

ezt a sort kérjük üresen hagyni!

KÉTSZINTŰ KAPACITÁSMENEDZSMENT ÚJRAKONFIGURÁLHATÓ ÉS DEDIKÁLT ERŐFORRÁSOK ALKALMAZÁSÁVAL

BILEVEL CAPACITY MANAGEMENT WITH RECONFIGURABLE AND DEDICATED RESOURCES

Gyulai Dávid⁽¹⁾⁽²⁾

(1) Fraunhofer Projektközpont, Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Kende utca 13-17;
Telefon: +36-1-279-6181, david.gyulai@sztaki.mta.hu

(2) BME Gyártástudomány és –technológia Tanszék, Cím: 1111, Magyarország, Budapest,
Egry József u. 1.

Abstract

Managing changes and disturbances resulted by fluctuating order streams and diverse product portfolios requires efficient capacity management decisions and production planning strategies. High volume products can be produced cost efficiently on dedicated assembly lines, while the assembly of low runners is more efficient on reconfigurable lines. In the paper a hierarchical planning decision workflow is presented to assign the products to dedicated and reconfigurable lines, and optimize the system configuration and the production plan of the reconfigurable system in an integrated way. The proposed solution is demonstrated through the results of an industrial case study.

Key words: capacity management, reconfiguration, production planning, optimization

Összefoglalás

Az ingadozó vevői megrendelések és összetett termékportfóliók eredményezte változások és zavarok kezelése hatékony kapacitás- és termeléstervezési módszereket igényel. A nagy darabszámban előállított termékek gyártása gazdaságosabban oldható meg dedikált gyártósorokon, azonban az alacsony darabszámok esetén az újrakonfigurálható rendszerek alkalmazása célszerűbb. A cikk egy olyan hierarchikus döntési folyamatot mutat be, amely költség-optimalis módon rendel hozzá az egyes termékek gyártását dedikált, illetve újrakonfigurálható szerelősorokhoz, valamint meghatározza az optimalis erőforrás-készletet és termelési tervet az újrakonfigurálható sorok esetén.

Kulcsszavak: kapacitásmenedzsment, újrakonfigurálás, termeléstervezés, optimalizálás

ezt a sort kérjük üresen hagyni!

1. Bevezetés

A hosszútávon történő stratégiai termeléstervezés és erőforrás-hozzárendelés összetett döntési feladatot jelent, ugyanis a tervek meghatározásakor nem csak az aktuálisan rendelkezésre álló kapacitásokat és vevői megrendeléseket, hanem a termék életciklusának időbeli változását is figyelembe kell venni, amely közvetlen módon hat a darabszámok változására. Amennyiben egy cég változatos termékpalettával rendelkezik, a hagyományos gyártórendszer struktúrák nem minden esetben elég rugalmasak ahhoz, hogy hatékonyan

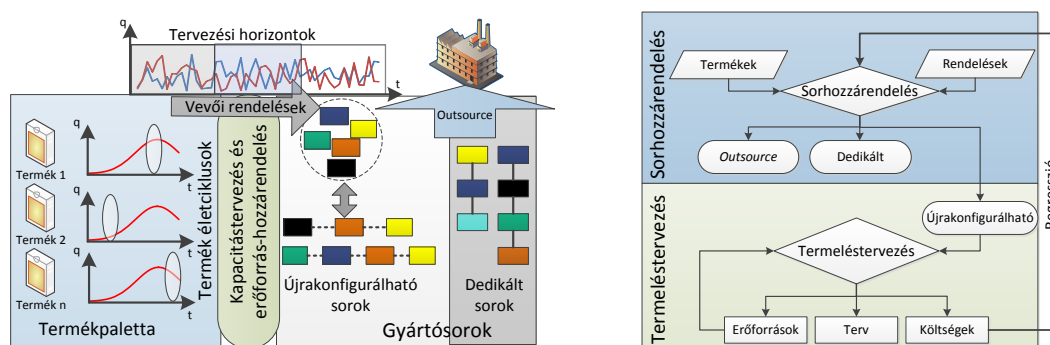
tudjanak alkalmazkodni azokhoz a változásokhoz, amelyek a termék életciklusának különböző fázisaiban jelentkeznek. Az egyes termékek darabszámától függően több módszer létezik a költséghatékony gyártásra: a dedikált gyártó/szerelősorok a nagy darabszámú termékek, az úgynevezett újrakonfigurálható sorok a kis darabszámú, de több termékből álló termékmixek esetén jelentenek olcsóbb megoldást.

A szakirodalomban sok módszer foglalkozik az újrakonfigurálható gyártórendszerekkel, illetve a különböző, hatékony kapacitástervezési módszerekkel, azonban kevés olyan található, amely a két tématerületet együtt alkalmazza. Ceryan és Koren két termék gyártására mutat be hatékony kapacitástervezési módszert, ami az ún. „flexible premium” segítségével határozza meg, hogy mely termék gyártását érdemes dedikált valamint rugalmas erőforrásokhoz rendelni [1]. A dinamikusan változó vevői megrendelések miatt a kapacitástervezési módszereket gyakran Markov döntési folyamatként modellezik, amely véletlenszerűen változó paraméterek esetén is alkalmas hatékony döntési stratégia meghatározására [2][3][4].

A szerző egy korábbi tanulmányában bemutatásra került egy módszer, amely a már meglévő, dedikált szerelősorokat váltja ki moduláris, újrakonfigurálható erőforrások alkalmazásával [5]. A különböző mobil munkaállomások mindegyikén az operátorok meghatározott szerelési műveletet (pl. csavarozás, préselés) végeznek, és emellett a termék szerelési folyamata alapján meghatározható, hogy milyen munkaállomások szükségesek a gyártáshoz. Mivel a munkaállomások mozgathatók, illetve a különböző technikai paramétereik állíthatók (pl. csavarozási nyomaték, cserélhető készülékek), a munkaállomásokat az éppen gyártani kívánt termék függvényében át lehet alakítani (újrakonfigurálni) egy szerelősorrá, amin az adott termék szerelését el lehet végezni.

2. A kapacitástervezési probléma

A dolgozatban bemutatásra kerülő új módszer egy változatos termékpalettával (sok termék, nagyon eltérő darabszámok) rendelkező gyár esetén költséghatékonyan képes hozzárendelni a termékek szerelési folyamatát dedikált, illetve újrakonfigurálható erőforrásokhoz, esetleg alvállalkozóhoz (*outsourcing*), valamint meghatározza az optimális erőforrás-készletet és termelési tervet az újrakonfigurálható sorok esetére (1. ábra).



1-2. ábra. Az alkalmazott döntési folyamat szemléltetése

2.1. A költségmodell

A termékek erőforrás típusokhoz történő hozzárendelése hosszabb időtávú döntéseket igényel, ennek megfelelően a figyelembe vett költségmodell is csak a beruházásokat, illetve a

sorok üzemeltetésével járó kiadásokat foglalja magában. A dedikált sorok és az alvállalkozónak történő kiadás esetén a gyártási költségek lineáris függvényei a darabszámoknak: dedikált sorok esetén magas fix költség és kis meredekség, alvállalkozó esetén alacsony fix költség és nagy meredekség. Az újrakonfigurálható szerelősorok esetén a gyártási költség (C^R) általános, nemlineáris függvénye a darabszámoknak, ugyanis az alkalmazott termelési terv nagymértékben befolyásolja a szükséges erőforrások mennyiségét, illetve az üzemeltetés költségeit is.

2.2. A döntési folyamat

A kapacitás-menedzsment két döntési szintet alkalmaz: a sor-hozzárendelési szinten hosszútávon dől el, hogy mely terméket milyen erőforrás típusokhoz kell hozzárendelni a gyártási költségek minimalizálása érdekében, a termelésstervezési szinten az újrakonfigurálható rendszer költség-optimalis erőforráskészletét és termelési tervét határozzuk meg. Mindkét szinten fix hosszúságú, gördülő horizonton történik a tervezés, és a döntések figyelembe veszik a már meglévő erőforrásokat is (2. ábra).

3. Kétszintű kapacitásmenedzsment

3.1. Sor-hozzárendelés

A sor-hozzárendelés során a különböző termékek gyártását rendeljük hozzá a dedikált illetve újrakonfigurálható szerelősorokhoz, valamint alvállalkozóhoz. Mivel az újrakonfigurálható esetben a gyártási költség függvénye nem adható meg zárt alakban, ezért az alsó (termelésstervezési) szinten történő, véletlenszerűen generált scenáriók tervezési eredményei alapján a következő regressziós függvényt vezetjük be:

$$C^R \approx \beta_0 + \sum_{p \in R} \left(\beta_1 + \beta_2 p_p q_p + \sum_{j \in J} \beta_{j+2} r_{jp} \right) = \beta_0 + \sum_{p \in R} \alpha_p, \quad (1)$$

ahol β_0 fix paraméter, α_p pedig termékenként változik. A sorok költség-optimalisan hozzárendelhetők a három különböző eset valamelyikéhez, ha minden p termék esetén meghatározzuk azt, hogy mely rendszerben a legalacsonyabb a termékhez társított költség-paraméter.

3.2. Termelésstervezés

A termelésstervezési szinten integrált módon történik meg az erőforráskészlet, illetve a termelési terv optimalizálása, a probléma megfogalmazható az alábbi egészértékű programozási modell segítségével:

$$\min \sum_{j \in J} e_j n_j + h \sum_{t \in T} \sum_{p \in R} x_{tp} + \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} \sum_{p \in R} o_j r_{jp} x_{tp} \quad (2)$$

$$(3)$$

$$n_j + n_j^0 \geq \sum_{p \in R} r_{jp} x_{tp} \quad \forall j, t \quad (4)$$

$$\left\lfloor \frac{q_p p_p}{s} \right\rfloor = \sum_{t \in T} x_{tp} \quad \forall p \quad (5)$$

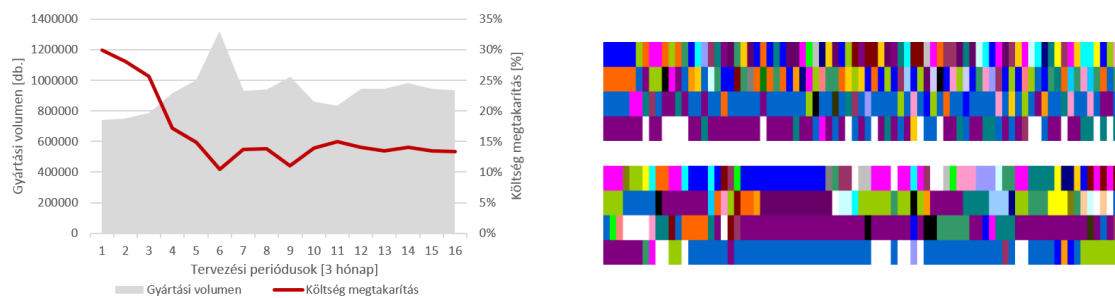
$$n_j \geq 0, \quad x_{tp} \in \{0,1\} \quad \forall j, t, p \quad (6)$$

Ahol e, o, h a beruházás, üzemeltetés, illetve emberi erőforrás költsége; q_p és p_p a p termék gyártási darabszáma illetve normaideje. A p termék szerelési folyamata által igényelt erőforrások száma r_{jp} , a már meglévő erőforrások száma n_j^0 , a műszakok hossza s . Az optimalizálás során meghatározandó döntési változók n_j az újonnan beszerzendő erőforrások

száma, illetve x_{tp} , amely megadja, hogy p terméket t műszakban gyártják-e ($x_{tp}=1$) vagy nem ($x_{tp}=0$).

4. Eredmények

A futtatási eredményeket egy gyár valós adatai alapján végeztük el 67 termékre. A sor-hozzárendelés során a bemutatott regressziós módszer hatékonyan becsülte az újrakonfigurálható rendszerben történő gyártás költségeit ($R^2=0,98$), illetve belátható hogy a módszer és a moduláris újrakonfigurálható sorok alkalmazása esetén jelentős költségmegtakarítás érhető el ahhoz az esethez viszonyítva, ha csak dedikált sorokat alkalmaztunk volna (3-4. ábra).



3-4. ábra. A sor-hozzárendelési (bal) és termeléstervezési feladat eredményeinek szemléltetése (jobb)

A termeléstervezési szinten költség-optimalis erőforráskészlet határozható meg, valamint a műszakok sorrendjét is optimalizálni lehet az újrakonfigurálás szempontjából, amennyiben a feladatot utazóügynök problémaként felírva például lokális kereséssel oldjuk meg. Ezáltal a kiindulási állapothoz képest sokkal egyenletesebb műszakrendet kapunk, amely még kielégíti az erőforráskorlátokat, azonban minimalizálja az újrakonfigurálásokat számát.

7. Összefoglalás

A dolgozatban egy új, kétszintű kapacitásmenedzsment módszer került bemutatásra, amely a gyártási költségek csökkentése érdekében az egyes termékek szerelési folyamatait dedikált, illetve újrakonfigurálható erőforrásokhoz rendeli hozzá. Az alkalmazott egészértékű programozási valamint többváltozós regressziós modell segítségével az erőforrások száma, illetve lokális keresés segítségével a termelési terve műszakjainak sorrendje is optimalizálható.

Irodalom

- [1] CERYAN, O., KOREN, Y., *Manufacturing Capacity Planning Strategies*, CIRP Annals–Manufacturing Technology, 2009, 58/1:403-406.
- [2] LANZA, G., PETERS, S., *Integrated Capacity Planning over Highly Volatile Horizons*, CIRP Annals–Manufacturing Technology, 2012, 61/1:395-398.
- [3] ASL, F. M., ULSOY, A. G., *Stochastic Optimal Capacity Management in Reconfigurable Manufacturing Systems*, CIRP Annals–Manufacturing Technology, 2003, 52/1:371-374.
- [4] COLLEDANI, M., TOLIO, T., *A Decomposition Method to Support the Configuration/Reconfiguration of Production Systems*, CIRP Annals–Manufacturing Technology, 2005, 54/1:441-444.
- [5] GYULAI, D., VÉN, Z., PFEIFFER, A., VÁNCZA, J., MONOSTORI, L., *Matching Demand and System Structure in Reconfigurable Assembly Systems*, Procedia CIRP, 2012, 3:579-584.