

Zárójelentés

**„A termelésirányítás intelligens technikái”
T043547 sz. OTKA projekthez
Dr. Viharos Zsolt János**

Budapest, 2007-02-20

A zárójelentés elkészítésében igyekeztem röviden összefoglalni az eredményeket, részletes leírás a jelentésben szereplő cikkekben található.

„A termelésirányítás intelligens technikái” című, T043547 számú szerződés kutatási tervében ismertettük a kutatómunka alapvető feltevését, miszerint, felvetődik az alacsony szinten már bevált technikák alkalmazása a termelésirányítás magasabb szintjein is.

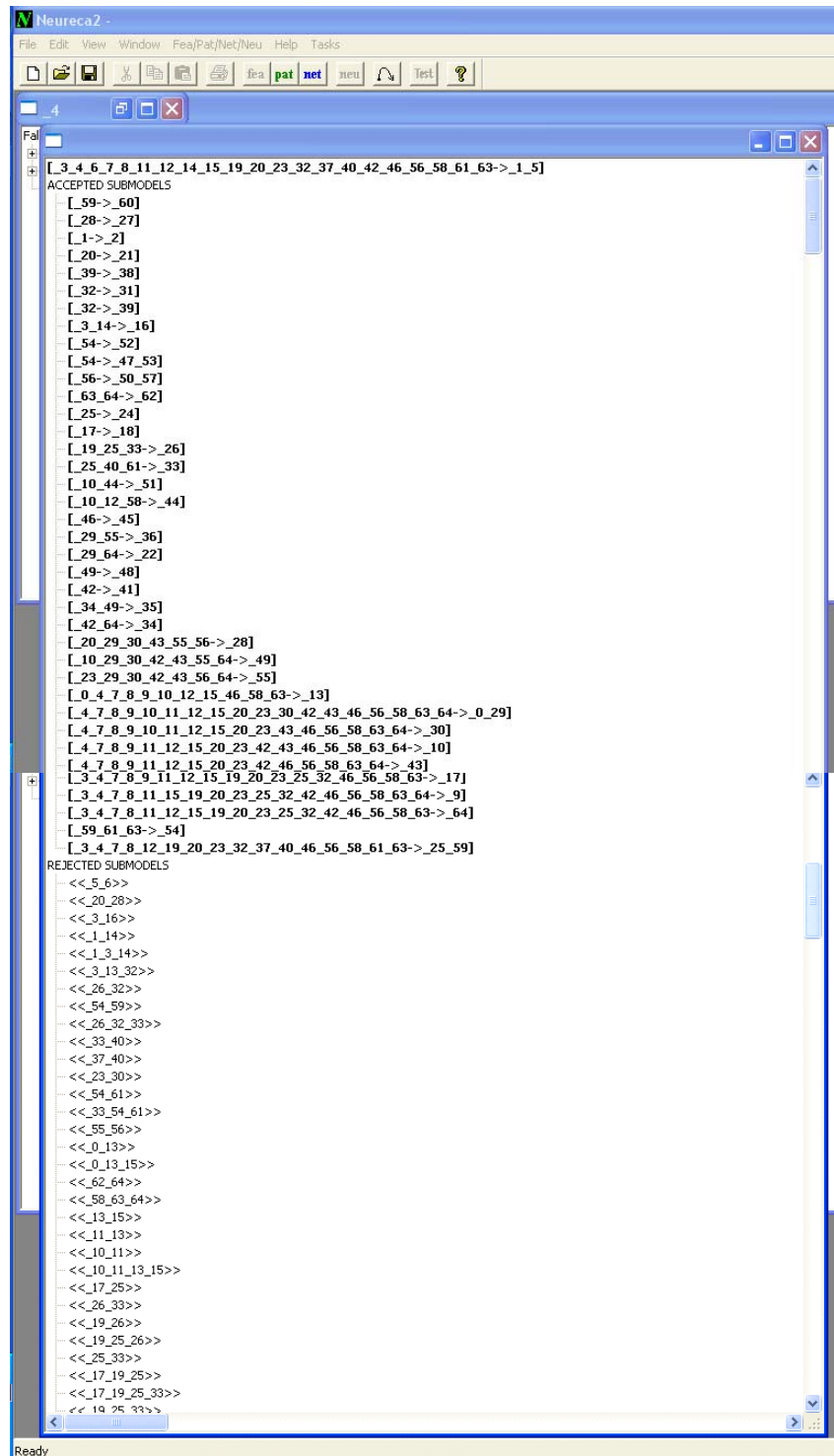
A mesterséges intelligencia technikák (sokszor más diszciplínák eredményeivel integrálva) nyújtják talán a legígéretesebb eszközöket (pl. mesterséges neurális hálózatok, fuzzy megközelítések, szakértő rendszerek) az intelligens gyártórendszerek által új kihívások megválaszolására. A szub-szimbolikus technikák (pl. a mesterséges neurális hálók) leginkább az alacsony szintű (pl. folyamat felügyelet), míg a szimbolikus technikák (pl. szakértő rendszerek) a magas szintű (pl. kapacitástervezés) gyártási feladatok megoldásában kerülnek elsősorban alkalmazásra. A vonatkozó irodalmat és az ipari felhasználásokat elemezve megállapítható, hogy a különböző szub-szimbolikus mesterséges intelligencia technikák elsősorban a gyártási struktúrák alacsonyabb szintjein kerülnek felhasználásra. Elsősorban e területre irányultak saját korábbi kutatásaink is.

A szub-szimbolikus mesterséges intelligenciával támogatott alacsony szintű gyártási döntéstámogatás leggyakoribb feladatai a gyártási folyamatok felügyelete; az állapot-felismerés; az alacsony szintű, lokális optimalizálás támogatása; a különböző gyártási szituációk azonosítása. Az intelligens gyártórendszer megvalósításának, természetesen az ilyen szintű döntések támogatása elengedhetetlenül szükséges, de távolról sem elégséges feltétele. Ha megvizsgáljuk a magas szintű gyártási problémákat, akkor az alacsony szintűekhez – információfeldolgozási szempontból – kísértetiesen hasonló fogalmakkal, feladatokkal találkozhatunk, mint, pl. termelés-felügyelet, szituáció felismerés, termelési-képesség vizsgálat, gyártórendszer optimalizálás, stb. Természetesen ezek a feladatok más adatokon alapulnak, különböző paraméterek meghatározását igénylik, egészen eltérő konkrét célokkal és korlátozásokkal rendelkeznek, mégis, felvetődik az alacsony szinten már bevált technikák alkalmazása a termelésirányítás magasabb szintjein is. E feltevés igazolása, és a vonatkozó megoldások kidolgozása a kutatás legfőbb célkitűzése.

Természetesen, a már kidolgozott, publikált vagy alkalmazott technikák nem alkalmazhatóak közvetlenül a magas szintű feladatok megoldására, azokat adaptálni, változtatni kellett. Célunk volt ezen algoritmusok megvalósítása, tesztelése, alkalmazási feltételeinek meghatározása - a magas szintű gyártási feladatok megoldásában. Az alacsony szinten felhasznált technikák, a termelő rendszert és magát a termelést jellemző paraméterek feldolgozásán keresztül alkalmazhatóak a magas szintű döntések támogatására. Konkrét gyártórendszerek termelési paramétereit, és e termelési rendszerek digitális szimulációja által szolgáltatott adatokat is felhasználva terveztük a kidolgozott módszerek fejlesztését és tesztelését. Ugyanakkor, megvizsgáltuk, hogy az így megvalósított, új technikák alkalmazhatóak-e az alacsony szintű feladatok megoldására is.

Természetesen az irodalomkutatás a projekt teljes időtartalma alatt zajlott, hasonlóan az eredmények publikálása is. Ezen a téren elért eredményeket a jelentésben szereplő cikkeink listája tükrözi.

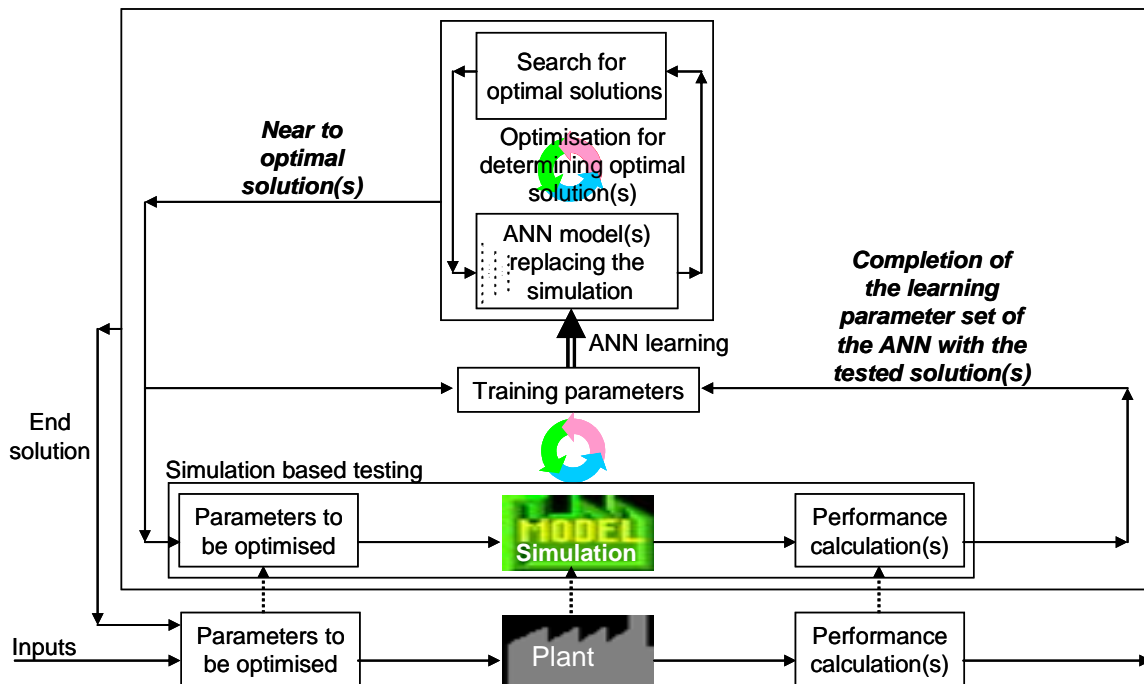
A kutatások során kifejlesztettük és implementáltuk a tervben is célul megfogalmazott, egy nagy rendszert, modellt egymással összefüggő, de külön is kezelhető részrendszerekké, modellekké bontó algoritmust. Az algoritmus megfelelően működik, alkalmazásával sikerült elérni azt az egy nagyságrendi ugrást, amellyel a korábbi kb. tucatnyi paraméter kezelése (és a köztük rejlő összefüggések tanulása) helyett, most már százas nagyságrendű paraméterállományt tudunk kezelni és a modellezésben-összefüggéskezelésben figyelembe venni. Az algoritmus kezdeti, két, ill. három változata után, az utolsóban – melyet dinamikus részmodellre bontásnak nevezünk – próbáltuk ötvözni a korábbi változatok előnyös tulajdonságait. A dinamikus megnevezés és jelleg a jellemzőválogatási, és mesterséges neurális háló alapú, tanítási modellépítési lépések ötvözésére vonatkozik. A részmodellek meghatározása során, a két módszer teljes mértékben a pillanatnyi rendszermodell állapotoknak megfelelően, azaz dinamikus módon egymásra épülve fut. Ezzel, úgy érezzük az integráció egy igen magas fokát sikerült elérnünk. Érdemes még megjegyezni, hogy a közismert jellemzőválogatási megoldást egy lényeges szempont szerint általánosítottuk: szakítva az n input (befolyásoló) jellemző, egy output (befolyásolt) paraméter szempontjából történő kiválasztásával, minden egyes paraméter egy esetben lesz befolyásolt és n esetben befolyásoló változó is. Hasonlóan ehhez, a modellépítés is szakít a klasszikus input-output megfeleltetéssel, a modell felépítése során dől el, hogy egy paraméter inputként, vagy outputként tudja a pontosabb és megbízhatóbb leképezést szolgálni - minden változtatást a minél jobb becslési képességnek rendeltünk alá, még azt is, hogy mely paraméter mely részmodellnek lesz eleme. Így tudtuk a két új módszert integrálni, és ez által új értelmet kapott mind a jellemzőválogatás, mind a modellépítés is. Ezt az algoritmust tekintjük a kutatási projektben a végleges változatnak. Ma már látszik, hogy további teljesítményjavulást és még nagyobb számú paraméterhalmaz kezelést tudnánk megvalósítani más típusú neurális hálózat alkalmazásával, ez a további kutatások egyik következő tervezett lépése. Az algoritmus egymással összekapcsolt, ill., egymástól szétválasztott paraméterhalmazokat és a hozzájuk tartozó modelleket adja eredményként, sőt a legutóbbi fejlesztés eredményeként már a keresés során potenciális részként előállt, de elvetett modelleket is bemutatja. Ezeket az eljárás fel is használja az elfogadott részmodellek hatékony felfedezése során. Egy komplexebb, ipari környezetben gyűjtött, nagyszámú termelési óra tapasztalatait magába foglaló adatbázison, és adott termelési feladaton végzett futtatás eredményeit jól szemléltetik a publikációkban bemutatott ábrák, melyek nagyszámú, önálló, de összefüggő részmodellekből álló összefüggés-hálózat létezését bizonyítják (1. Ábra.).



1. Ábra. Egy 65 paraméterből álló rendszer elfogadott és elvetett részmodelljei, alrendszeri. Az „ACCEPTED SUBMODELS” alatt található sorok egyenként egy-egy létező részmodellt reprezentálnak. A „->” jel bal oldalán a modell input, míg a jobb oldalán az output paramétereinek indexei láthatóak. Azonos indexek szerepelnek különböző modelleknél, ez mutatja, hogy modellek hálózatát adja az algoritmus eredményül. A „REJECTED SUBMODELS” rész alatt azon paraméterhalmazok szerepelnek, soronként, melyekre történt összefüggés keresési próbálkozás, de ez sikertelen volt, azaz ezek az algoritmus által elvetett részmodellek.

Kihangsúlyoznám, hogy a kutatás és a gyakorlati alkalmazás is itt már nem a gyártás úgy nevezett alacsony szintjein történt meg, hanem már egyel magasabb, gyártósor szinten. Sőt, talán még érdekesebb, hogy vegyítve volt az alacsony szintű információ a gyártósori, sőt némileg magasabb szintű adatokkal. Ez is jól mutatja, hogy megfelelően általános és adaptált technikák alkalmazhatóak a gyártás különböző szintjein, ennek megállapítása a projekt fő célkitűzése volt. Érdeemes megjegyezni, hogy ebben a modellépítési lépésben, az elfogadott és elvetett részmodellek aránya kb. 1:7. Az algoritmus annál hatékonyabb, minél kisebb ez az arány, legalább is egy bizonyos szintig. Bár korábban úgy terveztük, hogy lényegesen nem fejlesztjük tovább az algoritmust, de a magas szintű feladatok megoldás két olyan alapvető ötletet adott, amely lényegesen javítani tudja az algoritmus hatékonyságát, és így a fenti 1:7 arányt is. Ez is jó példája annak, hogy ha más területen alkalmazzunk egy módszert, akkor a felmerülő kérdések, nehézségek jó tudományos ötleteket generálnak és így tovább javítható az alkalmazott módszer és technika.

Egy igen érdekes alkalmazás volt a (gyári) termelés legfelső szintjén történt szimulációs modell és a neurális tanulási technika iterációkon keresztüli ötvözése (2. Ábra.). A kutatott esetben a rendszerparamétereket meghatározta a megoldandó optimalizálási feladat. Jól mutatja a termelési hierarchiában a magas szintű alkalmazást, hogy a főbb, megoldást leíró paraméterek az adott gyár egészére vonatkozó átfutási (rendelkezésre állás) és kihasználtság adatok voltak. A szimulációs és neurális technikák ötvözésével a magas szintű optimalizálás is nagyságrendekkel gyorsabb lett.



2. Ábra. Egy gyár szintű, interáción keresztül integrált alkalmazás. A megoldásban, tipikusan a gyártás alacsony szintjein alkalmazott mesterséges neurális hálózat a gyár szintű szimuláció által meghatározott adatok közti összefüggéseket tanulja így szolgáltatja az optimalizálás által alkalmazott modellt. A példában látható, hogy a gyártás alacsony szintjén alkalmazott technika, magas, gyári hierarchia szinten is alkalmazható.

Itt látható, hogy a termelés legalsó és felsőbb szintjein alkalmazott megoldások alkalmazhatóak voltak a termelés legmagasabb szintjén is. Ezek a kutatási eredmények felvethetik, hogy esetleg a technikák alkalmasak lehetnek még további szintek, pl. termelési láncok, kiterjesztett vállalatok problémáinak kezelésére is, ez további kutatási lehetőséget jelent.

Egy további fejlesztési irányt, ötletet eredményezett a magas szintű alkalmazás: ha az algoritmussal előállítjuk a részmodellek egy hálózatát, akkor tipikusan több megoldás adódik az önálló részek elkülönítésére. Ennek megfelelően, elkészíthető egy olyan új algoritmus, mely ezt az elkülönítést valamely megadott optimalizálási szempont szerint elvégzi.

Felépítettük a vállalati szimulációs modellt és elvégeztük a paramétereinek gazdagítását, kibővítését. Azt tapasztaltuk, hogy egyrészt, meglehetősen nagy tárháza van a paramétereknek ezért ezt a kiegészítést valahol „el kell vágni”, másrészt, az irodalmi áttekintés alapján látható (ebből is kiemelném az alábbi publikációt: Tiwari, M. K.; Mondal, S.; Application of an Autonomous Agent Network to Support the Architecture of a Holonic Manufacturing System; The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 20., 2002, pp. 931-942 – a cikk jó példát mutat a neurofuzzy irányok alkalmazási lehetőségeire is), hogy ilyen téren még kevés az átütő eredmény, sőt az irodalmi kutatások alapján, a jelenleg publikált megoldások a paraméterek egy kifejezetten szűk halmazán működnek.

Az algoritmus magas szintű felhasználásának tapasztalatai tükrözik, hogy egy igen lényeges területen lehet előrelépni alkalmazásával: ágens-identifikációra, azaz azonosításra is tudjuk használni a módszert. Alapvetően fontosnak tartjuk a részmodellre bontás és az ágens identifikáció közti analógia alapelemeit, melyek a következők:

- ágens rendszer: autonómia <- vs.-> részmodell hálózat: önálló részmodellek,
- ágens rendszer: lokális tudás(bázis) <- vs.-> részmodell hálózat: egy-egy részmodell a teljes rendszer paramétereinek csupán egy részét kezeli,
- ágens rendszer: kommunikáció/hálózati jelleg <- vs.-> részmodell hálózat: egy-egy részmodell megosztja egyes változók értékeit más részmodellekkel, melyet azok fel is használnak,
- ágens rendszer: adaptivitás <- vs.-> részmodell hálózat: részmodellek tanulóképessége, illetve, a részmodell hálózat újraépítése,
- ágens rendszer: az egyes ágensek következtető képessége, kiemelve az ehhez szükséges becslési, előrelátási képességet <- vs.-> részmodell hálózat: önálló részmodellek becslési képessége és az ennek felhasználásával megvalósított következtető/feladatmegoldó technika.

Az alacsony szinten használt technikák magas szinten való alkalmazása adta az ötletet ágensek közti döntési jog átadására is (3. Ábra.). Ennek részleteit ld.: Viharos, Zs. J.; Kemény, Zs.; AI techniques in modelling, assignment, problem solving and optimisation, AI-METH 2005 - Artificial Intelligence Methods, November 16–18, 2005, Gliwice, Poland, pp. 225-230.

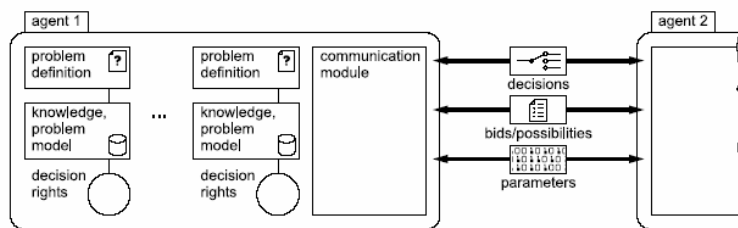


Fig. 5. Elements of conventional agent communication

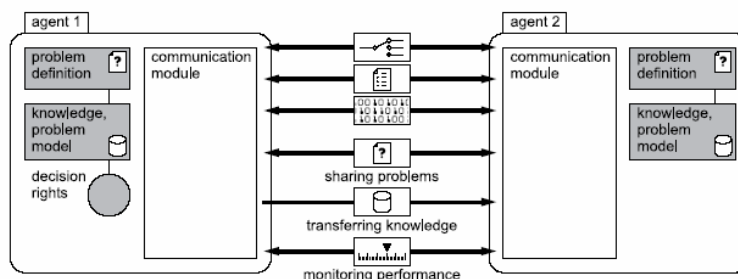


Fig. 6. Sharing an unsolved problem with other agents of the neighborhood

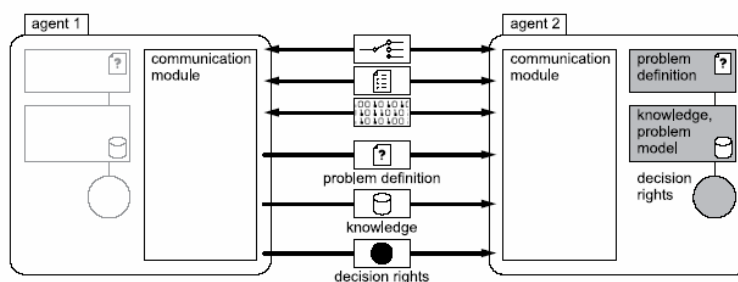
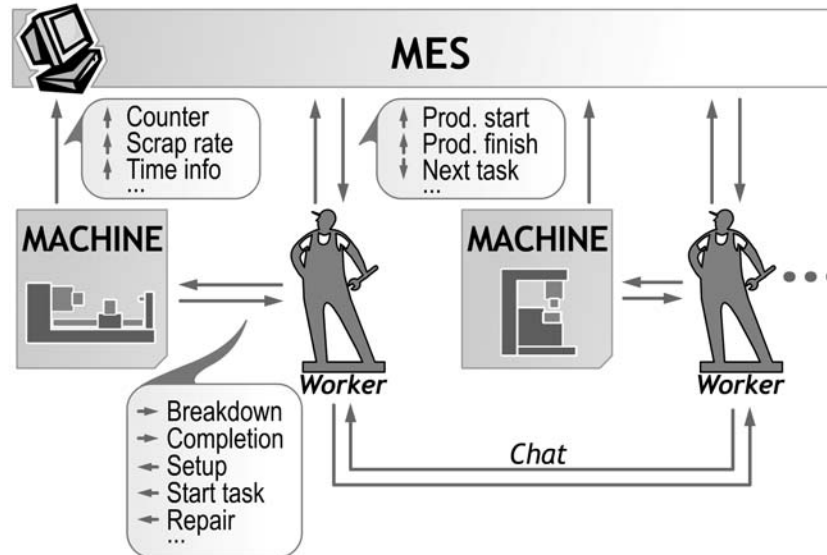


Fig. 7. Transferring knowledge and decision rights

3. Ábra. Ágensek különböző szintű döntési jogainak átadása. A felső ábra a szokásosnak mondható ágens kommunikációs tartalmi elemeket jelöli, a középső ábrával szemléltetve az ágensek már problémákat, tudást is megosztanak egymással, és figyelik egymás teljesítményének alakulását, míg a legalsó ábra azt szemlélteti, hogy a probléma és a tudás átadása mellett az ágensek döntési jogot is átadhatnak egymásnak.

Tapasztalataink szerint az ágensek megfelelő megválasztásával lényegesen javítható az ilyen rendszerek zavartűrése, reakcióképessége. Megjegyzendő, hogy a termelési ágensek meghatározása jelenleg általában főleg szakmai alapon történik, ez azt jelenti, hogy tipikusan egy, a gyártásban megszokott egység alkot egy ágenszt. Ennek tipikus példája a jól ismert PROSA architektúra is, ahol termék, erőforrás (gép), megrendelés, munkatárs ágensek alkotnak egy-egy termelő egységet. Az általunk kidolgozott megoldásban szakítunk az alapvetően szakmai tartalom alapon történő ágens meghatározással, célunk a minél jobb becslő, másképp fogalmazva, minél jobb előrelátási képességgel rendelkező ágensek meghatározása. A módszerben nem a kialakított ágenszt próbáljuk meg tanulási és egyéb technikákkal felruházni, hogy minél jobb legyen az ítélőképességük, hanem a folyamat megfordított. A részmodellre bontás alapján megállapított, maximálisra törekvő becslési/előrelátási képességnek megfelelően kerülnek az ágensek kialakításra.

Egy érdekes továbblépés volt a korábbi ágensekhez képest egy ún. MES (manufacturing execution system) ágens definiálása, amely segítségével a munkások, és a menedzserek közti kommunikációt lehet modellezni. A MES ágens adatainak tartalma majdnem azonos a vonatkozó termelési rendszer szimulációs modelljének tartalmával, de az adatfrissítés és tényleges tartalom a valós működésnek megfelelően a munkással és a menedzserral kapcsolatos kommunikációtól függ (4. Ábra). Ez által létrehozható volt egy olyan keretrendszer, amely segítségével új termelési folyamatok, irányítási rendszer és algoritmusok vagy éppen termelési zavarok hatása vált elemezhetővé.



4. Ábra. A MES ágens és kapcsolatai

Egy másik igen lényeges tapasztalat volt az alacsony szintű és a magas szintű gyártási feladatok közti hasonlósági faktorok meghatározása, amely a publikációkban olvasható.

Az eredményeket, részleteiben, a jelentésben felsorolt publikációk mutatják be.

Zárásképpen, a fentiek alapján megállapítható, hogy az alacsony termelési szinteken alkalmazott technikák megfelelően adaptálva alkalmazhatóak magasabb termelési szinteken, és ez igaz megfordítva is. Sőt az adaptáció számos újabb kérdést és feladatot vetett fel (és fog még felvetni a jövőben is), amely újabb tudományos ötleteket generált, ez által maguk a módszerek is javíthatóak voltak, amely további hatékonyságjavulást eredményezett mind algoritmikusan, mind minden termelési szinten is.

A kutatás során újabb kutatási területek merültek fel, ezek közül talán a további technikák integrálása az az egyik terület, amelyen érdemes lesz továbblépni. A másik, nagyobb lélegzetű kutatási célom annak konstruktív vizsgálata, hogy milyen lehetséges felbontásai vannak a termelési rendszereknek, azaz milyen jellegű és számú termelési szintet érdemes fenntartani, ezeket hogyan érdemes adaptívan változtatni, javítani. Ennek a témakörnek igen komoly hagyományai vannak hazánkban, célom egy következő OTKA pályázat elkészítése ezen a területen. És végül, kezd kibontakozni egy olyan kutatási terület is, ahol a termelést irányító rendszert önmegfigyelési és ez által modell szinten is önszabályzó funkciókkal lehetne ellátni, ez kapcsolódik a korábbi ágens alapú megoldásban említett hatáskör átruházási funkcióhoz is.

És végül, ez úton is szeretném megköszönni az OTKA támogatását! A projekt kiváló módon tudta támogatni az alapkutatást, biztosítva ennek szabadságát. Leginkább a publikációk és ezek megjelenésének támogatását tartom meghatározónak, természetesen, együtt más támogatott területtel, annak ellenére is, hogy kisebb elvonások többször is előfordultak a megvalósulás során. Remélem, a jövőben ismételen lesz alkalmam további OTKA projektet vezetni!