Emergencia formális rendszerekben
TDK dolgozat

Nagy Attila
Debreceni Egyetem
Bölcsészettudományi Kar
Filozófia Intézet
Email: nagyat@dragon.klte.hu

Témavezető: dr. Mihálydeák Tamás
egyetemi docens

2000. december 28.

Formális rendszerekkel a XX. század tudománya a valós világ egy szeletét írja le. A valós világon itt eléggé szabadon a természettudományok és bizonyos esetekben a mindennapi élet valóságfogalmát értjük. A világ egy kiragadott részletét formális eszközök segítségével utánozzuk, modellezzük a könnyebb kezelhetőség érdekében. Homomorfiát (néhány radikálisabb nézeteket valló tudós izomorfiát) feltételezünk a rendszerben levezetett tételek és a valós igazságok között. Számolásra pl. az arab számjegyeket használjuk a műveletek elvégzésére vonatkozó szabályokkal együtt. Lényegesen egyszerűbb az iskolában tanult módszerrel összeszorozni papíron pusztán pár számjegy leírásával 23-at és 41-et mint 23-szor összegyűjteni 41 darab kavicsot, aztán megszámlálni egyesével az eredményt. A formális rendszer elég tágan értelmezve szimbólumok halmaza, melyekkel különféle szintaktikai műveleteket végezhetünk. A megfelelően kialakított rendszer azután megfeleltethető a valóság egy részével: valós objektumok leírhatók a szimbólumkészlettel és a valós események, változások szintén kölcsönviszonyban állnak a szintaktikai műveletekkel. Fentebbi példánkban mindennapi világunkban található mennyiségeket írtunk le számokkal, a mennyiségváltozásokat pedig a matematikai alapműveletekkel. Ebből a megközelítésből úgy tűnhet, hogy a formális rendszerek pusztán az ember számára szükséges szellemi mankók a világunkban való tájékozódáshoz és tevékenykedéshez. Merev, gépszerű eszközöknek tartjuk őket, melyek remekül használhatók a valós világ megragadásánál, de képességeik bizonyítottan határoltak és a valósággal való kapcsolatuk csak a megismerő, gondolati eszközöket használó ember műve. Jelen dolgozatban célunk annak megmutatása, hogy a formális rendszerek nem alacsonyabb rendűek a mi világunknál, hanem vele egyenrangúak, bár a legtöbb esetben jóval egyszerűbbek felépítésükben (nyilván a felhasználásuk miatt), de nem úgy képességeikben: értelmezhetők benne még az élet alapjelenségei is. Párhuzamos világok saját törvényekkel, melyek megfeleltetésbe hozhatók a természeti törvényekkel. Modellezésre is használhatók, de azok inkább a kivételes példák, annak ellenére, hogy legtöbbször így találkozunk velük. Mindig csak egy másik világba beágyazva (egy matematikus fejében, a számítógép memóriájában, papíron) léteznek, ez azonban önállóságuk tényén semmit nem változtat.

A vállalkozás távolibb és egyelőre kimondatlan célja annak belátása, hogy a logika és az információ törvényei a legalapvetőbb természeti törvények.

1 A formális rendszer fogalma

Nem árt az elején tisztázni, hogy mit értünk a következőkben a formális rendszer pontos fogalmán. A matematikai definíció szerint a formális rendszer egy véges abc-ből, azaz szimbólumok halmazából és átalakítási szabályokból áll. Egy átalakítási szabály az abc-ből képzett szavak halmazának önmagával vett Descartes-szorzatának egy eleme. A nem-matematikus fülnek ez ijesztően hangzik, pedig ez csak annak egzakt megfogalmazása, hogy a szabályok szópárokból állnak. A pár első tagja mondja meg mit lehet átalakítani, a második pedig hogy mivé. Például a (kutya, macska) szabály alkalmazásakor, ha egy szónak része a kutya szó, akkor kicserélhető a macska szóval. Ez gyakorlatilag egy igen egyszerű számítási modellnek felel meg.

Meg kell mutatnunk, hogy a megszokott, normális esetben formálisnak tartott rendszerek megfelelnek a fenti definíciónak. Ezt nagyban megkönnyíti az, ha bevezetjük a szabályoknak egy metaszintjét. Egy metaszabály átalakítási szabályok halmaza. Ha például egy szót szeretnénk zárójelbe tenni, akkor a fenti definíció értelmében az összes lehetséges szóhoz létezni kellene átalakítási szabálynak, amelyben az átalakítandó a szó maga, az átalakított pedig a bezárójelezett szó. Az átalakítási szabályok eme roppant hosszú sora helyett bevezetjük a nekik megfelelő metaszabályt, a zárójelezési szabályt. Ezek után nem teszünk különbséget egyszerű és metaszabály között, mivel a tárgyalás gondolatmenete nem épít erre az egyébként igen fontos szintváltásra. Pusztán elhanyagolható technikai és nem elvi különbségnek tekinti, hiszen egy átalakítási szabály is tekinthető metaszabálynak, valamint a metaszabály mindig helyettesíthető -esetleg végtelen számosságú- szabályhalmazzal.

A logikai bizonyítás formális rendszer mivoltát nem nehéz belátni: minden következtetést először a természetes nyelvről lefordítunk egy formális nyelvre, s az így nyert szimbólumfüzért valamely bizonyítási módszernek megfelelően addig alakítjuk, amíg valamilyen azonosan igaz formulát nem kapunk. Természetesen nem egészen úgy járunk el, hogy állandóan részszavakat keresünk és cserélünk ki, mert pl. akkor a De Morgan szabályoknak is végtelen sok alakjával kellene dolgoznunk (külön A-val és B-vel illetve C-vel és D-vel stb.), hanem metaszabályoknak megfelelő szabálysémákat alkalmazunk. Hasonlóképpen belátható ez a matematikai műveletvégzésre is (talán még a geometria is kezelhető ilyen módszerrel).

A számítógép is leírható ezzel a számítási modellel. Vegyük a számítógép memóriáját egy nagyon hosszú szimbólumfüzérnek (az egyes memóriacellák felelnek meg a szimbólumoknak). A processzor nem csinál mást mint ezt a nagy sztringet alakítgatja megfelelő szabályok szerint. Ha a sztringenk éppen azt a részét írja át, amely a képernyő memóriaterületének felel meg, akkor valami változást látunk a képernyőn. (A fenti formális rendszer definíció gyakorlatilag – csak a számítás végét jelző zárószabályokat kell még hozzátenni – azonos a Markov-féle normál algoritmussal, ami ekvivalens a Turing-géppel. Az egyezés tehát matematikailag is bizonyított.)

Ezek után formális rendszernek az itt leírt matematikai definíció által meghatározott rendszereket nevezzük, valamint azokat, melyek visszavezethetők rá.

2 Az emergencia fogalma

A klasszikus megfogalmazás szerint az egész mindig több mint a részek összessége. Az elemek kölcsönhatásából új, pusztán az elemi részek tulajdonságaiból nem következő tulajdonságok keletkeznek. Az atom több mint pusztán elektronok, protonok és neutronok halmaza. A molekula számos olyan tulajdonsággal bír, ami nem jellemző egyetlen atomjára sem. Az élő sejt sem egy rakás különböző molekula, éppúgy az élő szervezet sem csak egy gigantikus sejthalom. Mindegyik szerveződési szint olyan új jellemzőkkel bír, melyek nem láthatók az alsóbb szerveződési szinteken. Az új tulajdonságok előbukkannak, kiemelkednek az alsóbb szintből (innen az elnevezés). Szintek hierarchiája jön létre, ahol az egyes szinteket azok entitásaival azonosíthatunk. A mai tudomány is ezen hierarchia mentén jön létre, bár ott a szintátlépések már annyira nyilvánvalóak, hogy nem beszélünk emergenciáról. Más esetekben már a szintek közötti átjárás lehetősége is szüntelen viták tárgya – elég csak utalnunk a gondolkodás történetén végighúzódó test-lélek problémakörre – ahol a kérdés igazából már nem is kezelhető tudományos eszközökkel, így az emergencia fogalmának bevezetése azt megragadhatatlan metafizikai fogalommá tenné. Néhány új kutatási témában azonban a fizikában, biológiában, a pszichológiában és néhány interdiszciplináris területen mint a kognitív tudomány, a mesterséges élet újra előkerül ez a fogalom. Különböző nem-lineáris dinamikájú komplex rendszerek tanulmányozásakor a figyelem éppen a magasszintű emergens tulajdonságokra összpontosul. Kollektív viselkedés, egyszerű lokális szabályokon alapuló interakciók révén létrejövő globális jelenségek, igazi emergencia, egyszerűből létrejövő bonyolult jelenség – gyakran elhangzó kifejezések ezekben a kutatásokban. Az egyik legszebb példa a V-alakban repülő vándormadarak esete, ahol nyilvánvalóan az egyes egyednek nincs semmilyen tudása a V alakról, hanem egyszerű szabályok szerint tartja a távolságot a közvetlen szomszédaival. Az együttes viselkedésből pedig szépen kibontakozik a repülési forma. (Természetesen nem állítható teljes bizonyossággal, hogy a vadludaknak nincsen semmilyen tudása a repülési alakzatról, de az biztos, hogy ilyen tudás nem szükségeltetik annak létrejöttéhez. Számítógépes kísérletek megmutatták az egyszerű szabályok elegendőségét: virtuális madarak vonulása során egyszerű távolságtartási szabályok révén létrejött a stabil V-alak, sőt akadály kikerülése esetén ideiglenes felbomlás után újra összeállt.[9])

2.1 Emergencia és redukcionizmus

Miben különbözik az emergencia a redukcionista felfogástól? A redukcionizmus felfogásában a teljes egész megérthető, ha megértjük annak részeit, azaz a felsőbb, bonyolultabb szint teljesen magyarázható valamely alsó szint ismeretében. Itt is szintátlépésről van szó, mintha ugyanannak a valaminek a két vége lenne, mi akkor a különbség? A kérdésre két válasz van.

1. A haladási irány különböző. A redukcionizmus valami felsőbb szinten lévő entitásból indul ki - tipikus kérdés az emberi gondolkodás visszavezethetősége a neuronsejtek működésére, illetve így az anyagi törvényekre - s onnan próbál meg eljutni a megcélzott alsó szintre. Egyfajta felülről lebontás ez, amely gyakran a szintek könnyelmű átugrásához vezeti a gondolkodást, mivel legtöbbször ismerjük azt a szintet (pl. a fizikait), ahol a redukcionista magyarázat célba érhetne. Az emergens jelzőt ezzel szemben akkor alkalmazzuk, ha egy szint vizsgálatakor valami új, felsőbb szerveződési szint keletkezik.

2. A redukcionizmus csak az alsó szint létezését állítja. Az igazi redukcionista azt mondaná, hogy csak az elemi részecskék léteznek, hiszen minden visszavezethető erre. Ezen felfogás következményei rendszerint félelmet ébresztenek bennünk emberekben, hiszen legalapvetőbb tapasztalatunk szerint saját tudatunk, énünk az valami egészen más mint anyagi világ. A gépek működése gond nélkül visszavezethető a fizikai törvények által vezérelt anyagi világra. Nem szívesen vesszük a gépekkel való összehasonlítást sem, tegyük hozzá: teljes joggal. Nem akarunk ontológiai közösséget vállalni az élettelen dolgokkal, sem a gépekkel, de még az alacsonyabbrendű állatokkal sem, a redukcionizmus pedig valami ilyesmit állít: minden visszavezethető ugyanarra. A probléma az, hogy a redukcionista megközelítés nem állítja a felsőbb szintek létezését, míg emergensnek nevezett jelenségeknél az új szintet valami új entitás képviseli, amely hordozza az új emergens tulajdonságokat. [2] Filozófiai megfogalmazásban a létrejövő szintnek független ontológiai léte van. Az alatta lévő szintből kiemelkedik a léte, de a még alsóbb szintektől egyáltalán nem függ. Elképzelhetünk molekulákat, amelyek atomjai becsületes atomokhoz illő tulajdonságokkal rendelkeznek, de nem elektronból, protonból és neutronból, hanem más elemi részecskékből épülnek fel. A molekulákat ez már nem zavarná, s ez teljesen lerombolja a redukcionista megközelítést, hiszen nem lehet már az elektronra és társaira visszavezetni a molekulák létét. Pontosabban vissza lehet vezetni, de vissza lehet több lehetséges alkotóelem típusra is. (Ily módon az is előfordulhat, hogy a rész több mint az egész,

mert nem minden funkció szükséges a felsőbb szint létrejöttéhez, de ez természetesen nem befolyásolja a gondolatmenetet.) Az emergencia fogalmának következetes használata feloldhatná az anyagi és a szellemi létező közti ellentétet, hiszen minden szint önálló létezése és a hierarchikus egymásraépülés fényt derít arra, hogy minden duális felosztás durva egyszerűsítés és félreértés. Minden dolog a maga szintjén vizsgáltatik, így nem kerül egy kalap alá az emberi elme és egy kődarab.

A redukcionizmus és az emergencia viszonyának leírására létezik egy érdekes gondolatmenet. [6] Az emergencia akkor jelent magyarázatot, amikor a redukcionista levezetés kezelhetetlenül hosszúvá válik, ahol a kezelhetetlen hosszúság akár gigantikus méretű is lehet. Nehéz lenne egy autó motorjának működését az elemi részecskék szintjén megragadni. Ellenben ha alkatrészekben, hengerekben, dugattyúkban, tengelyekben gondolkodunk, akkor igen egyszerűen magyarázható a motor működése.

3 Egy teljes világ teremtővel

Az eddigi leghíresebb példa az életjáték (Game of Life). A 60-as években alkotta meg szabályait a matematikus John Horton Conway. Célja egy olyan rendszer megalkotása volt, amely a lehető legegyszerűbb szabályok segítségével bonyolult jelenségeket képes produkálni. Hosszas keresgélés után sikerült neki. A konstrukció igen egyszerű: egy négyzetrács minden eleme két állapotot vehet fel, lehet élő és lehet halott (vagy fehér és fekete). Szabályból három van:

- Egy cella a következő időpillanatban élő lesz, ha pontosan 3 élő szomszédja van.
- A cella állapota nem változik, ha 2 élő szomszédja van.
- Minden más esetben a cella halott lesz.

Ezekből az egyszerű szabályokból meglepő események következnek. Nem lehet megmondani egy tetszőleges konfigurációról, hogy elhal vagy ellenkezőleg, kaotikus burjánzásba kezd. Vannak olyan konfigurációk, melyek a négyzetrácson valamely irányban mozognak. A mozgás nincs benne a szabályokban, csak lehetővé teszi annak felbukkanását. Vannak olyan objektumok, melyek minden feléjük közeledő alakzatot "megesznek". Játékos emberek ágyúkat, nagy űrhajókat szerkesztettek ebben a különös világban, de ami a legfontosabb, önreplikálásra alkalmas alakzat is létrehozható, csak éppen a világ szélsőséges egyszerűsége miatt már csak nagyon nagy méretű négyzetrácson lenne képes fejlődni.

Természetesen gond nélkül megmutatható, hogy ez a világ is megfelel a formális rendszer definíciójának. Csak a négyzetrácsot kell átalakítanunk nullák és egyesek hosszú sorává.

4 Fejlődőképes világok

Egy világ alkalmas lehet az élet befogadására, de nem mindegyik képes erre. Conway két évet töltött az életjáték egyszerű szabályainak keresésével. [9] Próbálkozott más szabályokkal, de mind gyors elhaláshoz vagy robbanásszerű túlszaporodáshoz vezetett. Úgy néz ki, hogy az életjáték a lehetséges kétdimenziós négyzetrács-világok lehető legjobbika [4]. Nem mindegyik világ képes életszerű jelenségek befogadására, de ez nem a világ fizikai illetve formális voltától függ. Elképzelhetünk egy olyan fizikai világot melyben a különböző konstansok és törvények nem teszik lehetővé egy önreplikálásra képes makromolekula létrejöttét, viszont egy formális rendszer szabályai is lehetnek "életre hangolva". Az élet absztrakt lényegének keresése pontosan azok után a jellemzők után kutat, melyek egy világot életre alkalmassá tudnak tenni.

Nem ismerjük azokat a jellemzőket, melyek lehetővé teszik az élet alapjelenségeinek (önreplikálás, anyagcsere, önszabályozás ...) megjelenését egy világban, nem tudjuk hogyan történt az első lépés. A földi biztosan ilyen, hiszen itt van élet. Biztosabb a tudásunk az élet fejlődéséről, ha az alapjelenségek már jelen vannak. Ha az önreplikáció képessége, a variálhatóság, a megfelelő bonyolultságú környezet véges erőforrásokkal mind adottak, akkor az evolúció folyamata szükségszerűen beindul. Ha ezek egy formális rendszerben léteznek, akkor az evolúció ott is működik.

Képzeljük el a következő világot a számítógépben! A földi élet analógiájára az energiát adó napfénynek a processzor számítási ereje felel meg. Számítási erőn a formális műveletek végrehajtási képességét értjük. Az élőlények programok, melyeknek erre az energiára van szükségük a működéshez és a szaporodáshoz. Az utód létrehozása során a program saját utasításait másolja le a memória egy másik tartományába. Az élettér ily módon a számítógép memóriája, amely csak véges méretű helyet biztosít az élőlényeknek így a térért is élet-halál harc folyik. Egy idő után a programok csak a másik program felülírásával tudnak utódot létrehozni. A programok szaporodása tehát gyakorlatilag egy egyszerű másolás. A másolási folyamat során hibák történhetnek, melyek az utód megváltozását eredményezik. A változás lehet hasznos, aminek következtében eredményesebb lesz a létért vívott küzdelemben: gyorsabban képes utasításokat másolni, képes más programok szaporodását megakadályozni, stb. Ezt nevezzük természetes szelekciónak a biológiában. Annak érdekében, hogy több energiához jussanak számítási feladatokat végeznek. A megoldandó komputációs feladatok jelentik a környezetet, amelyhez a programnak alkalmazkodnia kell. Több különböző feladathalmazzal akár az ökológiai fülkéket is implementáhatjuk. Teljesen nyilvánvalóan egy nem túl bonyolult formális rendszerrel van dolgunk, a fejlődőképesség azonban bizonyítottan jelen van. Kutatások eredményei egyelőre azt mutatják, hogy nincs elvi határa a fejlődésnek, az evolúció akár az intelligens élőlények létrejöttéig is eljuthat. Csak erős processzorok és nagy memória kell hozzá. [1]

4.1 Modell vagy valóság?

Az eredeti kiindulásunk szerint formális rendszerekkel mindig a valóság egy szeletét modellezzük. Mennyiben számít modellnek a fönt leírt digitális ökoszisztéma?

A modell mindig csak a leírandó jelenség folyamatainak, tulajdonságainak valamely részhalmazát veszi figyelembe. Egyszerű gondolatkísérletként vegyük például az élet egy lehetséges vizuális modelljét. Ma már léteznek olyan programok, melyek akár egy trópusi esőerdő teljesen élethű, mozgó képét képesek előállítani annak minden állatával és növényével együtt. Billentyűzetről irányítva tetszés szerint mozoghatunk bármely irányba, s minden lépésnél az élővilág hihetetlen sokfélesége tárul a szemünk elé. Halljuk a rovarok zümmögését, a különféle madárhangokat, még a vízcseppek csöpögését is. Eközben persze nem történik más, mint hogy egy emberi léptékkel mérve viszonylag bonyolult algoritmus a másodperc töredéke alatt grafikus processzorok tömkelegét izzasztva generálja a következő képkockát, kiválasztja a képhez illő lejátszandó digitális hangmintát, azaz bitek hosszú sorozatát alakítgatja, mozgatja ide-oda a memóriában. A modell megalkotása során mintaszerűen jártunk el, kiemeltük az élet néhány jellegzetességét: egész pontosan annak forma, szín és hangvilágát. Az eredményül kapott modell azonban csak virtuális valóság, fake life, ügyes utánzat. A képernyőn megjelenő fa egyszerűen nem él, akárhogyan is alkotjuk meg az élet fogalmát.

Mi a helyzet a digitális élőlényekkel? A számítógép memóriájában lezajló evolúció szintén csak hamis utánzat? Ha nem, akkor mivel magyarázható a különbség? Természetesen nem elég utánozni valamit, hanem pontosan azt és pontosan úgy kell csinálni, ugyanazt az elvet kell felhasználni. Nem mindegy tehát, hogy mely jellegzetességeket emeljük ki. Ha nem az alapelveket ragadjuk meg, akkor csak hamis utánzatot kapunk. A virtuális erdei séta megjelenítésekor a fény illetve a geometriai törvényei alapján működő algoritmust használtunk. Klasszikus példának számít a mesterséges repülés problémája. A repülés elve a felhajtóerő, melyet a repülőgép szárnya ugyanúgy használ mint a madaraké. Az eldobott kő ezzel szemben "repülésre" a kezdeti lendületét használja, s így a szó igazi értelmében véve nem repül. Ezek szerint az élet létrejöttéhez a formális rendszerekben arra van szükség, hogy az élet princípiumait alkalmazzuk bennük.

4.2 Az élet alapelvei, avagy a működő funkcionalizmus

Az életet definiálni próbáló gondolatmenetek általában egy tulajdonságlistához jutnak el: szaporodás, fejlődés, anyagcsere, válasz az ingerekre, sérülés kijavítása. [11] Nem nehéz olyan programokat írni, melyek megvalósítják ezen funkciók valamely részhalmazát. Fennáll azonban a veszélye annak, hogy az eredmény újra csak utánzás lesz. Ilyen értelemben jogosak a funkcionalizmust érő bírálatok a mesterséges életre is, hiszen teljesen nyilvánvalóan a mesterséges élet alapfeltevése a funkcionalizmus implementációfüggetlensége. A klasszikus kritika Searle kínai szobája. [12] A dolog itt is a hamis utánzáson bukik el, hiszen egyáltalán nem biztos, hogy az emberi elme idegennyelvű szöveg megértésénél ha-akkor típusú szabályokat alkalmaz. A szimbólummanipulációs rendszer nem a megfelelő elvet alkalmazza, ettől lesz hamis a másolat, nem pedig a szimbólummanipuláló rendszerek elvi képtelensége folytán.

Ezek szerint az, hogy az önreplikáló gépi kódú programokat élőlényeknek tekintjük attól függ, hogy az élet igazi elvét használják-e. Elképzelhető, hogy az élet kizárólag a szénatom tulajdonságain alapul. Ekkor az életet megvalósító formális rendszer alapvető szabályai a szénatomot írnák le, de ez a beágyazottság (pl. a számítógép a fizikai világban) miatt nagyságrendekkel lassabb lenne, s így csak halovány képét jelentené az eredetinek. Szintén lehet az élet alapja valami általunk ismeretlen életerő vagy teremtő erő. Ekkor az igazi elvet nem ismervén szükségszerűen tévúton járunk.

A jelenlegi elképzelések szerint az élet a következő funkcionális alapelemeken alapul: *önreplikálásra képes entitás, variálhatóság és variálódás, véges erőforrásokkal rendelkező és bonyolult környezet.* Ha ezek az élet princípiumai, akkor a számítógépben létrejött digitális populációt egy élő rendszernek kell tekintenünk, annak minden következményével együtt. Bár ebben a világban, ahol a fizika törvényei helyett a logika és az információ szabályai jelentik a természeti törvényeket, az élőlények a földi élővilág legegyszerűbb felépítésű képviselőinél is egyszerűbbek. Ezért nem érzi még az ember gyilkolásnak a számítógép leállítását.

4.3 A véletlen szerepe

A fejlődőképes formális rendszerek nagy része nem determinisztikus, szükség van arra, hogy valahol valamely változás véletlenszerűen menjen végbe. A digitális evolúció során a mutációk nem jöhetnek meghatározott sorrendben, valamiféle felsorolásként. Az életjáték egy teljesen determinisztikus konstrukció. Az alakzat időbeni kibontakozását nem igazán nevezhetjük fejlődésnek, hiszen a kiinduló állapotban ott van benne a folyamat végpontja is, míg egy nemdeterminisztikus modellben ténylegesen létrejöhet valami új a véletlen változások valamilyen szelekció által irányított szűréséből. Az életjáték is átalakítható könnyen igazán fejlődőképes rendszerré: a kozmikus sugárzás révén bekövetkező mutációk analógiájára ritkán meg kell változtatni szabályokon kívül egy cella állapotát.

5 Lehetséges ellenvetések és válaszok

5.1 Ellenérzések a formális rendszerekkel szemben. Miért?

Formális rendszerekkel rendszerint csak "kicsiben", azaz csak leegyszerűsített változataikkal találkozunk. Véges hosszúak az ember számára áttekinthető levezetések, ha más nem is, akkor a füzetlap vagy a tábla mérete korlátoz. Miután megtanultuk a logikai formulák igazolásának szabályait, gond nélkül tudjuk alkalmazni azokat rövid feladatok megoldása során. Az a logikai kifejezés, amely négy ítéletváltozót tartalmaz már viszonylag bonyolultnak mondható, és bizton állítható az, hogy senki sem szokott olyan logikai kifejezéseket vizsgálni, melyben mondjuk a K is szerepel ítéletváltozóként. Ahol a feladatok ilyen vagy ennél (jóval) nagyobb nagyságrendűek, ott a gép dolgozik. A szakértői rendszerek használatakor csak a végeredményt látjuk, azt is már csak formalizálatlanul. Egyszerűen nincs megélt tapasztaltunk a formális rendszerek tényleges működéséről. Az elv ismerete úgy látszik nem elég, kell a közvetlen tapasztalat ahhoz, hogy egy formális rendszer erejének jelentőségét felmérjük. Az ember gondolkodása ilyen. Bármennyire is képesek vagyunk általánosítani, gondolatban sokmindent átfogni, véleményalkotásunkat nagyon mélyről a körülöttünk lévő világ mindennapi tapasztalata határozza meg. Hasonlóképpen hihetetlennek, valószínűtlennek tartjuk az élet keletkezését a Földön, mivel az időtartamokról nagyságrendekben eltérő képünk van mint a geológiailag mért mennyiségek. A nagyon valószínűtlen eseményekhez pedig rengeteg idő kell. [3] Talán ha természettudományi tanulmányaink során állandóan csak az elemi részecskékkel foglalkoznánk, akkor ugyanúgy a fejünket ráznánk arra a feltevésre, hogy élet létrejöhet atomokat használva építőelemekként, mint ahogy ma nem hisszük az élet formális rendszerekben történő létrejöttének lehetőségét.

5.2 A kiszámíthatóság elvi és gyakorlati határai

Matematikailag bizonyított olyan problémák, függvények létezése, melyek algoritmussal nem oldhatók meg illetve nem számolhatók ki. Amikor az emberi gondolkodást vagy az élet jelenségeit próbáljuk elhatárolni (tudományos keretek között) a gépi algoritmikus működéstől, akkor nyilvánvalóan adódik a lépés, hogy ezeknek helyét a kiszámíthatatlanság tartományában jelöljük ki. Indokolt-e ez? A kiszámíthatatlanság tartománya trükkös matematikai konstrukciókkal van tele, melyek jórésze azért készült, hogy saját kiszámíthatatlanságát demonstrálja legtöbbször működőképtelenségének megmutatásával. Nem lenne-e méltóbb helye az életnek a működőképes, de igen bonyolult algoritmusok között, ahol a bonyolultság esetleg csak csillagászati számokkal mérhető?

Bajok lehetnek azonban a gyakorlati kiszámolhatóság kérdésével. Lehet, hogy az életfolyamatok megjelenéséhez szükséges kritikus bonyolultságot a mai számítógépekkel nem lehet elérni. Erre a kérdésre egyelőre nincsen válasz, de a probléma komolyságát valamelyest enyhíti a számítógépek töretlen teljesítménynövekedésének ténye.

5.3 Soros és párhuzamos működés

Minden ami párhuzamosan működik szimulálható sorosan is, legfeljebb nagyon lassan, de elvileg a párhuzamosítás nem bővíti a lehetőségeket. Így párhuzamosan is csak az oldható meg, ami sorosan is megoldható. Gond lehet azonban a nagyságrendekkel. Egy élő szervezet sejtek millióiból áll, melyek mind egyszerre működnek, sőt a sejtek alkotóelemeinek a működése is párhuzamos, és folytathatnánk a sort. Ha ezt a szervezetet vezérlő gigantikus méretű párhuzamos algoritmust átírnánk sorosra, akkor lehet, hogy az algoritmust leíró kód bele se férne az általunk ismert univerzumba, még akkor se, ha egy utasítást egyetlen atom írna le.

6 Nyitott kérdések, kitekintések

6.1 A valós világ mint formális rendszer

A formális rendszerek egyenrangúak a valós világgal, törvényeik, alkotóelemeik bonyolultsága eltérhet attól, de ez nem jelent elvi különbséget. Az előző állítás implikálhatja a következőt: a valóság nem más mint egy hatalmas formális rendszer, melyben a szimbólumok az anyag tovább nem bontható elemi részecskéi a szintaktikai szabályok pedig a fizikai törvények. [5] Ez egy merész hipotézis, amelyhez esetleg el lehet jutni a választott úton, de mi pont az ellenkező irányban haladtunk: formális rendszerekről mutattuk meg, hogy rendelkeznek a valós világban tapasztalható képességekkel.

6.2 Absztrakció és a létezés akarása

Az emberi gondolkodásnak természetes hajlamai vannak az általánosításra. Ez nem meglepő, hiszen ez egyfajta intelligencia-kritériumnak is tekinthető. Létezik azonban az elvonatkoztatásnak egy szélsőséges változata, túlhajszolt absztrakcióvágy: könyörtelenül lenyesni minden esetlegest, változót, csak a mindenre érvényes vázat megtartani. Matematikusok könnyen hajlanak az ilyen szellemi kicsontozásra, hiszen az ő tudományuk nagyjából erről szól. Hasonló dolgot csináltunk mi is az élettel az előző fejezetekben: megmutattuk az élet lehetőségét formális rendszerekben, miközben szükségszerűen megadtuk az élet absztrakcióját egészséges általánosítással. Engedjük most szabadjára az absztrakciót.

Mi kell az élet fennmaradásához? Önreplikátorok. Létezők, melyek újabb, hasonló létezőket tudnak létrehozni. Ezen a szinten csak ez látszik: szüntelen létrejövés. Sőt mi több, újabban egyre inkább nyilvánvalóvá válik, hogy a fizikai, kémiai rendszerekben vagy egyéb másmilyen, a kritikus bonyolultságot elérő rendszerben önszerveződő folyamatok indulnak be, amely folyamatok egyenesen vezetnek az önreplikáló entitások létrejöttéhez. [7][8] Mintha a lét lenne a legfőbb "érték", a komplexitás növekedése is csupán mellékhatása lenne annak a mozgásnak, hogy a létrejövés minél gazdagabb legyen.

Nagyon emlékeztet ez Nietzsche "a hatalom akarása" fogalmára, bár kicsit át kell írni: a létezés akarása.

"Ez a világ hatalmas erő, kezdet és vég nélkül, rendíthetetlen erőmennyiség, amely soha nem lesz se kisebb, se nagyobb, nem fogy el, csupán csak változik, egészként változatlanul nagy, kiadások és veszteségek nélküli háztartás, ám bevétele, nyeresége sincs ... sok erő és erőhullám játéka, emiatt felhalmozódik, amott kisimul, erők viharzó, örvénylő tengere, csillapul és árad, mindörökre beláthatatlanul sok éven át ismétlődik, apály és dagály váltakozik, a legegyszerűbb formákból a legbonyolultabbakat hozva létre, a legcsöndesebb, legridegebb, legmerevebb elemeiből csapva át a legparázslóbba, legvadabba ... Ez a világ a hatalom akarása – és semmi egyéb!"[10]

Az idézet önkényes kihagyásaiból is látszik, hogy a nietzschei gondolatvilágnak pusztán azon egyetlen elemével van kapcsolat, mely szerint egy vak erő alkotóvá válhat.

Hivatkozások

[1] Nagy Attila. Physis – the platform for digital evolution. http://physis.sourceforge.net. Programok digitális evolúciójának tanulmányozására használható szoftverrendszer.

[2] Frederik Stjernfelt Claus Emmeche, Simo Koppe. Explaining emergence. *Journal for General Philosophy of Science*, 1997.

[3] Richard Dawkins. *The blind watchmaker.* Longman, New York, 1986.

[4] Daniel C. Dennett. *Darwin veszélyes ideája.* TypoTEX, Budapest, 1998.

[5] Douglas R. Hofstadter. *Gödel, Escher, Bach.* TypoTEX, 1998.

[6] Ian Stewart Jack Cohen. *The collapse of chaos.* Penguin Books, London, 1994.

[7] Stuart A. Kauffman. *The origins of order - Self-Organization and Selection in Evolution.* Oxford University Press, New York, 1993.

[8] Stuart A. Kauffman. *At home in the Universe: The search for laws of self-organization and complexity.* Oxford University Press, New York, 1996.

[9] Steven Levy. *Artificial Life - report from the frontier where computers meet biology.* Vintage Books, New York, 1993.

[10] Friedrich Nietzsche. *Az értékek átértékelése*, pages 166–167. Holnap Kiadó, Budapest, 1994.

[11] Thomas Ray. Artificial life. ATR Human Information Processing Research Laboratories, Kyoto, 1995.

[12] John R. Searle. *Az elme, az agy és a programok világa*, pages 136–151. Osiris, Budapest, 1996.

Tartalomjegyzék

1 A formális rendszer fogalma **1**

2 Az emergencia fogalma **3**
2.1 Emergencia és redukcionizmus 4

3 Egy teljes világ teremtővel **5**

4 Fejlődőképes világok **6**
4.1 Modell vagy valóság? 7
4.2 Az élet alapelvei, avagy a működő funkcionalizmus 8
4.3 A véletlen szerepe 8

5 Lehetséges ellenvetések és válaszok **9**
5.1 Ellenérzések a formális rendszerekkel szemben. Miért? 9
5.2 A kiszámíthatóság elvi és gyakorlati határai 10
5.3 Soros és párhuzamos működés 10

6 Nyitott kérdések, kitekintések **10**
6.1 A valós világ mint formális rendszer 10
6.2 Absztrakció és a létezés akarása 11