

SZIMULÁTOROK A TERMELÉSINFORMATIKA OKTATÁSÁBAN

SIMULATORS IN THE TEACHING OF PRODUCTION INFORMATION ENGINEERING

Erdélyi Ferenc, erdelyi@iit.uni-miskolc.hu
Hornyak Olivér, hornyak@iit.uni-miskolc.hu
Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet

Abstract

Production Information Engineering (PIE) is a great and important application area of Information Engineering. Software applications of this area can be arranged into a three level hierarchical structure. They are as follows: 1. Design of product, planning of technology and production (CAE). 2. Shop floor control and management of manufacturing (MES). 3. Automation of manufacturing processes (PAC). In general, complexity of the models for manufacturing systems is very high; therefore these applications demand effective and advanced computational technology such as Distributed Applications, Computer Simulation and Artificial Intelligence. Computer simulation is regarded as a general engineering method or software tools consisting of modelling the physical system or process, representation of the model in a computer program and running experiments tools for evaluating procedure. Students of Information Engineering branch at the University of Miskolc have the possibility to choose the block of study of PIE. Many of the subjects use computer simulation, and students are charged to solve simple tasks by oneself. For simulation of a manufacturing system they use simulator Taylor II. For simulation of cutting process MATLAB and MasterCAM are available. One of our current research programs supports developing extended NC simulator that is suitable to simulate the state variables of cutting process for alternative and robust NC programs or make production fitness values to support decisions making at shop floor control level.

Összefoglaló

A termelésinformatika az alkalmazott informatika egyik nagy és jelentős szakterülete. A termelésinformatikai alkalmazások három hierarchiai szintre rendezhetők: Ezek a következők. 1. Műszaki tervezés. 2. Gyártásirányítás és menedzsment. 3. Folyamatok automatizálása. A gyártó rendszerek bonyolultsága általában magas szintű ezért ezek az alkalmazások igénylik a hatékony és modern megoldásokat, mint amilyenek az osztott erőforrások használata, számítógépes szimuláció, mesterséges intelligencia módszerek stb. A számítógépes szimuláció átfogó műszaki eljárás vagy eszköz, amely magában foglalja egy fizikai rendszer vagy folyamat modellezését, a modell reprezentációját számítógépes program formájában és a program „futtatását”, kísérletezés és értékelés céljából. A Miskolci Egyetemen a műszaki informatikai szak hallgatói választhatják a termelésinformatika szakirányt. Itt több tantárgy is használja a szimuláció módszereit, és a hallgatóknak önálló feladatokat is meg kell oldaniuk. Gyártórendszerek modellezésére a Taylor II, forgácsolási folyamatok szimulációjára a MATLAB vagy a MasterCAM áll rendelkezésre. Jelenleg támogatott kutatási programunk is van kiterjesztett szolgáltatásokat nyújtó NC szimulátor fejlesztésére, amely alkalmas a forgácsolási folyamat állapotváltozóinak modellezésére alternatív és robusztus NC programok előállítására, olyan termelési célfüggvény értékek előállítására, amelyek támogatják a műhely szintű gyártásirányítás döntéseit.

SZIMULÁTOROK A TERMELÉSINFORMATIKA OKTATÁSÁBAN

SIMULATORS IN THE TEACHING OF PRODUCTION INFORMATION ENGINEERING

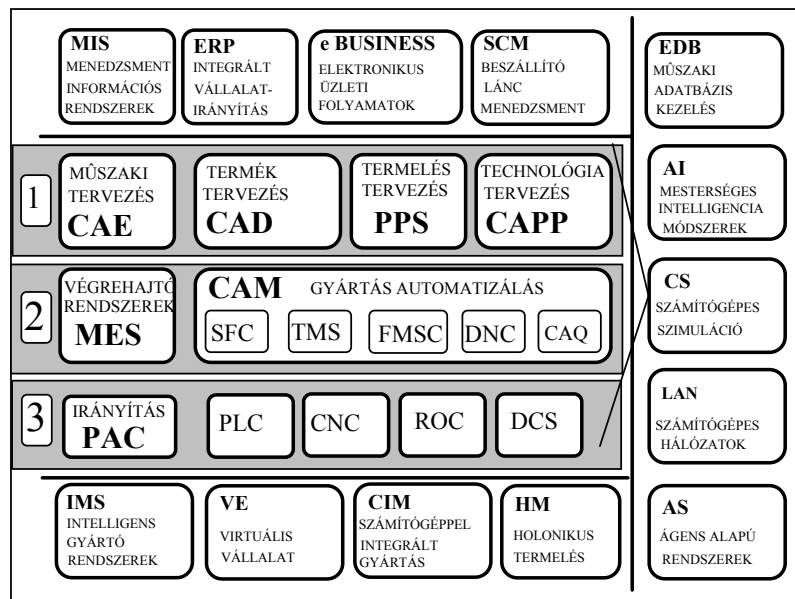
Erdélyi Ferenc, erdelyi@iit.uni-miskolc.hu
Hornyak Olivér, hornyak@iit.uni-miskolc.hu
 Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet

1. Bevezetés

A termelésinformatika az alkalmazott informatika egyik nagy és jelentős szakterülete. Szakértő becslések szerint a termelésinformatikai alkalmazások és rendszerek ma az informatikai világpiacon a szoftverértékesítés 30-40%-át képviselik. A termelésinformatikai alkalmazások a termelési rendszerek és folyamatok természetes, háromszintű hierarchikus struktúráját követik. Ezek a következők:

1. Számítógépes műszaki tervező rendszerek (*Computer Aided Engineering*)
2. Számítógépes végrehajtó rendszerek (*Manufacturing Execution Systems*)
3. Számítógépes folyamatirányítás (*Production Activity Control*)

A termelésinformatikai alkalmazások szervesen integrálódnak az üzleti informatikai rendszerekhez (*ERP, MIS, eBusiness, SCM*), amelyek az alkalmazott informatika másik legnagyobb alkalmazási szakterületét képviselik (1. ábra).



1. ábra. A termelésinformatikai alkalmazások struktúrája

A termelésinformatikai alkalmazások kutatásában jelentős szerepet játszanak azok az átfogó paradigmák, amelyek az alkalmazások kompatibilitásának, integrálhatóságának, rendszerszintű struktúrájának általános elveit határozzák meg. Ilyenek: a CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), az IMS (*Intelligent Manufacturing Systems*), a HM (*Holonic Manufacturing*) és a VE (*Virtual Enterprise*). Ezeken a területeken számos nagy európai kutatási projekt indult az utóbbi 20 évben. (CIM OSA, CCE-CNMA, Open CNC, Digital Factory, stb.). A termelésinformatika számos átfogó szoftvertechnológiai megoldásra épít. Ezek között különleges szerepet töltenek be a műszaki-gazdasági adatbázis alkalmazások, a mesterséges intelligencia módszerek, a számítógépes szimuláció, a számítógépes hálózati alkalmazások és az ügynök (ágens) alapú technológia.

A termelésinformatikai alkalmazások modelljei rendszerint komplex, nagy bonyolultságú, jelentősen nemlineáris modellek. Ez az oka annak, hogy az alkalmazások szoftver technológiai háttérében a modern számítástechnika legmodernebb és leghatékonyabb eszközei állnak. Ezek között vannak a számítógépes szimuláció módszerei és eszközei. A szimulációk szerepe nemcsak az ipari alkalmazásokban, hanem a termelésinformatika oktatásában is jelentős, mert a nagy és komplex rendszerek viselkedése megismerésének élményét „laboratóriumi” körülmények között teszi lehetővé.

2. A számítógépes szimuláció

A számítógépes szimuláció átfogó módszer és eszköz, amely magában foglalja egy rendszer vagy folyamat modellezését, a modell reprezentációját számítógépes program formájában és a program „futtatását”, kísérletezés és értékelés érdekében. Az értékelés célja lehet műszaki tervezés, döntéstámogatás (alternatívák között), és modell alapú rendszer-irányítás. A termelésinformatika szakterületén használatos számítógépes szimulátorokkal szembeni követelmények az alkalmazás hierarchiai szinteknek és felhasználási célnak megfelelően jelentősen különböznek.

A legismertebbek a gyártó rendszerek esemény orientált szimulátorai (*DES, Discrete Event Simulation*), amelyek alkalmasak megmunkáló központoktól, kis gyártó celláktól kezdve, üzemek, termelési telephelyek, egész gyárak időbeli működésének szimulációjára. A kereskedelmi szoftverek (*EmPlant-Simple++*, *TaylorII*, *ProModel*, *Witness*, *G2*, stb.) objektum orientált felépítése lehetővé teszi a modellezés magas szintű támogatását, interaktív modellalkotást, összetett eredmény-riportok képzést, grafikus (gyakran látványos) szemléltetést. A *DES* szimulátorok az erőforrások, a műveletek (operációk) és a munkadarabok állapotának időbeli változásait követik nyomon, diszkrét, a modell által definiált események felléptének időpontjaiban. A termelési folyamatok minősítésére az erőforrások kihasználtsága és megtérülése, a megrendelt termékek átfutási idejének hossza, a határidők betarthatósága, a rendszerben lekötött készletek színvonala, a termelési költségek alakulása a legfontosabb. A modellek lehetővé teszik determinisztikus és sztochasztikus állapotváltozók kezelést.

A termelésinformatikában használatos szimulátorok egy másik családja a technológiai folyamatok időbeli lefolyásának finomabb struktúráját szimulálja, különös tekintettel a diszkrét gyártástechnológiában meghatározó szerepet játszó geometriai állapotváltozások szimulációjára. Mint ismeretes, az alkatrészgyártásban és a szerelésben az alak, valamint a kölcsönös helyzet jellemzőinek alakulása határozza meg a műveletek minőségét. Ennek

megfelelően a forgácsolási és alakítási műveletek tervezése, NC gépek és Robotok programozása, részletes és pontos geometriai modellezést igényel. A pontos geometriai modellt használó mozgás szimulátorok főként a technológiai tervezés támogatói. A forgácsolás területén az NC technológia széleskörű elterjedése lehetővé tette egyszerű szerszámgeometriai eszközökkel bonyolult (szoborszerű) felületek pontos előállítását. Az NC programtervező szoftver alkalmazásoknak (*MasterCAM, NCTools, ACAD-NC, PEPS-2*, stb.) nélkülözhetetlen része a mozgás-szimulátor, amely a hibás szerszámmozgás, interferencia, ütközések felismerésével a hibátlan technológiai tervezés alapvető feltételeit garantálja. Hasonlóan fontos szerepe van a robotizált műveleteknél a robotprogramok mozgás szimulációjának.

A termelésinformatikai szimulációk harmadik fontos területe a technológiai folyamatok fizikai részleteinek szimulációja. Itt jóval kevesebb olyan általánosan és gyorsan használható eszköz van, mint a korábban említett két területen. Az ok a modellek nehéz tipizálhatóságában, bonyolultságában keresendő. A lineáris és nemlineáris állapot egyenletekkel, átviteli függvényekkel modellezhető folyamatokat (és ilyenek szép számmal vannak a termelésinformatikában, pl. a forgácsolási és alakítási folyamatok, pozicionáló helyszabályzók, hőkezelési folyamatok, anyagmozgatás, stb.) szimulációjára korlátozott követelmények esetén alkalmasak a *MATLAB*, a *SIMULINK*, a *LabView* és más hasonló szimulációs eszközök. Ezek modellalkotó szolgáltatásainak használata már mélyebb szakértelmet igényel és inkább a K+F feladatok megoldását szolgálhatja, mint a mindennapi termelési gyakorlatét.

3. Számítógépes szimuláció az oktatásban

A Miskolci Egyetem mérnök informatikus szakának hallgatói választhatják felsőbb évfolyamokon a termelésinformatikai szakirányt. Ez a szakirány olyan egyetemi diplomás informatikus mérnökök képzését tűzte ki célul, akik mérnöki, számítógép-tudományi és szoftver technológia (programozási) ismereteiket ipari informatikai rendszerek és termelésinformatikai alkalmazások megismerésével, ilyen rendszerek és alkalmazások használatával, telepítésével, üzemeltetésével, sőt tervezésével kapcsolják össze. Kétségtelen hogy a magyar iparszerkezet jelenlegi fejlődési szakaszában az ilyen szaktudásra jelentős kereslet van a Magyarországra települt multinacionális nagyvállalatok körében is.

A termelésinformatikai diszciplína határterület, amely szorosan kapcsolódik a mérnök-menedzsment tudományokhoz (pl. vállalatirányítás), a gépgyártás technológiához, az automatizáláshoz, a robottechnikához, stb. A gépipar területén számos fontos iparág, pl. az autópipar, a repülőgépipar, a tömegcikk-ipar, a hadiipar, az elektronikai elem- és készülékgyártás, a vegyipar, stb. vezető cégei jelentős termelésinformatikai alkalmazási rendszereket építettek ki. Ezek a rendszerek tipikusan osztott informatikai eszközrendszer és infrastruktúra, lokális hálózatokat és integrált alkalmazásokat használnak.

A „Termelés-informatikai” szakirány jellegzetes tantárgyai:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Numerikus módszerek | - Adatbázisok tervezése és kezelése |
| Optimálási módszerek | - Számítógépes hálózatok |
| Termelési folyamatok modellezése | - Számítógépes gyártásirányítás |
| Mesterséges intelligencia módszerek | - Számítógépes minőségbiztosítás |

Számítógépes termelésirányítás
Logisztikai rendszerek

- Számítógéppel integrált gyártás
- Technológia Menedzsment.

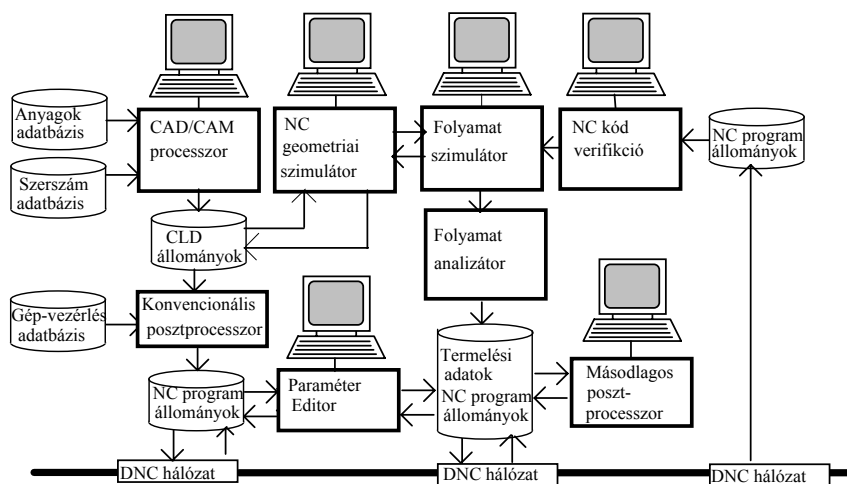
Mint látható a tárgyak a matematikai modellezés, az informatikai eszközök és a termelésinformatikai alkalmazások területét egyaránt felölelik. A tárgyak oktatásában jelentős szerepet kapnak a számítógépes szimulációk.

A „Numerikus módszerek” és az „Optimálási módszerek” a MATLAB önálló használatát igényli. A „Termelési folyamatok modellezése” két önálló feladat megoldását teszi követelményé, egyet a folytonos, állapotegyenletekre alapozott modellezés és egy másikat a DES típusú szimuláció körében Taylor II szimulátorral. A „Számítógépes gyártásirányítás” tárgy az NC programozás technikájának oktatásánál a Siemens Sinumeric 810, a MasterCAM és az NCTools szimulátorait használja. Megkönnyíti a robotprogramozás megértését és elsajátítását az IBM AML robotmozgás szimulátora a SCARA robotok körében.

A „Számítógépes termelésirányítás” tárgy a termelésirányító Kybernos alkalmazás szimulációs üzemmódjában „mi lenn akkor...ha” típusú szimulációs gyakorlatok végzését teszi lehetővé.

4. Kiterjesztett számítógépes szimuláció kutatása

Az elmúlt években, a termelési folyamatok szimulációja témakör az Alkalmazott Informatikai tanszék kutatási témakörei között is megjelent. Több magas színvonalú „Komplex feladat” és „Diplomaterv” is született. A témakörben jelenleg dolgozó doktorandusok száma: 4, további 1 doktorandus most pályázik felvételre. A kutatási témák közül most egyet, az „NC forgácsoló gépek folyamatainak komplex szimulációja” témát és az elért eredményeket vázoljuk röviden.



2. Ábra. NC geometriai és folyamat szimulátor struktúrája

Az NC programok generálásának elsődleges feladata, hogy előállítsuk az NC utasítások olyan szekvenciáját, amely a munkadarabot nyers állapotából kész állapotába viszi át. Számítógépes környezetben a geometria valamilyen CAD fájl formájában adott. A technológia tervezés feladata meghatározni, hogy milyen lépésekben és milyen technológiai

paraméterekkel történjen a megmunkálás. A technológiai tervezés, a termeléstervezés és a végrehajtás megvalósítása azonban időben jelentősen eltérhet egymástól. Az NC programok több változatban való elkészítése még számítógépes támogatással is időigényes feladat. Bármelyik módszerrel történjen az NC programok generálása, az elkészült programváltozatok „jóságát” ellenőrizni kellene. Az elsődleges kritérium a szintaktikai ellenőrzés és a geometriai verifikáció. A legtöbb NC programozó rendszer tartalmaz olyan szimulátort, amely számítógépes animáció segítségével geometriailag ellenőrzi az NC programot. A létező szimulátorok azonban a műveleti időn és néhány alapadaton kívül nem nyújtanak további, a termeléstervezés által felhasználható információt és a műveleti idő tekintetében is csak a forgácsolással eltöltött időt modellezzik.

A modern, rugalmas és adaptív termeléstervezés illetve termelésirányítás számára szükség lenne további termelési jellemzők előzetes becslésére. Ilyenek például:

- Teljes műveleti és előkészületi idők,
- Műveleti költségek,
- Várható szerszám éltartam, kopás, szerszámköltség,
- Felhasznált energia, a forgácsolási teljesítmény maximuma,
- Várható méretpontosság jellemzők, felületi minőségek, selejtarány becslése.

Ha a technológia tervezés fázisában lehetőség lenne ilyen paraméterek hozzárendelése az NC programokhoz, akkor ezeknek az ismeretében különböző technológiai alternatívákat lehetne előzetesen kidolgozni, amelyek elektronikus formában rendelkezésre állnak. Az alternatívák közül az optimális megoldás a gyártásirányítás üzemirányítási szintjén (*SFC*) lehetne kiválasztható minden, döntéstámogatást igénylő esetben. Ilyen szituációk lehetnek például:

- A termelési feladatok prioritásának változás,
- Nem várt gépkiesés,
- Nyersanyag vagy szerszámhiány,
- Termelési határidők módosulása.

Ilyen szolgáltatásokkal rendelkező számítógépes szimulátorok ma még nincsenek a gyakorlatban. Ennek okai a technológiai folyamatok modellezésének nehézségeiben keresendők. A 2. ábra egy komplex, geometriai és folyamat szimulátor felépítését szemlélteti, amely alkalmas robusztus technológiai tervezésre, változó üzleti célokhoz és gyártási szituációkhoz rugalmasan alkalmazkodó alternatív NC programok tervezésére. A szimulátor struktúrája a korszerű, komponens alapú felépítést követi és önállóan vagy kereskedelmi NC programozó rendszerrel együttműködve is üzemeltethető. A „hagyományos” NC program tervezés CLD állománya az NC geometriai és folyamat szimulátor egyik lehetséges bemenete. A szimulátor a geometriai szerszámhálya szimulációt a folyamat anyagleválasztási folyamatának szimulációjával egészíti ki. Az előtolási hatáskeresztmetszet, a forgács keresztmetszet, a technológiai intenzitás (Q cm³/min) a munkadarab és a szerszám 3D modellje valamint a szerszámhálya alapján szimulálható. A technológiai szimuláció alapja a forgácsoló erő modellezése, amelyre neurális háló alapú *AI* technika szolgál. A forgácsoló erő időfüggvényének ismeretében fontos fizikai paraméterek, a szerszámkopás, az energia felhasználás, a forgácsolási teljesítmény, a várható deformációk, felületi érdességre, pontosságra és selejtarányra vonatkozó becslések is számíthatók.

A szimulátort forgástestek esztergálására fejlesztjük, C++ fejlesztési környezetben. A szimulátor a tervek szerint nemcsak az oktatást, hanem ipari kísérleti adatokkal feltöltve az NC programozói gyakorlatot is szolgálni fogja.

5. Következtetések.

A termelésinformatika számítógépes eszközrendszerében kulcsszerepe lehet a gyors és hatékony számítógépes szimulációnak. A szimulátorok jól szolgálják az oktatást, és hasznos információkat adnak a termelés és a technológia tervezés gyakorlatához, változó technológiai illetve üzleti környezetben. A termelésmenedzsment számítógépes alkalmazásai (MES) számára fontos gyártásirányítási eszköz az NC programokba kódolt technológia rugalmassága, variálhatósága, alternatív NC programok alkalmazása. Az NC programok geometriai modelljére alapozott és kiterjesztett NC szimulátor döntéstámogató adatokat szolgáltat a termelés tervezés és a gyártásirányítás számára egyaránt.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a *Technológiai folyamatok objektum orientált modellezése* c. FKFP 0275 számú projekt támogatásával készült. A szerzők a támogatásért köszönetüket fejezik ki.

Irodalom

- [1] Erdélyi F., Hornyák O: *Overwiev of the Possibilities of NC Simulation of CAM. MicroCAD '01. International Conference. 2001. pp. 18-24.*
- [2] Erdélyi F., Hornyák O.: *NC Program Simulation with the Capability of Generating Alternative Process Plan for Flexible Manufacturing. 11th Prolamat 2001 Conference on Digital Enterprise, Budapest 2001 Nov. 7-10. Kluwer Academic Publishers, pp. 43-50.*
- [3] van Lutterveit C A, Childs T H C, Jawahir I S, Klocke F, Venuvinod P K, : *Present Situation and Future Trends in Modelling of Machining Operations. CIRP keynote papers. 1998. pp. 1-42.*
- [4] El Maraghy H A: *Evolution and Future perspectives of CAPP. Annals of the CIRP V42/2 1993. pp. 739-751.*
- [5] Tóth T, Erdélyi F: *The Role of Optimization and Robustness in Planning and Control of Discrete Manufacturing Processes. Proceeding of the 2nd World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems. June 10-13. 1997. Budapest, Hungary, Springer, pp. 205-210.*
- [6] Tóth Tibor: *Tervezési elvek, modellek és módszerek a számítógéppel integrált gyártásban. Tankönyv. Miskolci Egyetemi Kiadó 1998.*