KITERJESZTETT RUGALMAS FLOW SHOP ÜTEMEZÉSI FELADAT MODELLEZÉSE ÉS MEGOLDÁSA

Kulcsár Gyula

Abstract. This paper discusses the shop floor scheduling problems of customized mass production. In order to solve scheduling and resource allocation issues, an extended flexible flow shop scheduling model has been developed. The focus has been set to determine feasible schedules considering alternative routes, machines, sequence dependent setup times, limited machine availabilities and product dependent production rates. A computer framework has been developed to check different heuristic algorithms based on simulation. The results of this work have been summarized in this paper.

Összefoglalás. A cikk az igény szerinti tömeggyártás műhelyszintű ütemezési problémáival foglalkozik. Az ütemezési és erőforrás allokálási feladatatok megoldása érdekében egy kiterjesztett rugalmas Flow Shop ütemezési modellt sikerült kifejleszteni. A hangsúly olyan módszerekre helyeződik, amelyek alternatív útvonalakat, gépeket, sorrendfüggő átállási időket, korlátozott gép rendelkezésre állásokat és termék függő termelési sebességeket figyelembe véve megvalósítható ütemterveket állítanak elő. Egy olyan számítógépi keretrendszer került kifejlesztésre, amely lehetővé teszi szimuláción alapuló heurisztikus algoritmusok vizsgálatát. Az elért eredményeket foglalja össze ez a cikk.

1. Bevezetés

A cikk célja az igény szerinti tömegtermelés rövid távú ütemezési feladatának elemzése, modellezése valamint megoldási módszerek ismertetése. A kutatás célja egy olyan ütemező rendszer kifejlesztése volt, amely automatikusan elvégzi az erőforrások allokálását és a munkák ütemezését annak érdekében, hogy a menedzsment által kitűzött célok megvalósuljanak. A célok sokfélék lehetnek [4]. Az aktuális cél időnként változhat, követve a menedzsment által megfogalmazott igényeket. Mivel tömeggyártásról van szó, a késztermék előállításához előre meghatározott műveleteket kell végrehajtani kötött sorrendben. Az ilyen jellegű gyártási folyamatok elméleti alapja a Flow Shop ütemezési modell. Ez a modell és ennek ismert kiterjesztései (pl. párhuzamos gépes, Flexible Flow Shop) nem tudják figyelembe venni az igény szerinti tömeggyártás jellegzetességeit (pl. a több lépés végrehajtására képes gépeket, technológiai útvonal alternatívákat, gépek változó rendelkezésre állási időintervallumait, eltérő termelési sebességeket és sorrendfüggő átállási időket), így szükség van ezeknek a modelleknek a kiterjesztésére, továbbfejlesztésére.

2. Flow Shop ütemezési modell kiterjesztése

A vizsgált diszkrét gyártási folyamatban különböző termékek állíthatók elő. Adott egy rendelés állomány, amelyet a külső rendelések és az előrejelzések figyelembe vételével a vállalat magasabb szintjén definiálnak. Minden egyes rendelés meghatározott típusú, adott darabszámú egyforma termék, adott határidőre történő legyártását igényli. A műhelyszintű irányításban a logisztikai egységet a paletta jelenti. Minden egyes palettára előre megadott darabszámú, azonos terméket lehet pakolni. Egy rendelés paletták halmazának tekinthető, ahol a paletták számát a rendelt mennyiség és a paletták termékfüggő mérete együttesen határozza meg.

A legtágabb értelmezés szerint minden paletta önálló munkának tekinthető. A feladat megoldása során paletták (munkák) kerülnek ütemezésre. Így a gyártás során az egyes gépeken kialakuló munka köteg, amely két egymást követő beállítási időintervallum közötti munkák sorozatát jelenti, dinamikusan változhat, megengedve ezáltal a sorozat bontást és egyesítést. A rendelések teljesítéséhez legfeljebb négy, vagy annál kevesebb műveletet kell kötött sorrendben végrehajtani, ezek a technológiai lépések. A technológiai lépések további operációk sorozatából tevődhetnek össze, de mivel a technológiai lépések nem megszakíthatók, ezért ezek tekinthetők az ütemezés során a legkisebb allokálható egységeknek. Az egyes technológiai lépések elvégzéséhez – a megfelelő gépeken túlmenően – meghatározott anyagoknak, komponenseknek is rendelkezésre kell állni adott mennyiségben. Ugyanakkor egy adott típusú termék különféle komponensek, gépek és útvonalak használatával is előállítható. A modellben feltételezhető, hogy az ütemezés előtt minden munkához hozzárendelhető egy korlátozott kezdési időpont, amely a kezdő lépés indíthatóságának időbeli korlátozására vezeti vissza a komponensek rendelkezésre állását.

A modellben végrehajtási lépésnek nevezem a technológiai lépések olyan sorozatát, amely gépváltás nélkül végrehajtható. Négy technológiai lépés esetén tíz különböző végrehajtási lépés típus határozható meg: [1-1], [2-2], [3-3], [4-4], [1-2], [2-3], [3-4], [1-3], [2-4], [1-4]. A végrehajtási útvonalat a végrehajtási lépések olyan sorozataként definiálom, amelyben az előforduló technológiai lépések csak egyszeresen vannak lefedve, azaz a végrehajtási lépések közös része üres halmaz.

Az ütemezési modellben szereplő gép objektumok – amelyek valójában különböző gyártási képességekkel rendelkező gépsorok – terméktől függő gyártási sebességekkel, munkák sorrendjétől függő átállási időkkel, rendelkezésre állási időintervallumokkal és egy adott termékcsoportra érvényes egyetlen végrehajtási lépés típussal jellemezhetők. A végrehajtási lépés típusok alapján gépcsoportok határozhatók meg. A csoportokon belül különböző darabszámú és gyártási képességű gépek lehetnek.

Az ütemterv elkészítésekor azt is figyelembe kell venni, hogy a műhely gépei már terheltek, így az utolsó megerősített és érvényben lévő ütemterv következményei hatással vannak az új ütemtervre.

3. Szimuláció alapú megoldási módszerek

A vázolt ütemezési feladat kombinatorikus tulajdonságai miatt NP nehéz feladatosztályba tartozik. Ezért a globális optimum keresése helyett, legfontosabb feladatomnak azt tekintettem, hogy olyan megoldási módszert fejlesszek ki, amely nagy méretű feladatok (pl. 700 megrendelés, 3000 munka 150 gép) esetén is elfogadható időn belül megvalósítható ütemtervet állít elő, úgy hogy a kiválasztott célfüggvény értéke minél jobb legyen.

Egy ütemterv elkészítéséhez minden egyes munka esetében végre kell hajtani a következőket:

1. hozzá kell rendelni egy megfelelő végrehajtási útvonalat,
2. hozzá kell rendelni a kiválasztott útvonal minden egyes végrehajtási lépésének megfelelő gépcsoportból egy megfelelő gépet,
3. meg kell határozni minden hozzárendelt gépen a végrehajtási sorban elfoglalt pozícióját,
4. definiálni kell minden hozzárendelt gépen a kezdési időpontját.

Kifejlesztettem egy szimulációs modellt (választható működési paraméterekkel), amely egy megengedett hozzárendelésből és gépenkénti végrehajtási sorrendből kiindulva – figyelembe véve a korábban ismertetett modell tulajdonságait – kiszámítja az ütemterv időadatait (kezdési időpontok, átállási és műveleti idők, befejezési időpontok), továbbá kiszámítja a célfüggvény értékeket (késő munkák száma, késések összege, átlaga, maximuma, makespan, átállások száma, stb. [1]).

Erre a numerikus szimulációra alapozva többféle heurisztikus megoldási módszert sikerült kifejleszteni, ezek alapvetően két csoportba sorolhatók. Az első csoportba tartoznak a felépítő jellegű heurisztikák, amelyek – a korábban ütemezett és nem módosítható hozzárendelésektől eltekintve – üres ütemtervből kiindulva, a kiválasztott soron következő ütemezendő munkához különbféle heurisztikus szabályok és szimulációs kiértékelés alapján hozzák meg az útvonalra, gépre és sorrendre vonatkozó döntéseket. A második csoportba tartoznak az iteratív javításon alapuló heurisztikák és lokális kereső eljárások. Ezeknél a módszereknél egy kezdeti megvalósítható ütemtervből kiindulva megengedett módosítások és szimulációs kiértékelések iterálásával alakul ki a célfüggvénynek jobban megfelelő ütemterv.

Tapasztalataim szerint a nagyméretű feladatok esetében a második csoportba tartozó módszerek hatékonyabbak, rugalmasabban alkalmazkodnak a célfüggvények változtatásaihoz és kevésbé időigényesek.

4. Ütemező szoftver

Az ismertetett ütemezési modell és a megoldási módszerek egy saját fejlesztésű szoftverben kerültek implementálásra (Borland C++ Builder fejlesztőkörnyezet használatával). A kifejlesztett alkalmazás magába foglal egy probléma generátort is, amely felhasználó által definiálható méretű és karakterisztikájú probléma instanciákat készít, ezeket relációs adatbázis táblákban tárolja. Az ütemező modul ezeket kiolvasva, a felhasználó által beállított paraméterek figyelembevételével felépíti a modellt, elkészíti az ütemtervet, végül az eredményeket visszaírja az adatbázisba. Az eredmények grafikus (Gantt diagrammok) és szöveges (célfüggvény értékek, listák) megjelenítésére külön modul áll rendelkezésre.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben összefoglalt kutatási és fejlesztési munkát támogatta a Magyar Tudományos Akadémia Termelés Informatikai Kutatóhelye (alapítva a Miskolci Egyetem Alkalmazott Informatikai Tanszékén, Grant No. MTA-TKI 06108). Továbbá az ismertetett eredmények kapcsolódnak a "VITAL" nevű projekthez (Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal, Grant No.: 2/010/2004, projekt vezető: Monostori László DSc). A szerző ezúton fejezi ki köszönetét a támogatásokért.

Irodalomjegyzék

[1] BRUCKER, P., 1998, *Scheduling Algorithms*, Springer-Verlag, Berlin.

[2] KIS, T., ERDŐS, G., MÁRKUS, A., VÁNCZA, J., 2004, *A Project-Oriented Decision Support System for Production Planning in Make-to-Order Manufacturing*, ERCIM News, No. 58, pp. 66-67.

[3] KOVÁCS, L., 2004, *The Methodology of Data Base Design and Management*, ComputerBooks, Budapest, 460 p. (In Hungarian).

[4] KULCSÁR, GY., HORNYÁK, O., ERDÉLYI, F., 2005, *Shop Floor Decision Supporting and MES Functions in Customized Mass Production,* Conference on Manufacturing Systems Development - Industry Expectations, Wroclaw, Poland, pp. 138 – 152.

[5] KURNAZ, A., COHN, Y., KOREN, Y., 2005, *A Framework for, Evaluating Production Policies to Improve Customer Responsiveness*, CIRP Annals, Volume 54/1, pp. 401-406.

Kulcsár Gyula, egyetemi tanársegéd, doktorjelölt

Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Tanszék

Magyarország H-3515 Miskolc-Egyetemváros

+36 (46) 565 111 / 1952 kulcsar@ait.iit.uni-miskolc.hu