztatja. Ágensek hatására részben automatizálódnak korábban csak az ember által kivitelezhetőnek hitt művészeti tevékenységek, például a zenegenerálás⁴⁸. A felhasználó több időt tölt online táblás és kártyajátékokkal, amelyekben különböző botok az ellenfelei. Ha „lövöldözni” vagy titkos küldetésbe akar bonyolódni, szintén gyakrabban fog ágensekkel és multi-ágens rendszerekkel érintkezni.

6.3 Gazdasági hatások

Az ágensalapú rendszerek az embernél könnyebben igazodnak a hektikus piaci mozgásokhoz, az állandóan változó viszonyokhoz, az üzleti élet komplex struktúrájához. A kereskedelmi, pénzügyi és ipari szféra különböző területein jutnak a jelenleginél fontosabb szerephez.

6.3.1 Ágens-alkalmazások a gazdasági életben

A következő alkalmazási megoldások továbbfejlődése, illetve megjelenése várható:

- piacterek monitorozása,
- online aukciók,
- virtuális tőzsde bróker-ágensekkel,
- ipari tevékenységek magasabb szintű automatizálása.

6.3.2 Biztonságosabb elektronikus kereskedelem

Kiépülnek az érintett honlapokat felkutató, monitorozó rendszerek, amelyek könnyen kiderítik, mivel foglalkozik az adott oldal. Kulcsszavak alapján kutatnak, s hasonlítják össze a „látottakat” az e célra létrehozott, megbízható kliensek/partnerek közös adatbázisával. Rögtön jelzik, ha gyanús aktivitást tapasztalnak. Gondoskodnak arról, hogy az árverés ne legyen átverés: a hirdetési piacon is elterjedő, az esetek jelentős részében mobiltelefonon bonyolított online aukciókon az IP-cím beazonosításával könnyen leleplezik az árfelhajtó licitálókat.

7. Hazai helyzet

7.1 Jelenlegi helyzet

A kilencvenes években indult hazai ágenskutatótást elsősorban a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézete (SZTAKI), néhány felsőoktatási intézmény (ELTE Informatikai Kar, BME, Pannon Egyetem, stb.) és

⁴⁸ Az ágensalapú zenegenerálás úttörője a korábban a Sony párizsi laboratóriumában dolgozó zeneszerző és -kutató Eduardo Reck Miranda (Plymouth Egyetem, <http://neuromusic.soc.plymouth.ac.uk>): ChaoSynth rendszerének entitásai hangszintetizátorral, speciális hallókészülékkel, memóriával és előadói szkripttel rendelkeznek. A rendszer az utóbbi segítségével kíséri figyelemmel az adott ágens más ágensekkel folytatott kommunikációját. Az ágensek feldolgozzák szintetizátoraik paramétereit (elsősorban a hangmagasságot és időtartamot), majd egymásnak lejátszzák azokat. A memória egyrészt raktározza a dalok repertoárját, másrészt rendelkezik azzal a képességgel is, hogy a hallott hangot összehasonlítsa a saját repertoárjában lévőkkel. A statisztikai, hallást/hallhatósági küszöböt növelő paraméterek választéka teszi lehetővé az ágenseknek, hogy viselkedésüket a másolandó célhoz idomítsák. Mert, ha valamelyikük „hall” ugyan egy hangot, az még egyáltalán nem jelenti, hogy annak pontos utánzására szintén képes lenne. Első lépésben már csak azért sem, mert tevékenységi körük motorikusan korlátozott. Ugyanakkor, motorikus adottságaik is alkalmazkodnak, tehát bizonyos idő elteltével egyre ügyesebben utánozzák a repertoárjukban már meglévőkhöz hasonló hangokat. Úgy tartják nyilván dalaik népszerűségét, hogy memorizálják, hány más ágens utánozta sikeresen azokat. Ha csak egy utánzó utasította vissza, de a többi elfogadta, akkor „talomba teszik” a dalt. A többszörösen elutasítottakat vagy törlik, vagy permutációikkal, azaz voltaképpen új dalokkal helyettesítik. Tevékenységüket, együttműködésüket Miranda „adaptív játékok”-nak nevezi. Újdonságuk, hogy nem csak passzívan általánosítják a már létező zenei tudást, hanem az aktív zenegenerálást szintén képesek elsajátítani. Új zenei szubkultúra alakulhat ki így – virtuális zenészekkel, ágensek által alkotott számokkal, amiket talán robot-lemezlovasok játszanak majd le.

magáncégek (AITIA International Zrt, stb.) *fejlesztései jelentik*. Az első itthoni ágensalapú programozás konferenciát (HUNABC '98) 1998-ban szervezték, melynek sikerét mi sem jellemzi jobban, hogy cikkeit a Springer tudományos kiadó publikálta.⁴⁹ Az eddigi eredmények biztatóak, a magyar kutatók munkái nemzetközi szakmai körökben is ismertek és sikeresek.

7.2 Kutatások, fejlesztések és a várható fejlődés

Mivel a technológiai alapok, alkalmazások és a fejlődés iránya megegyeznek a fentebb bemutatottal, a hazai helyzetet elsősorban a szerteágazó kutatások és fejlesztések szemléltetik.

7.2.1 SZTAKI

A SZTAKI-ban folyó ágenstechnológiai kutatásokat a Rendszerfejlesztési Osztály (Varga László Zsolt, <http://www.sztaki.hu/reszleg/RFO>), az Elméleti Számítástudományi Kutatócsoport (Csuha Varjú Erzsébet, <http://www.sztaki.hu/tcs>) és a Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratórium (Monostori László, Váncza József, <http://www.sztaki.hu/reszleg/EMI>) munkái határozzák meg.

A **Rendszerfejlesztési Osztály** kutatói abból indulnak ki, hogy a sokféle és gyorsan változó felhasználói igényeket kielégítő, elosztott internetes rendszerek fejlesztését nagymértékben elősegítik a komponens- és ágens-alapú számítási módszerek. Főcéljuk elosztott és heterogén rendszerek intelligens együttműködését elősegítő meta-modellezési módszerek és eszközök alkotása a következő területeken:

- Java komponensek,
- egészségügyi rendszerek,
- intelligens ágensek.

Ágenskutatásuk célkitűzése olyan interfésztechnológia fejlesztése, ami lehetővé teszi, hogy egy adott internetes információforrás ágens interfészen keresztül is elérhető legyen.⁵⁰ Magyar partnerekkel (Országos Széchenyi Könyvtár, T-Systems Dataware, AITIA) valamint az Agentcities kezdeményezés Ágensek és Web Szolgáltatások munkacsoportjával dolgoznak együtt. A Rendszerfejlesztési Osztály képviseli a SZTAKI-t az AgentLink EU kiválósági hálózatban, tartja a kapcsolatot, és együtt dolgozik az európai ágenskutatási központokkal. A KFKI Számítástechnikai Rt-vel és a BME-vel közös Sintagma (Szemantikai Integrációs Technológia Alkalmazása Grid-alapú, Modell-vezérelt Architektúrákban) projekt olyan – fogalmi szintre is kiterjedő, elosztott, grid architektúrában működő, virtuális adatbázis kezelésen alapuló – új információintegrációs technológia kialakítását és kísérleti alkalmazását célozza, amely lehetővé teszi a legkülönbözőbb típusú információk egységes és együttes kezelését, és ezzel az informatikai alkalmazások egymás közötti és használóikkal folytatott kommunikációjának szemantikai hibáktól mentes, hatékony megvalósulását.⁵¹

A **Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratórium** tevékenysége olyan technikák létrehozására vonatkozik, amelyek alkalmasak a változó, bizonytalansággal terhelt környezetben működő, összetett műszaki és gazdasági rendszerek kezelésére, különös tekintettel az informatika, a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás legújabb irányzataira. Főbb kutatási területeik a következők:

⁴⁹ László Gulyás, Gábor Tatai (szerk.): Proceedings of the 1st Hungarian National Conference on Agent-Based Computing (HUNABC '98). Springer Budapest, 1999.

⁵⁰ Ezeknek a technikáknak a támogatására fejlesztett eszközeik az infrastruktúra kategóriában 2003-ban első díjat nyertek az első Agentcities Ágenstechnológia Versenyen és Kiállításon.

⁵¹ A Rendszerfejlesztési Osztály a technológiának az ágens, szöveg és web szolgáltatáshoz kapcsolódó részével, valamint az általános elosztott grid architektúrájával foglalkozik.

- műszaki és gazdasági folyamatok és folyamatláncok modellezése, irányítása és optimalizálása,
- összetett rendszerekben bekövetkező változások és zavarok kezelése,
- kiterjesztett vállalatok és termelési hálózatok ágens-alapú modellezése,
- nagyméretű műszaki-gazdasági rendszerek szimulációja, digitális vállalatok.

Jelenlegi projektjeik közül a több uniós partnerrel közösen jegyzett Azonosító-alapú termékkövetési- és webszolgáltatások KKV-k számára (TraSer, <http://www.traser-project.eu>) keretében a változó hálózatokban, beszállítói láncokban résztvevő vállalatoknak fejlesztenek, tesztelnek és dokumentálnak újszerű, nyílt forráskódú megoldásokat termékek és adataik nyomon követésére.

Az **Elméleti Számítástudományi Kutatócsoport**⁵² célja kifinomult matematikai és számítástudományi eszközökre alapozott formális modellek fejlesztése, melyek alkalmasak multi-ágens architektúrák, (autonóm) ágens közösségek viselkedésének leírására, kényelmes és hatékony eszközöket nyújtva ezzel e rendszerek számítási képességeinek, alkalmazhatóságának és hatékonyságának tanulmányozására. Kutatásaik kiindulópontja a grammatikarendszerek elmélete, a formális nyelvek tudományágának egyik, osztott rendszerek leírására is alkalmas irányzata. Az elméletet felhasználva igyekeznek a formális nyelvek eszközeit az informatika nem hagyományos területein, mint például a molekuláris számítástudomány alkalmazni.

7.2.2 Beszélgető botok, érzelmi információfeldolgozás

Az **AITIA** (Tatai Gábor, Tatai Péter, Gulyás László, <http://www.aitia.hu>) meghatározó szerepet játszik az innovatív, mesterséges intelligenciával, távközléssel és internettel kapcsolatos K+F-ben. Ezeken a területeken végez alkalmazott informatikai fejlesztéseket, melyek közül – ágenstechnológiai szempontból – az érzelmi információfeldolgozás legújabb eredményeinek figyelembevételével készített virtuális interfészek a legjelentősebbek. Jelenlegi (és fejlesztési stádiumban lévő) beszélgető botjaik internetes portálba épített csevegő partnerként, információs terminálba integrált virtuális asszisztensként, valamint internetes, vagy intranetes E-learning rendszerekhez csatolt tanító botként egyaránt funkcionálnak (majd). A Vásárlói Információs Kioszk (VIKI) az első magyar virtuális asszisztens 2005. decemberben kezdte meg működését a Duna Plaza-ban.⁵³

A veszprémi **Pannon Egyetem Műszaki Informatika Karának Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszékén** (Benkő Attila, Sík Lányi Cecília, <http://www.knt.vein.hu>) virtuális terápiában (de idegennyelv-oktatásban is) alkalmazható beszélgető ágensen dolgoznak. Az animált fej arcjátékával öt érzelmet (boldogságot, szomorúságot, nyugtalanságot, dühöt, undort) képes kommunikálni a felhasználó felé.⁵⁴

Az érzelmi információfeldolgozáshoz kapcsolódik a holland Twente Egyetemen dolgozó Ruttkey Zsófia (<http://www.home.cs.utwente.nl/~zsofi>) szociális felhasználói felületekre fókuszáló – különböző művészeti ágakkal (film, videó) is összefüggő – munkássága. Számítógépes arcokon igyekszik reprodukálni az emberén megjelenő érzelmeket. Célja nem

⁵² Korábban Multi-ágens Rendszerek Modellezése Kutatócsoport.

⁵³ Hatalmas érintőképernyős kioszkban elhelyezkedő szoftverágens (chatbot) beszél a vásárlókhöz, tájékoztatást ad az üzletekről, útbaigazítja és szórakoztatja őket, vásárlásra vonatkozó információkat közöl velük. A felhasználók a kioszk plazma-érintőképernyőjén keresztül, menürendszer segítségével tájékozódhatnak a központ üzleteiről, kínálatáról, napi akcióiról.

⁵⁴ A beszélgető botok hazai terjedését jól szemlélteti, hogy (az AITIA, a Pannon Egyetem és egyéb projektek mellett) 2007-ben Magyarországon is munkába állt Anna, az IKEA virtuális bolti eladója (http://t.bp.artificial-solutions.com/ikea_hu).

tökéletesen élethű külsejű (*fotorealisztikus*) „virtuális ember” létrehozása, hanem olyan ágensé, amely a korábbi felhasználói felületekkel szemben hozzánk hasonló módon, szociális szokásoknak is megfelelően kommunikáljon a képernyő előtt ülő, vagy akár a mobiltelefonját használó emberrel.

Szintén a filmiparhoz (szimuláció, digitális klónozás) kapcsolódik a jelenleg a SZTAKI Virtuális Ember Interfész Csoportját (<http://www.vhi.sztaki.hu>) és a virtuálisvalóság-technológiák orvosi-pszichológiai alkalmazásaival foglalkozó Cyber Care Clinique-et (<http://www.virmed.net>) vezető Takács Barnabás korábbi (a kaliforniai Virtual Celebrity cég kutatási igazgatójaként kifejtett) tevékenysége, amely az 1999-es digitális Marlene Dietrich modellben kulminált.⁵⁵

7.2.3 Ágens-alapú modellezés

A nagyközönség által is megismert első hazai ágens-alapú szimuláció az AITIA vBroker virtuális tőzsdejátéka volt. Azért számított különlegességnek, mert – más tőzsdejátékoktól eltérően – a résztvevők nem adott, egy bizonyos piac, vagy a játék szervezői által diktált árfolyamokon, hanem több ezer kereskedő- és pár tucat piacvezető-ágenssel egyetemben, a kialakuló keresleti és kínálati viszonyokat követő, a valós piacot hűen szimuláló modell keretein belül kereskedhettek.

A cég Multi-ágens Szimulációs Csoportjának rendeltetése, hogy a számítógépes szimuláció módszereit komplex szociális rendszerekben alkalmazza. Munkáik bonyolult gyakorlati problémák megoldásától, a szociális szimulációs eszközök fejlesztésén, (különös tekintettel az ágens-alapú szimulációkra) a számítógépes szimulációk módszereinek finomításán át a témával foglalkozó oktatási anyagok készítéséig terjed.

Az AITIA támogatásával létrejött ELTE **IKKK Szimulációs Központ**ban létrehoztak egy kifejezetten ágens-alapú modellezést szolgáló programnyelvet, (Functional Agent Based Language for Simulation, FABLES) és egy webes szimulációs keretrendszert (Multi-Agent Simulation Suite, MASS). Jelenleg társadalmi folyamatok ágens-alapú szimulációjával és emergens jelenségekkel foglalkoznak.

Az **ELTE TTK Biológiai Fizika Tanszékét** (<http://angel.elte.hu>) vezető Vicsek Tamás és munkatársai kollektív viselkedésmo- dell-szimulációkra használják az ágenstechnológiát – a csoportos emberi viselkedés (például mozgás, vastaps, pánik) rend és rendezetlenség problematikáján keresztül történő kvantitatív szintű megértésére törekcszenek.⁵⁶

7.2.4 A várható fejlődés

Az ágenstechnológiák magyarországi elterjedésének jövőjére nézve biztatóak ezek az állami és magánprojektek. Egyre több hazai fejlesztésű „magányos” ágenssel szembesülünk, interdiszciplináris kutatások során gyakr(abb)an fogják használni az ágens-alapú modellezést. Kognitív rendszerekről korai lenne még beszélni, de a mai csevegő botok megfelelő kiindulási alapot jelenthetnek hozzájuk. Ugyanakkor a nagyobb léptékű – és több pénzt igénylő – multi-ágens rendszerek, rajntelligencia-megoldások egy ideig minden bizsonnyal vártni fognak magukra.

⁵⁵ A Virtual Celebrity 1999. augusztusban Los Angelesben – Marlene Dietrich formájában – mutatta be technológiáját, mellyel képes a digitális klónozásra, azaz élethű ember-mások számítógépes grafikával való létrehozására, „éltre-keltésére”, mozgatására a filmvásznon vagy a tévében. Elhunyt színészeket lehet így „feltámasztani” és új filmekben, esetleg reklámokban szerepeltetni, vagy már nem élő zenészekkel klipeket, koncertfilmeket készíteni.

⁵⁶ Vö.: Vicsek Tamás – *Rend és rendezetlen*. Mindentudás Egyeteme, 2004 (<http://www.mindentudas.hu/vicsek/20040808vicsek.html>).

7.3 Befolyásoló tényezők és hatások

A befolyásoló tényezők és hatások megegyeznek az 5. és a 6. fejezetben leírtakkal, azzal a különbséggel, hogy a hatásokkal néhány évvel később fogunk szembesülni, ám ez a „szokásos” lemaradás nem lesz akkora, mint más területeken. Az uniós kutatásokban és fejlesztésekben való, az eddigieknél még nagyobb részvétel szintén ösztönző hatással lehet. Az ország tekintélyelvű konzervativizmusa és változásellenessége viszont negatív, hátráltató hatást fejthet ki.

8. Összegzés

Az ágenstechnológia és alkalmazásainak elterjedése jól szemlélteti, hogy egy, a számítástudományon túlmutató (részben filozófiai indíttatású) koncepció hogyan változtathatja meg az IT mellett az autonómiáról, interakcióról és egyes társadalmi jelenségekről vallott elképzeléseinket. Integráló szerepet tölt be – több tudományterület eredményeit közelíti egymáshoz.

A „magányos” ágensek tevékenységének következtében partnerszerűbbé válik az ember-gép kapcsolatot: érzelmi információfeldolgozásuk hitelesebbé, multi-ágens rendszerekben való fokozatos „szerepvállalásuk” hatékonyabbá teszi a számítógépekkel folytatott kommunikációt. Maguk a multi-ágens rendszerek egyelőre – és minden bizonnyal a vizsgált időszak egészében is – felettebb „buta” entitásokból állnak, kollektív tevékenységük viszont gyakran túlmutat az egyedek információkezelő képességének összességén, s így eredményesebbé válik a gépek közötti interakció.

A jövő egyik nagy (2018-on túlmutató) kérdése, hogy mikorra kivitelezhető a mai „magányos” ágensek intelligenciájával rendelkező vagy még intelligensebb entítások problémamentesen működő rendszerbe szervezése.

