FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

GYÁRTÓRENDSZEREK MODELLEZÉSE EGYES BIOLÓGIAI ANALÓGIÁK SEGÍTSÉGÉVEL

Bakos Levente

Konzulens: dr. Gyenge Csaba, egyetemi tanár

Abstract

Biological organisms and manufacturing facilities are both examples of complex systems that exist in changing environments. The purpose of this paper is to examine some possible analogies from nature and to discuss their relevance to engineering systems. The biological systems with their adaptive and self organising feature represent a challenging alternative to the present hierarchical manufacturing systems.

A biológiai szervezetek és gyártórendszerek, olyan komplex rendszerek, amelyek folyamatosan változó környezetben léteznek, és amelyek olyan fontos tulajdonságokkal rendelkeznek, mint az önszerveződés és az adaptivitás. A jelenlegi központosított, hierarchikus gyártórendszerek, determinisztikus modellre épülnek, 'a priori' megadott információkra alapoznak, és nem rendelkeznek az előbb említett fontos tulajdonságokkal.

Jelen dolgozatban olyan analógiákat mutatunk be, mint termékmodellezés és az evolúciós folyamat, a gyártórendszer és hangyaboly, gyártási technológia és természetes szelekció, stb.

Bevezetés

A valós rendszerek dinamikusak, állandó fejlődésben, átalakulásban vannak. Bármely gyártórendszerben a kisebb-nagyobb változások napi rendszerességgel jelennek meg. Ez az egyébként természetes helyzet kezelése sosem jelenik meg a jelenlegi rendszerek üzemszervezésében. A rövid ideig tartó megszakítások, a tervezettől történő eltérések, úgy a technológiai folyamatban, mint a darabok műszaki paramétereiben, rutinszerűen kezelendő, azaz a rendszer képes kell legyen az ilyen esetekben az azonnali alkalmazkodásra anélkül, hogy a rendszer sajátos kríziskezelő mechanizmust kelljen elindítson. Mivel a gyártórendszeren belüli elemeket stochasztikus tulajdonságok valamint nem folytonos, nem lineáris viselkedés jellemzi, ezeket formális matematikai modell segítségével nem lehet leírni. Ez volt az a felismerés amely paradigmaváltást tett szükségessé a gyártórendszer modellekben. Az elmúlt évtizedben több világméretű program született erre a témakörre, közöttük IMS (Intelligent Manufacturing System) program a legnagyobb (21 ország, közel 500 kutató). A kidolgozott új modellek tartalmazznak néhány közös jellemzőt, mint például:

- decentralizált döntéshozatali mechanizmus
- rekurzív egész-rész viszonyú architektúra
- az alkotó elemek autonóm egységek, kooperációs és intelligens viselkedés jellemzi őket
- folyamatos alkalmazkodás a környezet pillanatnyi állapotához
- hierarchikus és horizontális koordináció, gyors hatékony kommunikáció
- rugalmas, újra konfigurálható struktúra
- önszerveződés
- terület specifikus tudás, tanulás

A modern rendszerelméleti kutatásokra az interdiszciplinaritás a jellemző. Így, az egyes fejlett gyártórendszer modellek gyakran keresnek hasonlóságokat más tudományterületeken levő rendszerekkel. Emiatt, elég szép számban jelen vannak, azok a kutatások is, amelyek arra figyeltek fel, hogy az elő

szervezetek, és különösen az emberi szervezet, mennyire könnyen képes alkalmazkodni az előre beláthatatlan helyzetekhez.

Biológiai analógiákra épülő gyártórendszer modellek

1. Bionikus (biológiai) gyártórendszer. (Ueda, Okino, 1992)

Az un. bionikus (biológiai) gyártórendszer modell (BMS) a termékek tervezésénél, kivitelezésénél olyan analógiákat, törvényszerűségeket keres, amelyek a természetben érvényesülnek. Így például a természetben jelen levő komplex formák alakulása-alkalmazkodása a környezethez. Mint ismeretes, a természet olyan bonyolult formákat hoz létre, komplex fejlődési algoritmus alapján, amelyek kitűnően alkalmazkodnak a környezethez.

Különösen Japánban nagy az érdeklődés ez a modell iránt. A Fuji cég közösen a Fujitsu, Honda, Komatsu és Sony cégekkel valamint a kobe-i és a kyoto-i egyetemek kutatóinak sikerült modellezni és működtetni egy evolúciós és önszervező gyártósort biológiai analógiák alapján. Az evolúciót itt a darwini értelemben kell venni, azaz a folyamatokban analógiát használ az élő szervezetekre jellemző természetes szelekcióval, reprodukcióval, stb. A BMS modellben a gyártórendszert úgy tekintik mint egy élő szervezetet amely reagál a külső hatásokra és termékeket hoz létre. A koncepció szerint a rendszernek van „genetikai kódja”, amellyel a rendszer leírható. A BMS rendszerek kutatásában a fő kérdéskör a biológiai rendszerek evolúcióját biztosító replikátorok megfelelőjének a meghatározása. A mutációs és szelekciós folyamatért felelős replikátorok a természetben a gének. Ezek a DNS-ben vannak kodifikálva.

A DNS tartalmazza a szükséges információt a protein szintéziséhez. A pontos részletek, hogy milyen proteinre van szükség, a sejt környezetében lejátszódó külső tényezőktől függ. Emiatt a test fejlődése függ úgy a genetikai kódtól, mint a környezettől. A kromoszómákban levő gének „sikeressége” függ attól, hogy az általuk létrehozott szervezet mennyire képes, hogy biztosítsa a gének másolatainak a továbbadását a következő élő szervezetek számára. Az evolúció egy sokkal komplexebb folyamat mint egy véletlenszerű szelekciók és mutációk sorozata. Rendszerint, a jól működő

szervezetek jobb és több utódokat termelnek. Ezáltal a „jó” gének a fejlődő tendenciát mutatnak, míg a rosszak nem. Az evolúció egyik legfontosabb szabálya, hogy minden egyed elsődleges feladata a túlélés. A komplex rendszerek esetében, Zhao kimutatja, hogy a megmaradási erő sokkal nagyobb a véletlenszerű mutációknál, mert a mutációk veszélyeztetik az egyed túlélési esélyeit. Ugyanakkor a mutációk nem teljesen véletlenszerűek, valójában inkább egy következménye a túlélési törvényeknek, a hatékonyságnak és az óvatosságnak.

Amennyiben az evolúció helyet kap a gépészetben (gépészeti tervezésben) nem tiszta, hogyan létezhetnek majd hasonló mechanizmusok. A legtöbb ipari termék tervezését feltételezhetően a rajzok illetve az előírt megmunkálási terv segítségével kellene kodifikálni. Ezeknek az evolúciós fejlődése vezet el majd a végtermékekhez. A problémát az jelenti, hogy a gépészeti rajzok nem azonosak a DNS replikátorokkal, a gazdasági környezet nem működik pontosan úgy mint egy szelekciós környezet, és a gépészeti termékek pedig nem szaporodnak.

1. ábra: Biológiai és Gyártórendszer analógia, Forrás: [3]

2. Mesterséges élet (artificial life) modell

A biológia és a számítástechnika szimbiózisának egyik újabb keletű eredménye a "Mesterséges Élet" (Artificial Life, ALife) néven ismertté vált irányzat. Bár már Neumann János is foglalkozott közel harminc évvel ezelő a kérdéskörrel, a mai értelemben használatos definíciót Langton (1989) fogalmazza meg: "A mesterséges élet olyan rendszerek tanulmányozása, melyeket emberek hoztak létre és melyek olyan magatartást tanúsítanak, mely a természetes, élő rendszerekre jellemző. A mesterséges élet tudománya - számítógépek, vagy más médiák által szintetizált életszerű jelenségek vizsgálatával - kiegészíti azokat a tradicionális biológiai tudományokat, melyek az élő organizmusok elemzésével foglalkoznak. " Az elmélet felhasználva a genetikus algoritmusok és a mesterséges neuron hálók kutatása terén elért eredményeket - újabb eszközt kínál a biológiai rendszerek és folyamatok modellezéséhez. Ez utat nyithat a "szintetikus biológia" kialakulása fele, mely az élő rendszereknek eddig egyedül lehetséges analitikus megközelítését termékeny módon egészítheti ki. A mesterséges élet a biológiát bővíti ki olyan létformák tanulmányozásával, melyek különböznek a Földön megjelenőktől. Úgy viszonyul a biológiához, mint a szintetikus vegyészet a kémiához. A mai munkák nagy része a számítógépekben létrehozható szabadon fejlődő rendszerekkel foglalkozik. Cél: hagyni, hogy az evolúció létre tudja hozni azt a komplexitást a digitális médiumban, melynek nagyságrendje összehasonlítható a szerves élet sokféleségével. A mesterséges étellel kapcsolatos kutatások, valószínűleg elég hamar olyan eredményeket hozhatnak, amelyek a gyártási rendszerek estében használhatók. Jelen pillanatban nincsenek kiemelkedő eredmények ilyen irányban, de a gépi tanulás fontosabb megközelítési módjai, így a mesterséges neuronhálók, megerősítéses tanulás (rejtett Markov modellek), genetikus / evolúciós algoritmusok, PAC (Probably Approximately Correct) tanulás, stb. továbbra is oly „forró” területek, ahol a fontosabb elméleti eredmények mellett néhány gyakorlati felhasználási területre is létezik, (pl.: adatbányászat, alakfelismerés, stb). Bár a modell egyike a legéletképesebb adaptív rendszermodelleknek, de egyelőre a gépészetben gyakorlati alkalmazást a szerző nem talált.

3. Feromon alapú kommunikációra épülő modell. Hangya kolóniák.

Ez a gyártórendszer modell a hangya kolóniák kommunikációs mechanizmusának megfigyelésén alapszik. Ennek a kommunikációs koncepciónak az a lényege, hogy a hangyák tevékenységük közben egy a környezetbe a kibocsátott anyag- feromon - segítségével jelzéseket adnak le, más egyedek számára.

Így az egyedek egyszerű felépítése ellenére a hangya családok képesek olyan rendkívüli tevékenységekre is, mint a hangyabolyépítés, élelem raktározás, szervezett élelem felderítés, stb. A modell újszerűsége az

indirekt kommunikációban rejlik, amely alapján az egyedek között a kapcsolat a helyi környezet megváltoztatása által történik. A kommunikációnak itt három eleme van: az egyed, a feromon, a környezet. Az egyedek arra használják a környezetet, hogy a többi egyed viselkedését irányítsák, az információhordozó pedig a feromonos jel, amely felerősödik akkor, ha egyes egyedek követik a nyomot és ezáltal további feromont bocsátanak ki. A feromon, mint információhordozó, két alapvető tulajdonsággal bír: 'erősség-intenzitás' valamint 'párolgás sebesség'.

Az egyednek négy különálló

Forrás[4]

feladata van: élelem keresés és szállítás, információ figyelés és elemzés, információ létrehozás valamint információt továbbítás.

Az ipari alkalmazások területén több kísérletet is leír a szakirodalom. A legismertebb ilyen kommunikációra kiépített modell leírása az [4]-ben található, ahol a Daimler Chrysler cég Németországi gyáranak festő műhelyében mesterséges feromon alapú termelésirányítást dolgoztak ki. Itt párhuzamosan használták a régi szervezési formát, illetve az újat az eredmények összehasonlítása végett. A mesterséges feromon (amely valójában mint egy új ágens típusként jelenik meg) létrehozása által a következő előnyöket észlelték:

- (i) egyszerű koordinációs mechanizmus
- (ii) önműködő irányítás az optimális megoldások fele,
- (iii) dinamikus probléma megoldás.

A gyenge pontját a modellnek, elsősorban az az időbeni késés jelenti, amely megjelenik az új információ szórása miatt a környezetben. Ez a terjedési idő, azt eredményezheti, hogy az alkalmazáskor már nem az optimális megoldás születik. Ugyanakkor, a modell állandó állítási-finomítási visszacsatolási tevékenységet feltételez. Az rendszer hatékonysága a mesterséges feromonok számától, a párolgási-elévülési időtől függ.

Következtetések

A dolgozatban néhány élő rendszer és gyártási rendszer analógiát mutattunk be. Helyszűke miatt nem sikerült bemutatni, további gyártórendszer modelleket, amelyek interdiszciplináris elemeket tartalmaznak (így analógiákat az élő szervezetekkel is) mint például a holonikus, a fraktális, a multi-ágens, stb. gyártórendszer. Hasonlóan, a dolgozat kapcsán feltétlenül részletesen kellett volna szólni a neuronhálókról, a mesterséges intelligenciáról, genetikai algoritmusokról, hangya algoritmusokról, stb. amelyek szintén élőszervezet modellre épülnek, és amelyek a modern kutatások tárgyát és, egyre inkább, eszközét képezik.

A biológiai analógiák keresése a műszaki feladatok megoldásában, valójában az ember több évszázados azon kísérleteinek a folytatása, amelyben a természet csodálatos teljesítményeit próbálja utánózni, (lásd pl. DaVinci madarakról mintázott repülőszárny modelljeit vagy az android robotok mítoszát a számítógépek őskorában).

Most, az információ évszázadának elején elképzelhető, hogy a talán a gépgyártás még mindig meríthet ihletet a természettől. Ugyanakkor, mint a dolgozatból is kiderül, a tökéletes analógiára sosem lesz lehetőség, és valójában nem is ez a cél.

Forrásanyag:

- [1.] Di Caro, G. Dorigo, *\AntNet: distributed stigmergic control for communication networks*. *JArtifIntell Res* 9 (1998).
- [2.] Dorigo et. al.: *Ant algorithms and Stigmergy*. *Future Generation Computer Syst* 16 8 (2000)
- [3.] Mill, F., Sherlock, A: *Biological analogies in manufacturing, Computers in Industry, Volume 43, Issue 2, October 2000*,
- [4.] Peeters, P et. al: *Pheromone based emergent shopfloor control system for flexible flow shops*, *Artificial Intelligence in Engineering*, vol.15, issue4, 2001.
- [5.] Tharumarajah et. Al: *Comparison of Emerging Manufacturing Concepts*, www.smartspaces.csiro.au/
- [6.] Ueda, N.: 1997: *A concept for bionic manufacturing systems based on DNA-type of information.*, *CIM Proceedings, of the IFIP TC5, Tokyo*,

Bakos Levente, doktorandusz

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhely

bakos@ms.sapientia.ro