

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépgyártástechnológia Tanszék**

**MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet  
Intelligens Gyártási és Üzleti Folyamatok Kutatócsoport**

**A PhD értekezés tézisei**

**Gyártórendszerek és termelési  
hálózatok ágens alapú modellezése és  
irányítása**

**Ilie-Zudor Angyalka Elisabeta**

okl. gépészmérnök

**Budapest, 2006. március**



## Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés, tudományos előzmények .....	4
2.	A kutatás célkitűzései, módszere .....	9
3.	A kutatás eredményei, tézisek .....	11
1.	Tézis .....	11
	Ágens alapú modellezés alkalmazása a termelés menedzsment több különböző szintjén .....	11
2.	Tézis .....	12
	Nagy projektek megvalósítását támogató ágens alapú modell .....	12
3.	Tézis .....	13
	Adaptív ágensek nagy projektek viselkedésalapú irányításában .....	13
4.	Tézis .....	14
	Nagyvállalatok ágens alapú rendelés- és erőforrás-menedzsmentje .....	14
4.	Saját publikációk jegyzéke .....	17
4.1.	Az értékezéshez kapcsolódó publikációk .....	17
	Külföldön megjelent idegen nyelvű, folyóiratcikk .....	17
	Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás .....	17
	Magyar nyelvű folyóiratcikk .....	19
	Magyar nyelvű konferencia-előadás .....	19
4.2.	Az értékezéshez nem közvetlenül kapcsolódó publikációk .....	20
	Külföldön megjelent idegen nyelvű, folyóiratcikk .....	20
	Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás .....	20
	Magyar nyelvű konferencia-előadás .....	22
	Ismert "Idegen" hivatkozások .....	23
	Összegző táblázat .....	24
5.	A téziszűzetben felhasznált irodalom .....	25

## 1. Bevezetés, tudományos előzmények

Napjaink gyártórendszerei gyorsan változó, bizonytalansággal terhelt környezetben működnek. Növekvő komplexitás a másik jellemző, mely a gyártórendszerekben, a gyártási folyamatokban és a vállalatstruktúrában egyaránt jelentkezik. Fontos tényező, hogy az autonóm, egymással részben versengő, részben kooperáló elemekből álló elosztott alrendszerek a tervezési, gyártási, szervezési, logisztikai lánc minden elemében jelen vannak, és szerepük, részarányuk egyre erősödik. Végül, de nem utolsósorban, a gyorsan változó piaci hatásokra, a külső és belső változásokra és zavarásokra a vállalatoknak az adott probléma természetének megfelelő gyorsasággal, valós időben kell reagálniuk.

A termelés globalizálódása, a verseny fokozódása, a piaci körülmények gyors változása - több más tényező mellett - arra készteti / kényszeríti a termelő- és szolgáltató vállalatokat, hogy egyrészt erőforrásaik lehető legjobb kihasználásával (sok esetben azok dinamikus változtatásával, földrajzi áthelyezésével, világméretű koordinációjával) hatékonyságukat fokozzák, másrészt növeljék gyors válaszadó képességüket és adaptivitásukat.

Több, az elmúlt időszakban készített felmérés is alátámasztja, hogy az ipari vállalatok többsége kiemelten kezeli gyártókapacitásainak változtathatóságát, és erőfeszítéseket tesz rugalmasságuk növelésére. A felméréseken alapuló jelentésekben két lényeges követelmény tükröződik:

- Egyrészt, a vállalatok gyártórendszereik modularizáltsági szintjének egy magasabb fokát szeretnék elérni, annak érdekében, hogy kezelni tudják a termékek életciklusából adódó kapacitásváltozásokat, a gyorsan változó piaci környezetben szélesebb termékskálát fedjenek le, valamint a modularizáltsággal gyorsíthassák az új termékek gyártásba kerülését.
- Másrészt, a fizikai funkciók elosztottságán túl, (modularitás) lényeges követelménynek tartják a termelésre vonatkozó döntési és irányítási funkciók elosztását is, elősegítve a dinamikus és kiszámíthatatlan környezeti változások gyors és hatékony kezelését.

A moduláris, elosztott gyártásirányítási rendszerek eredményes működtetésének egyik legfőbb követelménye a folyamatos tanulási és adaptálódási képesség. Az új irányítórendszerek kifejlesztése megválaszolásra váró kérdések sokaságát veti fel az alkalmazható tudásábrázolási és -feldolgozási technikákkal kapcsolatban. Az elosztott mesterséges intelligencia (*Distributed Artificial Intelligence, DAI*) eszközein túlmenően - figyelembe véve, hogy az ágenseknek valós körülmények között, információ- és anyagfeldolgozást is kell végezniük - kiemelkedő fontosságúak a bizonytalanság kezelését, tanulást és adaptív viselkedést támogató mesterséges intelligencia (*Machine learning, ML*) technikák.

A fenti tendenciák szorosan kapcsolódnak az intelligens gyártórendszerek (*Intelligent Manufacturing Systems, IMSs*) átfogó névvel emlegetett kutatási irányzathoz. Az

intelligens gyártórendszerek kifejezés, melyek jellemzőit 1983-ban Hatvány József adta meg [45], [44], két fő értelmezést kapott az elmúlt években. Egyrészt olyan rendszerekre vonatkozik, amelyeknek képesnek kell lenniük egyedi, előre nem látható szituációk kezelésére, mégpedig - bizonyos határokon belül - hiányos és pontatlan információk alapján is [45], [50]. Az elnevezés ugyanakkor a japán kezdeményezéssel 1992-ben indult világméretű *Intelligens Gyártórendszerek (IMS) kutatási* projektet is jelzi, melyben a 21. század termelőrendszereinek tudományos és műszaki megalapozása a cél [62].

A vállalatok gyors válaszadó képességének és adaptivitásának növelését célzó új gyártási paradigmák közül a következők emelhetők ki itt: *fraktál vállalat (fractal factory)*, *bionikus gyártás (bionic manufacturing)*, *genetikus gyártás (genetic manufacturing)*, *felelősségen alapuló gyártás (responsibility-based manufacturing)*, *rapid CIM (rapid CIM)*, *random gyártás (random manufacturing)* és *a holonikus gyártás (holonic manufacturing)*. A paradigmák többsége eredet szerint is megkülönböztethető: pl. a fraktál vállalatnak a matematika, a bionikus és a genetikus termelési rendszereknek a természet, a holonikus gyártásnak pedig a komplex adaptív rendszerek adják meg az elméleti hátterét [61],[57],[53].

A dolgozat témája elsősorban a holonikus koncepcióval kapcsolatos, ahol a központi fogalma az ún. *holon* szó, amelyet Arthur Koestler, magyar származású író használt először *The Ghost in the machine* című könyvében [47]. Koestler társadalomtudományi munkája hasznos háttérnek bizonyult a gyártórendszerek területén, és a holonikus rendszerekről felépített koncepcióját a gyártórendszerek szintjére a *holonikus gyártórendszerek (Holonics Manufacturing Systems, HMSs)* paradigmában adaptálták.

A holonikus rendszerek két alapvető fontosságú tulajdonsága a *strukturális hierarchia* és a *vezérlési elvek működés közbeni dinamikus és automatikus kombinációja* a jobb hatékonyság elérése érdekében. A strukturális hierarchia azt jelenti, hogy a holonokat az általuk végzett funkciók, feladatok alapján különálló, autonóm egységekre bontjuk, amelyek a rendszerben újabb holonokat képeznek. Ebben az egymásba ágyazott struktúrában az egyes holonok alsóbb szintű holonokat is tartalmazhatnak. Autonómiájuknál fogva a holonok az önálló feladatmegoldásra törekednek, de ha nem képesek a feladat önálló elvégzésére, akkor kapcsolatba lépnek más egységekkel és csoportba tömörülve közösen oldják meg a problémát. Az ilyen csoportokban, ha a feladat megoldása megkívánja, akár időleges hierarchikus szerveződés is létrejöhet.

Az előzőekben vázolt, autonóm, intelligens, rugalmas, elosztott és egymással kooperáló modulokból álló rendszerek megvalósítási fázisában a szakemberek az elosztott mesterséges intelligencia kutatások eredményeire támaszkodnak. Ezek közül is fontos kiemelni a holonikus rendszerek informatikai alapját képező *multi-ágens rendszereket (Multi-Agent Systems, MAS)*.

A kutatások jelentős része az üzemszintű gyártásütemezésre és a valósidejű gyártásirányításra koncentrál. A tengerentúlon, Hatvany Józseffel egyidőben, az elsők között ismerte fel a tématerület fontosságát N. Duffie [43], Ausztráliában pedig Nemes László vezetésével folynak kutatások az intelligens gyártórendszerek területén [53].

Európában jelentős eredményeket értek el a holonikus gyártórendszerek ütemezése és on-line irányítása területén a Leuveni Katolikus Egyetem munkatársai [56], [58]. Szintén a holonikus gyártórendszerekhez kapcsolódóan, üzemirányítási rendszer kifejlesztésének támogatására keretrendszer készült a Dán Műszaki Egyetemen [48], és fontos kapcsolódó kutatások folynak Hannoveri Egyetem Gépészmérnöki Karán is [60].

A hierarchia a 90-es évek közepétől napjainkig tartó csökkentése a vállalati struktúrákban eljutott a *termelési hálózatok* (production networks), a *kooperatív termelés* (co-operative production) és a *kiterjesztett és/vagy virtuális vállalat* (extended, virtual enterprises) szintjére.

A termelési-hálózatok [60] koncepcióját illetően különféle, egymást részben átfedő koncepciók találhatók a szakirodalomban, mind például a virtuális vállalat, a szállítási lánc, a kiterjesztett vállalat. Jelenleg nem lelhető fel egységes, általánosan elfogadott definíció ezen fogalmakra. Általánosságban nincs egyértelmű megkülönböztetés a virtuális vállalat és a kiterjesztett vállalat között, viszont mindenki különbséget tesz a kiterjesztett vállalat és a virtuális gyártás koncepciója között.

A *virtuális gyártás* elméletének bevezetése [52] fontos mérföldkőnek számít, ami a *szimulációs technika* támogatásával jelentős mértékben segíti az elosztott intelligenciájú gyártórendszerek kutatását.

Az utóbbi évtizedekben a világpiacon bekövetkező számos változás következtében a gyártók számára kulcsfontosságú eladási szempontok módosultak. Azért, hogy a termelők versenyképesek maradjanak, ki kellett bővíteniük a csak gazdasági szempontok (mint a hatékonyság, a termelékenység és a jövedelmezőség) által vezérelt korábbi gyakorlatukat olyan további új elemekkel, mint az egészség, a környezeti hatások, az erőforrások és az energia megőrzése, valamint a hulladékgazdálkodás és a szociális aspektusok.

A *fenntartható fejlődés* (World Commission on Environment and Development definíciója szerint) az a *fejlődés*, mely fedezi a jelen szükségleteit anélkül, hogy kompromittálná a jövő nemzedékek számára a lehetőséget, hogy ők is fedezhessék a saját szükségleteiket. A *megelőző technológia* koncepció alapvető törekvése a megmunkálási folyamatok, eljárások és végtermékek környezeti hatásainak csökkenése [46].

Tehát a társadalomnak találnia kell egy kompromisszumot a nemzetközi versenyképesség és az egészséges környezet megtartása, a termelékenység és a jó munkahelyi közösségek, valamint más hasonlóan ellentmondásosnak tűnő dolgok között.

## 1.1 Hazai előzmények

Magyarországon a 80-as évek elejéig nyúlnak vissza az intelligens gyártórendszerekkel és a mesterséges intelligenciával kapcsolatos kutatások, amelyek három jelentős hazai kutatóhely nevéhez fűződnek: ezek a Budapesti Műszaki Egyetem, a Miskolci Műszaki Egyetem és az MTA SZTAKI. Már a 70-es évek végen létrejött az MTA SZTAKI és a BME közös *Kísérleti Üzeme*, itt történtek az első lépések előbb direkt numerikus vezérlés (*Direct Numerical Control*), majd rugalmas gyártórendszerek (*Flexible Manufacturing Systems, FMSs*) kialakítására.

A *BME Gépészmérnöki Kara* nagy hagyományokkal rendelkezik a megmunkálási folyamatok modellezése, optimalizálása, mérése és adaptív szabályozása, valamint a folyamatok és rendszerek automatizálása terén. Az elért eredmények Arz Gusztáv, Alpek Ferenc, Horváth Mátyás, Markos Sándor, Mészáros Imre, Stépán Gábor, Somló János és Szalay Tibor nevéhez fűződnek.

Jelentős kutatási és fejlesztési munkák folytak a Miskolci Műszaki Gépészmérnöki Karán is. A *Szerszámgépek Tanszéken* felügyeleti és diagnosztikai rendszereket fejlesztettek ki, továbbá különböző gyártási és folyamatmodellek kerültek felhasználásra, amelyek szimulációja újszerű modellezési eljárásokon alapult (fuzzy, neurális háló, empirikus, analitikus, SIMPLE++, stb.), a kutatásokban Cser István, Dudás Illés, Erdélyi Ferenc, Kundrák János, Tóth Tibor, valamint munkatársaik vettek részt.

Az intelligens technikák gyártási alkalmazása terén több számottevő magyar vonatkozású kutatás és fejlesztés történt, a legjelentősebbek a vizuális alakfelismerés, robotika területén Vámos Tibor és Báthor Miklós, befogószerkezetek területén Márkus András, a folyamattervezés és optimalizálás területén Tóth Tibor, képlékenyalakítás területén Cser László és Tisza Miklós, a gyártórendszerek tervezése és szimulációja terén Kovács György és Mezgár István munkái. Horváth Mátyás, Márkus András, Váncza József, nevéhez kapcsolódik a genetikus algoritmusok alkalmazása a folyamattervezésben. A mesterséges neurális hálók kutatásában Roska Tamás és kutatókollektívája ért el világszinten is átütő jellegű eredményeket. Monostori László irányítása mellett jelentős eredmények születtek a digitális jelfeldolgozáson és alakfelismerésen alapuló többfunkciós felügyeleti rendszerek kutatása és fejlesztése terén, szintén az Ő nevéhez fűződnek a mesterséges neurális hálózatok kutatásában és gépipari alkalmazásában elért eredmények is.

Fontos kiemelni Hatvany Józsefet, aki vezető szerepet játszott a legtöbb kapcsolódó kutatási téma elindításában, valamint tevékenységével nyomot hagyott a hazai és a világ gépipari automatizálásában.

Az elmúlt évtized során – bár az említett intézményekben szervezeti átalakulások történtek (pl. az *Informatikai Intézet*, megalakítás Miskolcon, vagy a *Gépészeti Informatika Tanszék* létrejötte a BME Gépészmérnöki Karán) – az intelligens gyártással kapcsolatos hazai kutatások folytatódtak, nem egyszer a három intézmény együttműködésében, melyre a legjobb példát a 2004-ben zárult *Intelligens vállalatok, termelési hálózatok*, illetve a jelenleg

is futó, *Valósídejű, kooperatív vállalatok* című NKFP programok nyújtják.

A SZTAKI *Intelligens gyártási és üzleti folyamatok kutatócsoportjában* sorra születtek a PhD dolgozatok a hibrid mesterséges intelligencia módszerek kutatása és gépipari felhasználása, a folyamatok és folyamatláncok modellezése és optimalása, valamint az ágens-alapú termelésirányítás terén. Egresits Csaba, Viharos Zsolt János és Kádár Botond eredményeit az Akadémia Ifjúsági díjakkal ismerte el. A Dudás László (ME) és Monostori László közös témavezetése mellett dolgozó Stefán Péter szintén kiválóan védte meg disszertációját. Csáji Balázs neurodinamikus programozás útján ad megoldást igen összetett ütemezési problémákra. Pfeiffer András az újratervezési stratégia terén ért el új eredményeket.

A *Mesterséges intelligencia gépészeti alkalmazása kutatócsoport* Váncza József és a nemrég elhunyt Márkus András által vezetett kutatásai a többek között a holonikus gyártórendszerek modellezésére, a folyamattervezés és ütemezés intelligens technikáira irányul. Jelentős nemzetközi visszhangot keltő eredményekkel rendelkeznek. Kis Tamás elsősorban az operációkutatás hagyományos technikái, Kovács András pedig a korlátozásprogramozáson alapuló megközelítésekkel ért el kiemelkedő eredményeket az ütemezés terén.

A két kutatócsoport által alkotott *Mérnöki és Menedzsment Intelligencia Kutatólaboratórium* nemzetközi elismertségét jelzik a témakörhöz tartozó, részvételükkel folyt / folyó európai kutatási projektek, valamint a témakör legjelentősebb nemzetközi szervezetek (pl. CIRP, IFAC) által hazánkban rendezett konferenciáik.

Az elsősorban alkalmazásjellegű kutatásokat és a felfutóban lévő konzultációs tevékenységet egyre inkább az IPA Fraunhofer Intézettel közösen létrehozott *Termelés és Üzleti Menedzsment Intézet* (IPBM, <http://www.ipbm.sztaki.hu>) keretében végzik.



## 2. A kutatás célkitűzései, módszere

Kutatómunkámat a *Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetének* (MTA SZTAKI) *Intelligens Gyártási és Üzleti Folyamatok* kutatócsoportjában (IMBP) végeztem.

Az *intelligens gyártás* rendkívül átfogó, sok tudományágat érintő multidiszciplináris fejlődési irányzat, mely jellegzetességet a kutatási módszertan megtervezésénél messzemenően figyelembe kellett vennem.

Követve a gyártórendszerek különböző szintjeit, a vonatkozó szakirodalom elemzésével áttekintettem az intelligens gyártás, a mesterséges intelligencia főbb irányzatait és ezeken belül a különböző tudásreprezentációs technikákat, gyártórendszerekbeli alkalmazásuk lehetőségeit, illetve az elosztott mesterséges intelligencia kutatások irodalmát. Tanulmányoztam az intelligens gyártás ezen területein elért elméleti eredményeket és a gyakorlati alkalmazások tapasztalatait. A kutatási tevékenység során az *irodalomkutatás, problémafelvetés, kísérleti megoldások*, illetve azok vizsgálata, *program- és rendszerfejlesztés*, valamint az *ellenőrző futtatások* lépéseinek egymásra épülő folyamatát követtem.

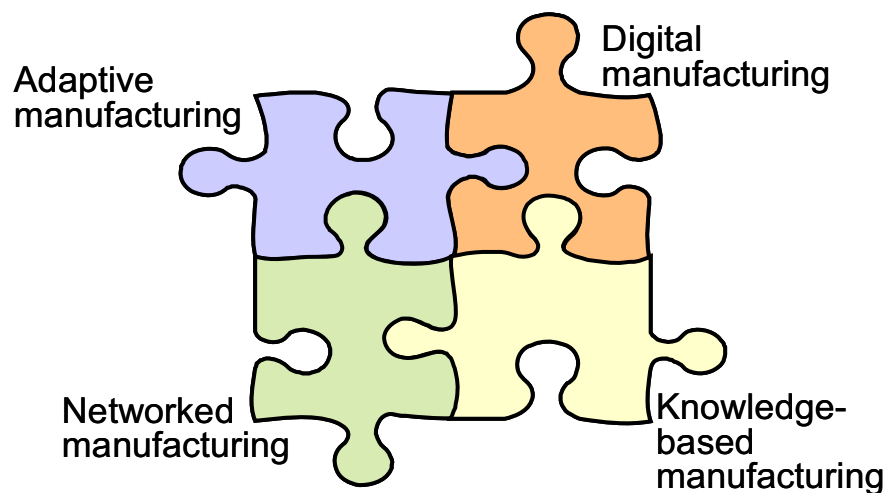
Kutatómunkám fő célkitűzése a gyártórendszerek különböző szintjein alkalmazható intelligens technikák vizsgálata és azok alkalmazása volt annak érdekében, hogy e rendszerek és/vagy komponenseik a korábbiakhoz viszonyítva rugalmasabban kezelhessék az őket érő változásokat és zavarokat. Míg az első periódusban az üzemszintű megmunkálási folyamatokra koncentráltam, kutatásaim második részében a termelési hálózatok termelésirányítás problémakörével foglalkoztam.

Az intelligens gyártórendszerek témakörének új részterületét jelentik az elosztott gyártórendszerek, amelyek autonóm, intelligens, rugalmas, elosztott, egymással kooperáló ágensekből állnak. Egy gyártórendszer ebben a megközelítésben pl. gyártó ágensekből, szerelő ágensekből, szállító ágensekből és információs ágensekből tevődik össze. Ezen intelligens egységek egymástól közel függetlenül működnek, saját tudásábrázolási, - feldolgozási, döntéshozó és kommunikációs képességgel rendelkeznek. Ez az elosztott struktúra megválaszolásra váró kérdések sokaságát veti fel. Kutatásom során az alábbi fő feladatokat céloztam meg:

- Elosztott mesterséges intelligencia technikák vizsgálata és felhasználása ágens alapú gyártórendszerek ütemezési és gyártásirányítási algoritmusában.
- Az elosztott intelligenciájú gyártórendszerekben található ágensek belső struktúrájának vizsgálata, az adott ágens funkcionalitásainak figyelembevételével.
- A szimulációs technika alkalmazhatóságának elemzése az elosztott intelligenciájú gyártórendszerek kutatásában.
- Egységes, objektum-orientált, a kommunikáció folyamatát is kezelni képes szimulációs keretrendszer kialakítása ágens alapú gyártórendszerek vizsgálatára.

- Egy olyan ágens-alapú erőforrás-allokáció modell felállítása, mely a műszaki és gazdasági hatások mellett a környezeti hatásokat is figyelembe veszi.
- Döntési algoritmus kialakítása a környezeti hatásokat is figyelembe vevő ágens-alapú erőforrás-allokáció modellhez.
- Adaptív viselkedésű ágensek bevezetése a termelésirányításba.
- Elosztott gyártási rendszerbe alkalmazható menedzsment döntéstámogató rendszer létrehozása.
- Autonóm, kooperatív ágenseken alapuló keretrendszer kidolgozása termelési hálózatok irányítására.

Kutatásaim fontosabb irányai jól illeszkednek az ún. Manufuture európai kezdeményezés főbb célkitűzéseivel. *Digitális, tudásalapú, hálózatba integrált, adaptív* azok tulajdonságok, melyeknek jellemezniük kell a közeljövő gyártását [64].



1. Ábra: A Manufuture [64] által kiemelt négy K&F terület

### 3. A kutatás eredményei, tézisek

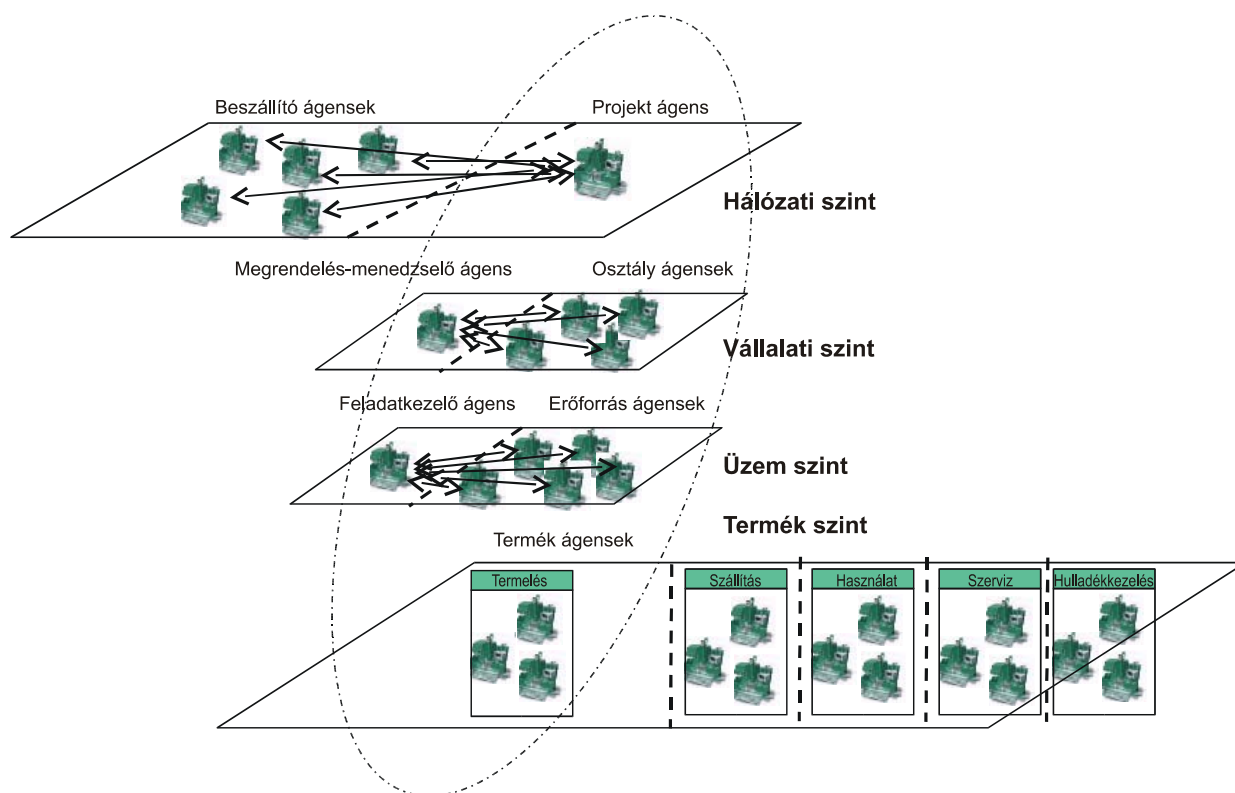
#### 1. Tézis

#### Ágens alapú modellezés alkalmazása a termelés menedzsment több különböző szintjén

Kísérletet tettem az ágens alapú modellezés alkalmazására a termelés menedzsment több különböző szintjén. Mind a kiterjesztett vállalatokat, mind a kiterjesztett termékeket magában foglaló, ágens alapú vállalati modellt vezettem be (2. Ábra). A modell négy szintje sorrendben a termelési hálózatok, a vállalatok, az üzemek és a termékek szintjét reprezentálja, mindenütt ágens alapú megközelítésben. Természetesen az ágensek maguk ágensekből állhatnak, a holonikus koncepciónak megfelelően. A modell legfelső és legalsó szintjei túlmutatnak az adott vállalat határain, integrálva a beszállítókat, illetve a termékek teljes életciklusát.

A négy szintű modell három (hálózati, vállalati, illetve a termékre vonatkozó) szintje kapcsán folytatott kutatásaim eredményeit egy-egy tézisben fogalmaztam meg, és egy különálló tézis tartalmazza az adaptív viselkedésű ágensek bevezetését és szerepét a termelésirányításban.

A tézis a disszertáció 1.5. alfejezetében és a [20] közleményben került bemutatásra.

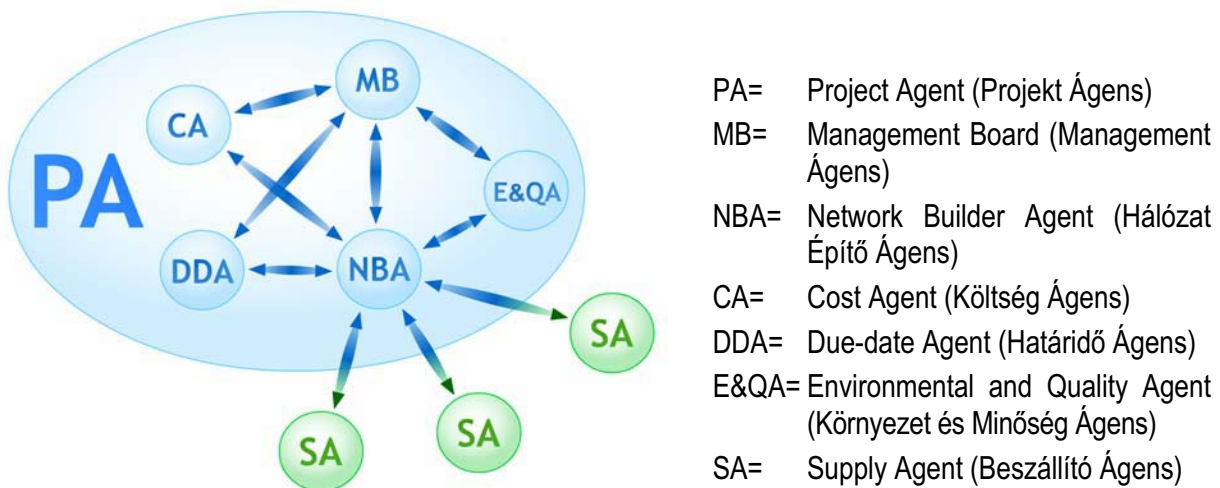


2. Ábra: Termelés menedzsment szintjei

## 2. Tézis

### **Nagy projektek megvalósítását támogató ágens alapú modell**

Kidolgoztam egy nagy projektek megvalósítását támogató ágens alapú irányítási modell egy lehetséges koncepcióját. A modellben ágensek reprezentálják mind a projektet irányító szervezet egyes funkcióit / egységeit, mind a beszállítókat (3. Ábra). A beszállítók kiválasztására többszintű, hierarchikus kiértékelő eljárást vezettem be, első szinten a kötelezően betartandó feltételekre (határidő, a potenciális beszállítók kvalifikációja) vonatkozó szabályokat, a másodikon hasznossági tényezőkkel kombinált szempontokat (ár, minőség, környezeti hatás), a harmadikon pedig a második szinten közel hasonló besorolást elért beszállítók közötti döntést elősegítő egyéb tényezőket szerepeltetve. A javasolt modell felhasználhatóságát kísérleti futtatásokkal igazoltam.



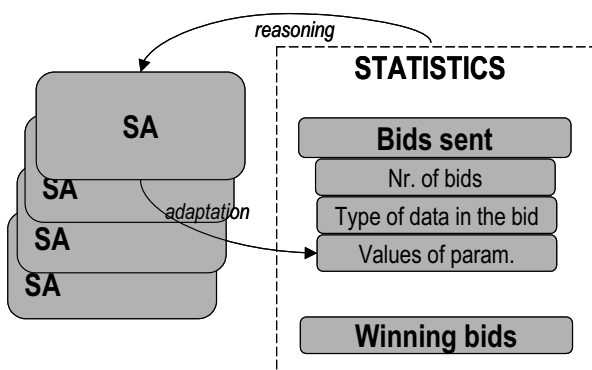
3. Ábra: A modellben szereplő ágensok

A tézis a disszertáció 2. fejezetében és a [5,6,7,17,20] közleményekben került bemutatásra.

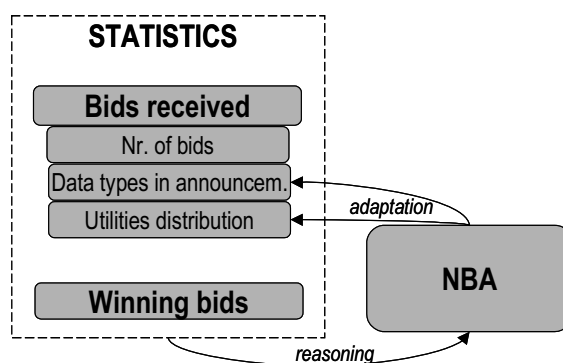
### 3. Tézis

#### **Adaptív ágensek nagy projektek viselkedésalapú irányításában**

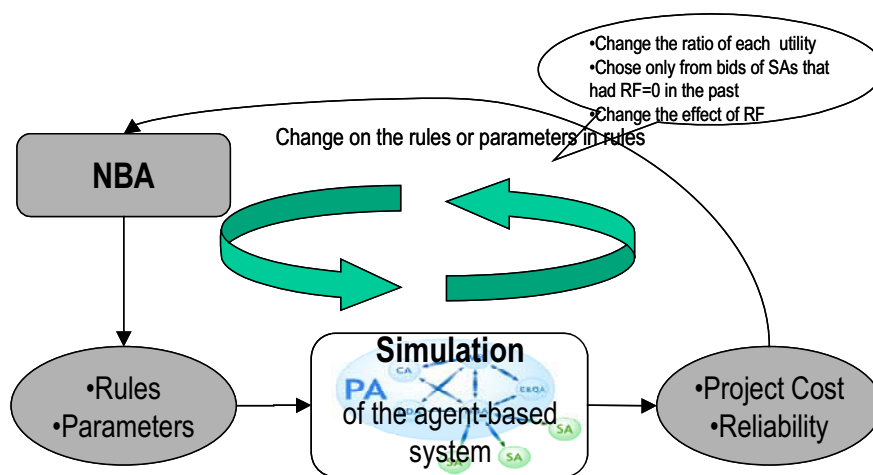
Adaptív viselkedési algoritmusokat vezettem be az 1. Tézis irányítási modelljében szereplő hálózatépítő és beszállítói ágensek vonatkozásában (4. Ábra, 5. Ábra, 6. Ábra). Egyrészt, a hálózatépítő ágens képes a rendelkezésére álló információk alapján új döntési szabályok bevezetésére, illetve a hasznossági tényezők finomhangolására. Ugyancsak adaptív módon tudja kezelni az egyes beszállítók múltbeli teljesítményén alapuló, úgynevezett megbízhatósági tényezőket. Másrészt, megvizsgáltam, hogy a beszállítói ágensek különböző (profit-orientált, biztonsági, illetve mohó), általam definiált viselkedésformái milyen eredményekhez vezetnek adaptív, illetve állandó árképzési algoritmusok mellett. A javasolt módszerek vizsgálatára ágens-alapú szimulációs keretrendszert fejlesztettem ki, és számos kísérlettel igazoltam, hogy az adaptív algoritmusok jelentős mértékben javítják mind a teljes rendszer teljesítőképességét, mind az egyes beszállítók kihasználtságát, kimutatva, hogy adaptív környezetben működő nem adaptív módon viselkedő beszállítók eleve vesztesre vannak ítélve.



4. Ábra: Beszállítói ágensek alkalmazkodása



5. Ábra: NBA alkalmazkodása



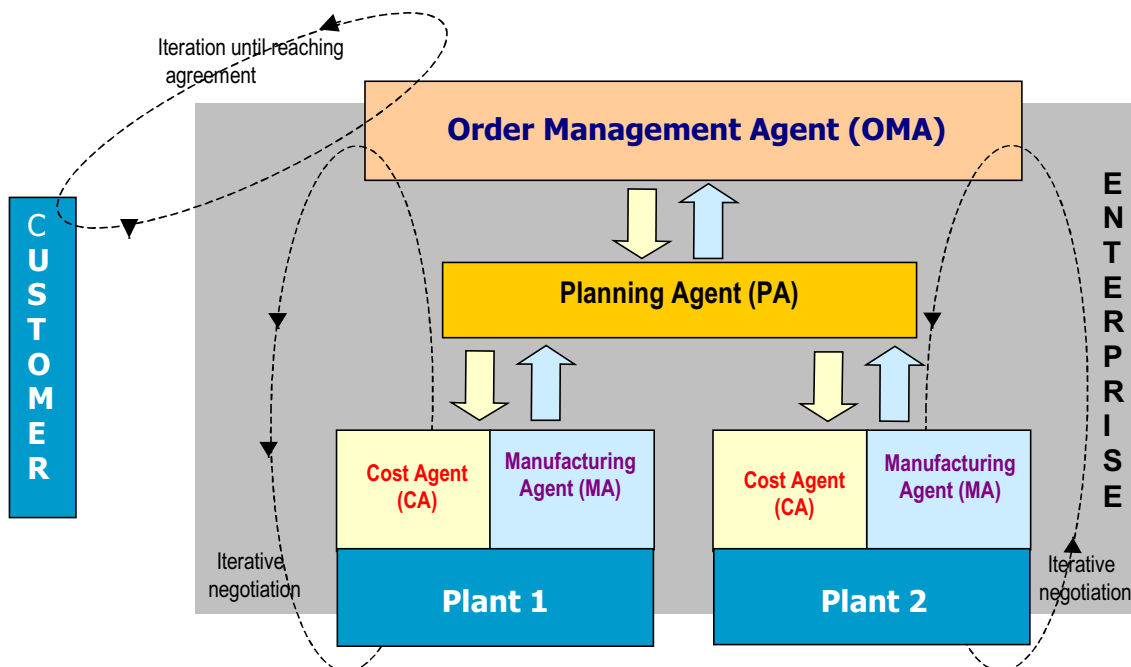
6. Ábra: NBA alkalmazkodás „mi-lenne-ha” elemzés alapján

A tézis a disszertáció 2. fejezetében és a [20] közleményben került bemutatásra.

#### 4. Tézis

##### **Nagyvállalatok ágens alapú rendelés- és erőforrás-menedzsmentje**

Az ágens-alapú technikák és a korlátozás-kielégítés, korlátozás-programozás technikáit integrált módon alkalmazva, új megoldást vezettem be nagyvállalatok rendelés- és erőforrás-menedzsmentjében (7. Ábra). Kialakítottam nagyvállalatok egy olyan ágens-alapú modelljét, mind a külvilágból érkező megrendeléseket kezelő egységet, mind a vállalatszintű tervezést, mind az egyes üzemeket ágensek reprezentálják. Az üzem-ágensek működésének támogatására korlátozás-programozási módszereket vezettem be, melyek mind kapacitástervező, mind ütemező üzemmódban működhetnek. A tézisben szereplő új megoldásokat megvalósítottam és tesztekkel igazoltam életképességüket.



7. Ábra: A megközelítésben szereplő ágensek

A tézis a disszertáció 3. fejezetében és a [16] közleményben került bemutatásra.

### **Az eredmények hasznosítása és visszhangja**

Az elosztott intelligenciájú gyártórendszerekkel kapcsolatos kutatásainkat részben a *Változások és zavarok kezelése gyártási struktúrákban* című OTKA projekt (1998-2001), részben az 1997-1999 időszakban, az *Elosztott intelligenciájú (holonikus) gyártási struktúrák kutatása* című Ifjúsági OTKA projekt keretében, valamint a 2001-ben kezdődött *Termelőhálózatok tervezése és irányítása* című OTKA kutatásban (2001 – 2004) folytattuk.

Bekapcsolódtunk a kiterjesztett vállalatokkal kapcsolatos *Integration in Manufacturing and Beyond*, ESPRIT LTR Working Group munkájába is, valamint a *világméretű IMS projekttel* kapcsolatos európai munkacsoportba (*Intelligent Manufacturing*, ESPRIT LTR Working Group). Részvételünket a fenti projektekből az OMFB támogatta.

A csatlakozásom óta az IMBP csoporthoz, számos nemzetközi projektben vettem részt, amik jelentős mértékben hozzásegítettek szakmai látóköröm bővítéséhez és kutatómunkám főbb irányainak meghatározásához:

- 'e-Industrial Services' (Fraunhofer Társaság stuttgarteri intézetében),
- VIMIMS (*Virtual Institute for the Modelling of Industrial Manufacturing Systems, ref.# 88144-CP-1-2000-1-IT-MINERVA-ODL, 2000-2002*),
- *IMS-NOE: European Network of Excellence in Intelligent Manufacturing Systems, Fifth Framework Programme of the EU, IST-2001-65001*
- MPA: Modular Plant Architecture, Fifth Framework Project of the EU, GRD3-2001-60064,
- GEM-NAS: Global Education in Manufacturing, Fifth Framework Project of the EU, IST-2001-39178,
- VRL KCiP NoE: Virtual Research Lab for Knowledge Community in Production, Sixth Framework Project of the EU,
- ESCM, An internet-based education/training platform in the field of supply chain management for students, teachers and industrial employees, Leonardo da Vinci program,
- Multisens, Cameras as multifunctional sensors for automated processes, Sixth Framework Project of the EU,
- Collplexity, Collaborative complexity – Collaborations as complex systems, Sixth Framework Project of the EU,

- DiFac – Digital Factory for Human Oriented Production System, Sixth Framework Project of the EU (part of the world-wide IMS-Programme),
- TRASER, Identity based tracking and Web-services for SMEs, Sixth Framework Project of the EU,
- AC/DC, Automotive chassis development for the 5-days car, Sixth Framework Project of the EU.

A disszertációban bemutatásra kerülő koncepciók véleményem szerint megfelelő keretet nyújtanak több, a gyártásban felmerülő probléma megoldására (mind vállalati, mind hálózati szinten), és hozzájárulhatnak egy elosztott rendszer jövőbeli realizációjához, valamint alapjául szolgálhatnak jövőbeni kutatásoknak is.

A továbbfejlesztési irányok és a további kutatómunka lehetséges területei a következők:

- Koncepció kidolgozása a termékholonok érvényességének / működésének kiterjesztésére egészen a termék életciklusának végéig,
- A hulladékgyógyászati (hulladékmenedzsment) holonok bevezetése és szerepük/feladatuk meghatározása,
- Különböző megközelítések kidolgozása a termékholonok menedzselésére AutoID technológián alapuló követéssel.

Ezeket a koncepciókat/elképzeléseket a doktori értekezés 4. fejezete ismerteti részletesebben.

A legutóbbi koncepció a TraSer projektben kerül folytatásra, ami különben az első FP6 típusú projekt amiben SZTAKI –vezetésem által - koordinátorként vesz részt.

Részletek a disszertációm utolsó fejezetében, *Végső következtetések és további kutatási irányok* (Conclusions and further research directions), találhatóak.

A kutatás során felhalmozott ismereteket és eredményeket számos hazai és nemzetközi konferencián és folyóiratban adtam elő, illetve publikáltam, valamint felhasználtam a felsőfokú oktatásban is.



## 4. Saját publikációk jegyzéke

### 4.1. Az értékezéshez kapcsolódó publikációk

#### **Külföldön megjelent idegen nyelvű, folyóiratcikk**

- [1]. Ilie Zudor, A., 2000: Holonic Manufacturing Systems (in Romanian -Sisteme de fabricație holonice), *Annual Session of Scientific Papers*, May 27-29, Oradea, Romania, in the Journal "Analele Universității din Oradea, Fascicula Mecanica, Sectiunea Tehnologii in Constructia de Masini", pp. 351-356.
- [2]. Ilie Zudor, A., Monostori, L., 2000: New Manufacturing Paradigms, *Annual Session of Scientific Papers*, May 27-29, Oradea, Romania, in the Journal "Analele Universității din Oradea, Fascicula Mecanica, Sectiunea Tehnologii in Constructia de Masini", pp. 357-362.
- [3]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., 2000: Environmental and Life Cycle Issues in Agent-based manufacturing, *ERCIM News (Journal of the European Consortium for Informatics and Mathematics)*, No. 42, July, pp. 33-34.
- [4]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., 2001: Agent-based support for handling environmental and life-cycle issues, *Lecture Notes in Computer Science; 2358: Lecture Notes in Artificial Intelligence, Developments in Applied Artificial Intelligence AI 2070*, Springer, pp. 812-820. **(0,53 SCI index)**
- [5]. Ilie-Zudor, E.; Monostori, L., 2002: An agent-based approach for production control incorporating environmental and life-cycle issues, together with sensitivity analysis, *Lecture Notes in Computer Science; 2358: Lecture Notes in Artificial Intelligence, Developments in Applied Artificial Intelligence AI 3580*, Springer, 2002, pp. 157-167. **(0,53 SCI index)**
- [6]. Monostori, L.; Ilie Zudor, E., 2002: Environmental and life cycle issues in holonic manufacturing, *CIRP Journal of Manufacturing Systems*, WISU Verlag Aachen & Faculty Press International, Vol. 31, No. 3, pp. 209-214.
- [7]. E. Ilie Zudor, J. Holmstrom, 2005: Solution framework proposal: Taking effective control over the project delivery chain with automatic identification and agent based solutions, *Assembly Automation Journal*, Vol. 25 No.1, pp. 59-65. **(0,079 SCI index)**

#### **Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás**

- [8]. Ilie Zudor, A., Monostori, L., Kádár, B., Liszka, L., 1999: Evaluation and Compare of Novel Production Paradigms and Their Control Architecture, *Proceedings of the International Meeting on Information Technology and Computer Science*,

- MicroCAD '99, February 23-25, Miskolc, Hungary, ISBN 963 661 357 5, pp. 151-156.
- [9]. Ilie Zudor, A., Mihálcz, I., 1999: Environmental analysis of a robot hand driven by SMA wires, Proceedings of the International Meeting on Information Technology and Computer Science, MicroCAD '99, February 23-25, Miskolc, Hungary, section G, pp. 167-171.
- [10]. Liszka, L., Kádár, B., Monostori, L., Ilie Zudor, A., 1999: Extended Enterprise – Basic Concepts, Enabling Information Technologies, Open Questions, Proceedings of the International Meeting on Information Technology and Computer Science, MicroCAD '99, February 23-25, Miskolc, Hungary, section D, pp. 41-46.
- [11]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., 1999: Incorporation of Environmental Issues in Production Control, Proceedings of the 10th International DAAAM Symposium on Intelligent Manufacturing, Automation and Networking: Past-Present-Future, Oct. 21-23, Vienna, Austria, ISBN 3-901509-10-0, pp. 209-210.
- [12]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., 1999: An Environmentally Benign Approach to Agent-Based Manufacturing, Preprints of the 1st IFAC Workshop on Multi-Agent-Systems in Production, MAS'99, December 2-4, Vienna, Austria, pp. 191-195.
- [13]. Monostori, L., Ilie Zudor, E., 2000: Environmental and life cycle issues in holonic manufacturing, Proceedings of the 33rd CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, June 5-7, Stockholm, Sweden, pp. 176-181.
- [14]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., 2001: Modelling and management of production networks, in: Digital Enterprise Challenges, Life-cycle approach to management and production, Proceedings of the IFIP TC5 / WG5.2 & WG5.5 Eleventh International PROLAMAT Conference, November 7-10, 2001, Budapest, Hungary, (Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London), pp. 60-71.
- [15]. Ilie-Zudor, E.; Monostori, L.; Macchi, M.; Kádár, B.; Kuzmina, J., 2002: Teaching manufacturing systems modelling through simulation in an international platform for education and research, Proceedings of the 4th International Conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprise (MITIP), June 27-29, Savona, Italy, pp. 41-46.
- [16]. Ilie Zudor, E., Monostori, L.; Kuzmina, E., 2003: Constraint programming based support for production networks management, 7th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2003, 6-8 April, Budapest, Hungary, pp. 13-18.
- [17]. Ilie Zudor, E., Holmstrom, J., 2004: A supply chain solution for large project delivery, based on automatic identification, merge-in-transit and agent techniques, Proceedings of the 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Budapest, Hungary, pp. 371-376.

- [18]. Niemann, J., Ilie Zudor, E., Monostori, L., Westkämper, E., 2004: Agent-Based Product Life Cycle Data Support, IFAC Conference on Manufacturing, Modelling, Management and Control, IFAC-MIM'04, October 21-22, Athens, Greece, pp. 103-108..
- [19]. Niemann, J.; Ilie-Zudor, E.; Monostori, L.; Westkämper, E.: Agent-based product life cycle data support, in: Manufacturing, Modelling, Management and Control 2005, Edited by Chryssolouris, G. and Mourtzis, D., 2005, Elsevier, ISBN:008044562 4, pp. 105 – 110.
- [20]. Ilie-Zudor, E., Monostori, L., 2006: Agent-based approach for building-up efficient value chain networks, 39th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems; The Morphology of Innovative Manufacturing Systems, June 7-9, 2006, Ljubljana, Slovenia (accepted).

### ***Magyar nyelvű folyóiratcikk***

- [21]. Ilie Zudor, A., Mihálcz, I., Torkos, Z., 1998: Environmental design of robot hands (in Hungarian- Robotkezek Környezethelyes Tervezése), XIV National Seminar of Machine and Product Designers (Géptervezők És Termékfejlesztők XIV. Országos Szemináriuma), Dec. 15, Miskolc, Hungary, published in the Journal "Gép" (Machine), ISSN 0016 8572, Vol. 11, pp. 21-24.

### ***Magyar nyelvű konferencia-előadás***

- [22]. Ilie Zudor, A., Mihálcz, I., Monostori, L., 1999: Holonic systems in manufacturing, Proceedings of the 4th Scientific Conference of Young Technicians (in Hungarian: Holonikus rendszerek a gyártásban, Fialat Műszakiak Tudományos Ülészaka IV), Mars 19-20, Cluj-Napoca, Romania, ISBN 973 98579 8 1, pp. 129-132.
- [23]. Ilie Zudor, A., Torkos, Z., 1999: Automobile's passenger cab environmental design, in Proceedings of the 4th Scientific Conference of Young Technicians (in Hungarian: Személygépkocsik utasterének környezethelyes tervezése, Fialat Műszakiak Tudományos Ülészaka IV), Mars 19-20, Cluj-Napoca, Romania, ISBN 973 98579 8 1, pp. 141-144.

## **4.2. Az értékezéshez nem közvetlenül kapcsolódó publikációk**

### **Külföldön megjelent idegen nyelvű, folyóiratcikk**

- [24]. Mihálcz, I.; Gubinyi, Z.; Baranyi, P.; Balog, Z.; Ilie Zudor, E., 1998: A Finger Based on Intelligent Control System Using Shape Memory Alloy, *5<sup>th</sup> National Conference on Precision Mechanics and Mechatronics, COMEFIM 5*, Oct. 22-24, Timișoara, Romania, published in the Journal "Romanian Review of Precision Mechanics & Optics", supliment 2/1998, ISSN 1220-6830.
- [25]. Mihálcz, I.; Ilie Zudor, E., 2000: A Complete Design Model For Shape Memory Alloys, Annual Session of Scientific Papers, May 27-29, Oradea, Romania in the Journal "Analele Universității din Oradea, Fascicula Mecanica, Secțiunea Tehnologii in Constructia de Masini", 2000, pp. 363-368.
- [26]. E. Ilie-Zudor, R. Pinto, M. Macchi, L. Monostori, 2005: eSCM: Education on Supply-Chain Management on Graduate Level and within Corporations, *Transactions on Advances in Engineering Education Journal*, Issue 2, Vol. 2, April 2005, ISSN 1790-1979, pp. 66-73.
- [27]. Marco, M., Scotti, S., Palm, D., Ilie-Zudor, E., 2005: eSCM: a web-based institute for sharing knowledge and competencies in the educational area of supply-chain management, *Journal of e-Learning and Knowledge Society (JELKS)* (accepted).

### **Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás**

- [28]. Gyenge, Cs., Ioan Vușcan, I., Comsa, S., Ilie Zudor, A., 1998: Achievements of the Department of Manufacturing Engineering of the Technical University of Cluj-Napoca in the field of Implementing the Concurrent Engineering principles in Romanian industry, *Proceedings of the First International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, May 15-18, Lausanne, Switzerland, pp. 373-382.
- [29]. Mihálcz, I.; Ilie Zudor, A., 1998: Solution for Shape Memory Alloys Wire Power Circuits, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Conference of Managerial and Technological Engineering TEHNO'98*, May 28-30, Timișoara, Romania, Vol. 2, ISBN 973-0-00607-5, pp. 479-485.
- [30]. Ilie Zudor, E.; Mihálcz, I., 1998: A Study about Shape Memory Alloy's Electrical Resistance Variation and its Application, *Proceedings of the 9th International DAAAM Symposium Intelligent Manufacturing, Automation and Networking*, Oct. 22-24, Cluj-Napoca, Romania, ISBN 3-901509-08-9, pp. 215-216.

- [31]. Mihálcz, I.; Gubinyi, Z.; Ilie Zudor, E., 1998: A Biomechanic Robot Hand Using Shape Memory Alloys, Proceedings of the 9th International DAAAM Symposium Intelligent Manufacturing, Automation and Networking, Oct. 22-24, Cluj-Napoca, Romania, ISBN 3-901509-08-9, pp. 311-312.
- [32]. Mihálcz, I.; Ilie Zudor, A.; Baranyi, P., Gubinyi, Z., 1999: Implementation of SMA Wires in Driving a Biomechanical Robot Hand, International Meeting on Information Technology and Computer Science, MicroCAD '99, February 23-25, Miskolc, Hungary, pp. 101-106.
- [33]. Ilie Zudor, E., Mihálcz, I.; Baranyi, P.; Csibi, V., 1999: Fuzzy Logic Control Method for a SMA wire Driven Robot Mechanisms, Proceedings of the 10th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, IFToMM, June 20-24, Oulu, Finland, Vol.5, ISBN 951-42-5292-6, pp. 1811-1816.
- [34]. Mihálcz, I.; Ilie Zudor, E.; Baranyi, P.; Csibi, V., 1999: A Biomechanic Robot Hand Using SMA, Proceedings of the 10th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, IFToMM, June 20-24, Oulu, Finland, Vol.5, ISBN 951-42-5292-6, pp. 1835-1840.
- [35]. Ilie-Zudor, E.; Kádár, B.; Monostori, L.; Cavalieri, S.; Wiendahl, H.P.; Von Cieminski, G.; di Mascolo, M.; Campi, A.; Santambrogio, N., 2002: VIMIMS: Virtual institute for the modelling of industrial manufacturing systems: An international platform for teaching and research, Proceedings of the Third Conference on Mechanical Engineering (GEPESZET), May 30-31, Budapest, Hungary, ISBN 963 699 1650, vol.2, pp.754-758.
- [36]. Cavalieri, S.; Garetti, M.; Macchi, M.; Campi, A.; Collina, F.; Colorni, A.; Locatelli, I.; Longeri, T.; Von Cieminski, G.; Lopitzsch, J.; di Mascolo, M.; Frein, Y.; Kádár, B.; Monostori, L.; Ilie-Zudor, E.; Meroni, A.; Santambrogio, N., 2002: VIMIMS: Virtual Institute for the Modelling of Industrial Manufacturing Systems: Integration of on-line and "face to face" learning in an international platform for teaching and research, Proceedings of the IFIP World Computer Congress, 17th Edition, August 25-30, Montreal, Canada, pp. 153-159.
- [37]. Von Cieminski, G., Wiendahl, H-P., Garetti, M., Colorni, A., Frein, Y., Ilie Zudor, E., Meroni, A., 2002: Virtual Institute for the Modelling of Industrial Manufacturing Systems, LEARNTEC 2002 – 10th European Conference and Specialist Trade Fair for Educational and Information Technology, 5-8 February, Karlsruhe, Germany, 627-633.
- [38]. Ilie Zudor, E.; Monostori, L.; Kádár, B.; Cavalieri, S.; Von Cieminski, G.; Di Mascolo, M.; Campi, A., 2002: Integration of on-line and face-to-face learning at an international platform for teaching and research, Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Science and Technology, ICAST 2002, 17 August, Chicago, Illinois, USA, pp. 133-139.

- [39]. Ilie Zudor, E., Monostori, L., Wiendahl, H.-P., Macchi, M., Longeri, T., Di Mascolo, M., 2002: An International Platform for Education and Research in the Area of Modelling of Industrial Manufacturing Systems, Proceedings of the 13th International DAAAM symposium: "Intelligent Manufacturing & Automation: Learning from the Nature ", 23-26th October, Vienna, Austria, pp. 221-222.
- [40]. E. Ilie Zudor, L. Monostori, 2005: Graduate and corporation e-learning in the field of supply chain management, Proceedings of the 38th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, May, Florianopolis, Brazil.
- [41]. E. Ilie-Zudor, J. Kimmich, L. Monostori, 2005: Web-Based Education on Graduate Level and within Corporations in the Field of Supply-Chain Management, Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on Distance Learning And Web Engineering (DIWEB), ISBN: 960-8457-34-3, Corfu, Greece, August 23-25, pp. 65-70.

### **Magyar nyelvű konferencia-előadás**

- [42]. Mihálcz, I.; Ilie Zudor, A.; Baranyi, P., 1999: Proceedings of the 4th Scientific Conference of Young Technicians (in Hungarian: Az Alakemlékező Fémek Modelljeinek Összefoglalása, Fialat Műszakiak Tudományos Ülészaka IV), Mars 19-20, Cluj-Napoca, Romania, ISBN 973 98579 8 1, pp. 101-104.

**Ismert "Idegen" hivatkozások**

<b>Ilie Zudor, E., Monostori, L.</b> , 2001: Modelling and management of production networks, in: <i>Digital Enterprise Challenges, Life-cycle approach to management and production</i> , Proceedings of the <i>IFIP TC5 / WG5.2 &amp; WG5.5 Eleventh International PROLAMAT Conference</i> , November 7-10, 2001, Budapest, Hungary, (Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London), pp. 60-71.	
cikkre hivatkozik	
1.	<b>Wiendahl, H.-P., Lutz S.</b> , 2002: Production in networks, <i>Annals of the CIRP</i> , Vol. 51, No. 2, 2002, pp. 573-581.
2.	<b>Wagenknecht, C.; Aurich, J.C.</b> , 2004: Design of modular planning processes using model-based predictive control, Proceedings of the <i>37<sup>th</sup> CIRP International Seminar on Manufacturing Systems; Digital enterprises, production networks</i> , May 19-21, Budapest, Hungary, pp. 239-246.
<b>Monostori, L., Ilie Zudor, E.</b> , 2000: Environmental and life cycle issues in holonic manufacturing, Proceedings of the <i>33<sup>rd</sup> CIRP International Seminar on Manufacturing Systems</i> , June 5-7, Stockholm, Sweden, pp. 176-181.	
cikkre hivatkozik	
3.	<b>Haidegger, G.</b> , 2001: Open systems in manufacturing automation (Nyílt rendszerek a gyártásautomatizálásban), Dissertation for the Ph.D. Degree of the Technical University of Budapest, (in Hungarian).
4.	<b>Kádár, B.</b> , 2001: Intelligent approaches to manage changes and disturbances in manufacturing systems Dissertation for the Ph.D. Degree of the Technical University of Budapest, (in Hungarian).
<b>I.Mihálcz, E.I. Zudor, V.Csibi and P.Baranyi</b> , 1999: A Biomechanic Robot Hand Using SMA, 10 <sup>th</sup> World Congress on Theory of Mechanic and Mechanisms, Oulu, Finland, June , pp. 1835-1840.	
cikkre hivatkozik	
5.	<b>DeLaurentis K., Mavroidis C. and Pfeiffer C.</b> , 2000: Development of a Shape Memory Alloy Actuated Robotic Hand, Proceedings of the <i>ACTUATOR 2000 Conference</i> , Bremen, Germany, June 19-21, pp. 281-285.
6.	<b>C Libersa, M Arsicault, JP Gazeau, JP Lallemand</b> , 2004: A peculiar flip-flop actuator for an in-pipe microrobot, <i>Robotica</i> , volume 22, pp. 547–561.
7.	<b>K. J. De Laurentis, C. Mavroidis</b> , 2002: Mechanical design of a shape memory alloy actuated prosthetic hand, <i>Technology and Health Care</i> , Vol. 10, Issue 2, June, pp. 91-106, ISSN 0928-7329.
8.	<b>Harris M., Kyberd P.</b> , 2003: Design and development of a dextrous manipulator, <i>International Conference on Mechatronics, ICOM 2003</i> , pp. 627-632.
9.	<b>Chiroiu V., Munteanu L., Badea T., Nicolescu C.M.</b> , 2003: On a finger model actuated with shape memory alloy artificial muscles, <i>American Society of Mechanical Engineers, Dynamic Systems and Control Division (Publication) DSC</i> , 72 1, Pages 469-474.

<b>Ilie-Zudor, E.; Monostori, L., 2002:</b> An agent-based approach for production control incorporating environmental and life-cycle issues, together with sensitivity analysis, <i>Lecture Notes in Computer Science</i> ; 2358: <i>Lecture Notes in Artificial Intelligence, Developments in Applied Artificial Intelligence</i> , Springer, pp. 157-167.	
cikkre hivatkozik	
10.	<b>Wang, F.; Hou, Z.G.; Xu, D.; Tan, M., 2005:</b> An agent-based holonic architecture for reconfigurable manufacturing systems, <i>Advances in Natural Computation</i> , PT 3, <i>Lecture Notes in Computer Science</i> 3612, pp. 622-627.
<b>E. Ilie-Zudor, L. Monostori, E. Kuzmina, 2003:</b> Constraint programming based support for production networks management”, <i>Preprints of the 7<sup>th</sup> IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, April 6-8, Budapest, Hungary</i> , pp. 13-18.	
cikkre hivatkozik	
11.	<b>Romer D., Kulcsar B, 2004:</b> Realising the supply chain in the case of virtual companies, <i>Periodica Polytechnica Transportation Engineering</i> , 32 1-2, Pages 73-82.

<b>Összegző táblázat</b>	
Összes publikációk száma	42
Folyóiratcikkek	12
Konferencia-kiadványban megjelent publikációk	30
SCI publikációk	3
"Idegen" hivatkozások	11



## 5. A tézisfűzetben felhasznált irodalom

- [43]. Duffie, N. A.; Piper, R. S., 1986: Non-hierarchical Control of Manufacturing Systems, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 5, No. 2.
- [44]. Hatvany, J., 1983: The efficient use of deficient information, *CIRP Annals*, Vol. 32, No. 1, pp. 423-425.
- [45]. Hatvany, J., 1985: Intelligence and cooperation in heterarchic manufacturing systems, *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 2, No. 2, pp. 101-104.
- [46]. Henry, J., G.; G.W. Heinke, 1996: Environmental Science and Engineering (Prentice-Hall, Inc.), ISBN 0-13-398132-0, printed in the U.S.A.
- [47]. Koestler, A., 1967: *The Ghost in the Machine*, Hutchinson & Co, London (Second Edition: Arkana Books, London, 1989).
- [48]. Langer, G., 1999: HoMuCS - A methodology and architecture for Holonic Multi-Cell Control System, Ph.D. Thesis, Production Technology Department of Manufacturing Engineering, TU Denmark, Lyngby.
- [49]. Leitão, P.; Barata, J.; Camarinha-Matos, L.; Boissier, R., 2001: Trends in agile and co-operative manufacturing, <http://www.ipb.pt/~pleitao/papers/lca2001.pdf>
- [50]. Monostori, L., 1998: Intelligent Manufacturing Systems, dissertation for the D.Sc. Degree of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary.
- [51]. Monostori, L.; Márkus, A.; Van Brussel, H.; Westkämper, E., 1996: Machine learning approaches to manufacturing, *Annals of the CIRP*, Vol. 45, No. 2, pp. 675-712.
- [52]. Onosato, M.; Iwata, K., 1993: Development of a virtual manufacturing system by integrating product models and factory models, *CIRP Annals*, Vol. 42, No. 1, pp. 475-478.
- [53]. Tharumarajah, A.; Wells, A. J.; Nemes, L., 1996: Comparison of The Bionic, Fractal and Holonic Manufacturing System Concepts, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 9, No. 3, pp. 217-226.
- [54]. Tóth T., 1999: Tervezési elvek, modellek és módszerek a számítógéppel integrált gyártásban, *Egyetemi Tankönyv*, Miskolci Egyetemi Kiadó.
- [55]. Ueda, K.; Márkus, A.; Monostori, L.; Kals, H.J.J.; Arai, T., 2001: Emergent synthesis methodologies for manufacturing, *Annals of the CIRP*, Vol. 50, No. 2, pp. 535-551.
- [56]. Valckenaers, P., F. Bonneville, H. Van Brussel and J. Wyns, 1994: Results of the holonic system benchmark at KULeuven, Proc. of the *Fourth Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology*, Oct. 10-12, Troy, New York, pp. 128-133.

- [57]. Van Brussel H., 1994: Developments in Intelligent Manufacturing. Visions Into the Future, *European IMS Information Event*, April 7-8, Patras, Greece.
- [58]. Van Brussel, H., Valckenaers, P., Wyns, J., Bongaerts, L. And Detand, J., 1996: Holonic Manufacturing Systems and liM, In: *IT and Manufacturing Partnerships*, Conference on Integration in Manufacturing, Galway, Ireland, pp. 185-196.
- [59]. Van Brussel, H.; Wyns, J.; Valckenaers, P.; Bongaerts, L.; Peeters, P., 1998: Reference Architecture For Holonic Manufacturing Systems, *Computers in Industry, Special Issue on Intelligent Manufacturing Systems*, Vol. 37 (3), pp. 255-274
- [60]. Wiendahl, H.-P., 2002: Production in networks, *Annals of the CIRP*, Vol. 51( 2).
- [61]. Wyns, Jo, 1999: Reference architecture for holonic manufacturing systems - the key to support evolution and reconfiguration, Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- [62]. Yoshikawa, H., 1992: Intelligent Manufacturing Systems Program (IMS), *Technical Cooperation that Transcends Cultural Differences*, University of Tokyo, Japan.
- [63]. Yoshikawa, H., 1993: Intelligent Manufacturing Systems: Technical cooperation that transcends cultural differences, *Information Infrastructure Systems for Manufacturing, IFIP Transactions B-14*, Amsterdam, Elsevier Science B.V., North Holland.
- [64]. N.N., 2004, *Manufuture: A Vision for 2020, Assuring the Future of Manufacturing in Europe*, Report of the High-Level Group, EC, November: 1-20.