X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

ÚJRAÜTEMEZÉSI DÖNTÉSEK TÁMOGATÁSA DISZKRÉT ESEMÉNYSZIMULÁCIÓ ALKALMAZÁSÁVAL

Pfeiffer András

Abstract

The paper presents the production scheduling problem in dynamic, changing environment and introduces a decision support system in the field of rescheduling. The system is based on schedule evaluation experiments using discrete event simulation. The possible role and application areas of simulation in production systems as well as categorization and terminology of rescheduling problems and solutions are also presented. Finally the paper introduces the prototype application of the developed concept.

Összefoglalás

A dolgozat röviden ismerteti a termelésütemezés problémáját dinamikusan változó környezetben. Felvázol egy ilyen dinamikus környezetben alkalmazható, újraütemezési döntéseket támogató rendszert, mely a termelési ütemtervek végrehajthatóságára vonatkozó kísérleteken alapul. Ismerteti az ehhez szükséges diszkrét esemény szimulációs modellezési technika lehetőségeit termelői rendszerekben, majd kategorizálja az újraütemezési problémákat és azok megoldási lehetőségeit. Végül röviden bemutatásra kerül a kialakított koncepció egy a gyakorlatban is megvalósított esete.

Bevezetés

A termelésütemezéssel kapcsolatos kutatások legnagyobb része hagyományosan az off-line ütemezéssel foglalkozik. Eszerint a rendelkezésre álló – statikus – adatok alapján valamely adott célfüggvényben meghatározott szempont vagy szempontok figyelembevételével és a szükséges korlátok betartásával készül az ütemterv. Ezzel szemben a valós, üzemszintű feladat-hozzárendelési (ütemezési) problémák többsége az állandóan változó környezet miatt az ún. dinamikus ütemezési problémák közé sorolhatóak, melyek komplex megoldási technikák alkalmazását teszik szükségessé. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a rendszerbe folyamatosan érkeznek újabb ütemezendő feladatok, valamint az elkészült ütemterv végrehajtását számtalan zavaró tényező befolyásolja, például nem tervezett gépleállás, sürgős megrendelés, határidő módosítás, emberi erőforrás hiánya, stb. Ezeknek a zavaró tényezőknek vagy *zavaroknak* a bekövetkezése véletlenszerű, nem tervezhető így szinte biztos, hogy a tervezett és a végrehajtott ütemterv között eltérés alakul ki. Azt, hogy milyen mértékű eltérés esetén avatkozunk be és a beavatkozás során hogyan módosítjuk/változtatjuk az eredeti ütemtervet az alkalmazott – újraütemezési – technika és a környezet határozza meg [1],[2].

Ipari esetekben a termelésütemezési probléma nagy komplexitású, rendkívül számításigényes feladat, míg a döntési alternatívák felállítása, és a döntéstámogatás gyors válaszidőket, interaktivitást kíván. A fent említett „komplex megoldási technikák” egyike mikor az ütemterv valós végrehajtása előtt, az aktuális gyártórendszeri állapotváltozók és feladatok figyelembe vételével az adott termelési ütemtervek végrehajthatóságára vonatkozóan kísérleteket végzünk (gyors előrejelzéseket), támogatva az időbeli szituáció felismerést és a megfelelő beavatkozást, valamint lehetővé téve a termelési terv-tény eltérések beavatkozási küszöbértékeinek vizsgálatát. A megoldás lényege, hogy a valós termelői

rendszert – mint dinamikus, változásokkal terhelt környezetet – vagy annak egy kisebb részét *szimulációs modellezés* útján leképezzük majd a valós rendszert a szimulációs modellel helyettesítjük [3]. Új típusú modellezési és alkalmazási technikák felhasználásával pedig lehetőség nyílik arra, hogy a kísérleti eredményeket a rendszer igen gyorsan, szinte valós időben rendelkezésre bocsássa, ily módon elősegítve a „valósídejű” döntéstámogatást.

Az ütemtervek kiértékelésével kapcsolatosan részletes áttekintést [4]-ben olvashatunk. A kiértékelés szempontjaként két fő kategóriát határozhatunk meg. Az első, hogy mihez mérjük, mihez viszonyítjuk az ütemterv jóságát, vagyis relatív vagy abszolút kiértékelésről beszélhetünk. Relatív kiértékelésnél azonos rendszerállapot alapján számított ütemterveket hasonlítunk össze, így a feladat az, hogy eldöntsük melyik a legalkalmasabb a megvalósításra. Ezzel szemben az abszolút kiértékelés az ütemterveket önmagukban vizsgálja, vagyis az ütemterveket előre meghatározott kiértékelési kritériumokhoz hasonlítja. A második kategóriát a kiértékelés során figyelembe vett környezet alkotja. Ez lehet statikus vagy dinamikus. Statikus kiértékelés során a végrehajtási környezettől függetlenül történik meg a kiértékelés, míg dinamikus kiértékelés esetén az ütemterv jóségánál figyelembe vesszük a dinamikusan változó, bizonytalanságokkal terhelt környezettel szemben tanúsított robusztusságot is.

A következő bekezdés rövid áttekintést nyújt a szimuláció alkalmazhatóságnak lehetőségeiről, modellezési technikákról és módszerekről melyek keretrendszerként szolgálnak a fent említett koncepció megvalósításához.

Diszkrét eseményszimuláció alkalmazásának lehetőségei termelői rendszerekben

A termelői rendszerek szimulációs modellezése – az általunk kiszemelt ütemterv-kiértékelés és döntéstámogatás mellett – természetesen megfelelő lehetőséget nyújt olyan más területek elemzéséhez is, mint például a gyáron belüli elrendezés módosítások elemzése, új termék-típusok bevezetésének megtervezése, stb. oly módon, hogy a különféle kísérletek háttérül minden esetben ugyanaz a szimulációs struktúra, „mag” áll, ám a modellezési szint mindig az aktuális kísérlet támasztotta követelményekhez igazodik.

Ez oly módon valósítható meg, hogy a termelési rendszerek három fő szintjének mintájára az ezeket modellező szimulációs rendszerek is hasonló, hierarchikus struktúrára épülnek (1. ábra). Az ábra bal oldalán felül látható a tervező-ütemező rendszer (komplex döntéshozatali folyamatokért felelős, tervezési és ütemezési feladatokat megvalósító szint), alatta a gyártásirányítási és -végrehajtási rendszer látható, mely az ütemtervek végrehajtását és az operatív gyártásirányítást végzi, tipikusan ilyenek a MES rendszerek. A legalsó szinten maga a fizikai rendszer található, mely a termelői erőforrásokat foglalja magába. Ezekhez – szintenként megfeleltetve – kapcsolódik a különböző részletességű és „célfüggvényű” szimulációs modell. Jobboldalon alul, az *emulációs modell* látható, mely a rendszer nagyon részletes, ám önálló döntési logikával nem rendelkező szimulációja. Általában a termelés-irányító rendszerek beüzemelés előtti tesztje során validálásra és betanításra használják. A klasszikus értelemben vett *szimulációs modell* már nem közvetlenül parancsokat, hanem jóval összetettebb bemeneteket kap kiértékelésre (esetünkben pl. egy termelési ütemtervet). A szimuláció az ütemezővel közösen, annak részeként segíti az elkészült ütemtervek többszempontú kiértékelését (pl.: megvalósíthatóság, robusztusság, érzékenység vizsgálatok, stb.) Abban az esetben, ha ezt a szimulációs modellt kiegészítjük egyéb funkciókkal, mint például egy optimalizáló algoritmus, akkor egy olyan *szimulációs megoldót* kapunk, melyben a modell mint kiértékelő függvény jelenik meg. Erre példa egy szimuláció alapú ütemező rendszer, vagy egy új gépsor optimális elrendezési tervének meghatározása lehet.

1. ábra. A szimuláció és a termelésinformatikai rendszerek kapcsolata

Az ábrán látható, hogy – lentől felfelé – a szimulációs modell részletessége (mélysége) csökken, míg a leképezett funkciók száma és komplexitása nő. Habár a modellek szintje változó, a vázat alkotó adatstruktúra mindig azonos. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a szimuláció ugyanazt – a vállalatirányítási rendszerhez kapcsolódó – termelési adatbázist használja mint az ütemező. Az előre elkészített modell-komponensekből az adatbázisban tárolt „legfrissebb” adatok alapján épül fel a szimulációs modell, és szükség szerint a kiértékelés során összegyűjtött eredményeket is ott tárolja.

Az ismertetett módszer hozzájárul a szimuláció alkalmazhatóságának kiterjesztéséhez mivel csökkenti a modellezésre fordított időt és munkát, ugyanakkor több területen is felhasználható az adat-integritásnak és a feladat-specifikusan kialakított szimulációs futtatásokból nyert eredményeknek köszönhetően.

Mindemellett fontos tudni, hogy ezeken a területeken – szemben az analitikus kiértékelési megoldásokkal – csak abban az esetben kapunk kielégítő eredményt, ha megfelelő számú szimulációs futtatásból nyert adat áll rendelkezésre a következtetéseket levonásához. Ez természetesen egy nagyobb rendszer szimulációs modellje, tehát nagyszámú állapotváltozó és bemeneti paraméter esetén, jelentős számítási igényt jelent. Ilyen esetekben kap nagy jelentőséget a megfelelő kísérlet-tervezési eljárás megválasztása (pl. faktoriális kísérlettervezés), mely a modell bemenő paramétereinek kimenetre gyakorolt hatásának vizsgálatával igyekszik kiválasztani a legmeghatározóbb inputokat [5].

Újraütemezés – terminológia

Az újraütemezés *stratégiájaként* a prediktív-reaktív módszert és a dinamikus ütemterv-generálást különböztethetjük meg [2]. Az utóbbi módszernél nincs kész ütemterv, a feladatokat „dinamikusan” azok feltűnésekor terheljük a rendszerre. Ezzel szemben az előbbi módszer előre kiszámított ütemtervet feltételez így az újraütemezés főbb lépései: a zavar mértékének meghatározása, ha a zavar mértéke beavatkozást igényel akkor a legmegfelelőbb újraütemezési eljárás kiválasztása, végül a meglévő ütemterv frissítése (esetleg újraszámítása). Azt, hogy a prediktív-reaktív módszer esetén mikor ütemezzünk az újraütemezési *politika* határozza meg, mely lehet: periodikus, eseményvezérelt vagy a kettő kombinációja (hibrid). Az újraütemezés módszere szerint kétféle csoportot határozhatunk meg: ütemterv generálás, vagy ütemterv-javítás (átütemezés).

Újraütemezési döntések támogatására a javaslatunk egy dinamikus környezetben működő, hibrid újraütemezési politikát alkalmazó rendszer, mely eseményvezéreltként beavatkozik a zavarelhárítás segítésére (döntéstámogatás), míg adott ciklusidővel figyeli a terv-tény elemzés eredményeit és kezdeményezi az ütemterv módosítását. A rendszer előrejelzéseket végezhet esetlegesen bekövetkező zavarokra – mindkét újraütemezési politika esetében – a szimuláció alkalmazásával.

További kutatásaink az újraütemezés során az egyébként ismert és alkalmazott hatékonysági mérőszámok, mint például átfutási idő, maximális késés, stb. mellett *stabilitási mérőszámok* bevezetését célozzák. Eszerint, az ütemterv módosítása során nem elhanyagolható tényező, hogy a „régí” és „új” ütemtervek – közös feladatokat tartalmazó részei – gyakran teljesen különböznek egymástól, ami a végrehajtás során bizonyos esetekben jelentős költségnövekedést okozhat (anyagmozgatási és átállási költségek).

Példa a gyakorlati megvalósításra

A fentiekben kifejtett koncepció gyakorlati megvalósítása a Digitális Vállalatok, Termelési Hálózatok (NKFP) projekten belül került alkalmazásra. A leképezett rendszer (ipari turbinákat összeszerelő gyáregység) egyik sajátossága, hogy a szimulációban igen nagy számú, közel hasonló tulajdonságú munkaállomást kellett kezelni. Felmerült az igény, hogy a szimulációs modell – a gyorsabb modellépítés érdekében – a rendszert leíró adatbázisból nyert adatok alapján, automatikusan épüljön fel. Az ily módon elkészített szimulációs rendszer és a heti, rövid távú ütemterveket előállító ütemező azonos adatbázist használ, megteremtve ezzel a könnyű integrálhatóságot. A gyár-részleg szimulációs modellje az ütemező adatmodelljét, valamint előre definiált modell-objektumokat alkalmazva dinamikusan épül fel minden szimulációs futtatás előtt, míg az adatbázis kapcsolat ODBC-n keresztül valósult meg. A szimuláció lekérdezi a szükséges adatokat (heti ütemterv, erőforrás kalendárium, routing adatok, stb.), felépíti a modellt, inicializálja a paramétereket a „gyár” aktuális állapotnak megfelelően, lefuttatja a megfelelő számú szimulációs kísérletet, majd előállítja a kért teljesítmény-mutatókat, lehetővé téve ezzel a felhasználó számára a felvázolt alternatívák közötti könnyebb döntést.

Az ütemtervek kiértékelése során – a termelőegység sajátosságai miatt – az emberi erőforrásokkal kapcsolatos vizsgálatokat helyeztük a középpontba. A szimulációs futtatások szolgáltatott eredményekkel minden egyes (heti) ütemtervre elemezhető, hogy mely erőforrás-csoportok vannak a terv végrehajthatóságára legnagyobb hatással. Az elemzés eredményeként az új ütemterv elkészítésénél, valamint az ütemterv tényleges végrehajtása során a kapott eredmények felhasználása elősegíti a döntések meghozatalát, mivel azok hatása (részben) előre ismertté válik.

A módszer kidolgozását munkatársaimmal publikáltuk [3], míg gyakorlati alkalmazását demonstráció keretén belül be is mutattuk.

Irodalomjegyzék

- [1] Szelke, E.; L. Monostori. 1999. Reactive scheduling in real-time production control, Chap. in Modeling Manufacturing Systems, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 65-113.
- [2] Vieira, G.E.; J.W. Herrmann; E. Lin. 2003. Rescheduling Manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies, and Methods. Journal of Scheduling, vol. 6, no. 1, 39-62(24).
- [3] Kádár, B.; A. Pfeiffer; L. Monostori. 2004. Discrete event simulation for supporting production planning and scheduling decisions in digital factories. *Proceedings of the 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems; Digital enterprises, production networks*, Budapest, Hungary, 444-448.
- [4] Kempf, K.; R. Uzsoy; S. Smith; K. Gary. 2000. Evaluation and comparison of production schedules. Computers in Industry, vol. no. 42, 203-220.
- [5] Law, A.; D. Kelton. 2000. Simulation modelling and analysis, McGraw-Hill, 669-672.

Pfeiffer András

Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, MTA, H-1111, Budapest, Kende u. 13-17.

Telefon / fax: +36 (1) 279 6195 / +36 (1) 466 7503, Email: pfeiffer@sztaki.hu