

A FLEXIFORCE HUNGARY KFT. TERMELÉS- TERVEZÉSI FELADATÁNAK MODELLEZÉSE ÉS HEURISZTIKUS MEGOLDÁSA

Hadházy Péter

BSc hallgató, Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: hadhazy@iit.uni-miskolc.hu

Kulcsár Gyula

Egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet, Alkalmazott Informatikai Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: iitgy@uni-miskolc.hu

Kulcsárné Forrai Mónika

Egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem, Informatikai Intézet,
Alkalmazott Informatikai Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: aikfm@uni-miskolc.hu

Magyar Dusan

Folyamatfejlesztő, FlexiForce Hungary Kft., Folyamatfejlesztési Osztály
4220 Hajdúböszörmény, Külső-Hadházi u. 18., e-mail: dusan.magyar@flexiforce.hu

Összefoglalás

A dolgozat a diszkrét termelési folyamatok egy új termelés-tervezési modelljét és annak gyakorlat-orientált megoldását foglalja össze. A korszerű gyártó-szerelő rendszerekre jellemző technológiai útvonalak, korlátozottan rendelkezésre álló gépek és gyártóeszközök, valamint határidős független rendelések együttes figyelembevételével gyakorlati igényekhez alkalmazkodó tervezési koncepció kerül bemutatásra. A cikk ismerteti a vizsgált feladattípus legfontosabb jellemzőit és a kifejlesztett heurisztikus megoldási módszer koncepcióját.

Kulcsszavak: termelés-tervezés és ütemezés, termelésirányítás, vállalatirányítási rendszer.

Abstract

The paper summarizes a new model and a practise-oriented approach for solving production planning problems of discrete production processes. An advanced planning approach is presented which is able to adapt to the requirements of real-life situations by taking into consideration the specific characteristics of modern manufacturing and assembly systems. These detailed constraints and capabilities of the actual production environment include the technological routes, the limited available machines and the independent production orders with due dates. The paper describes the most important characteristics of the analysed problem class and shows the main approach of the developed heuristic solving method.

Keywords: production planning and scheduling, production control. ERP system.

1. Bevezetés

Napjainkban a korszerű vállalatirányítási tevékenység kiterjed a vállalat működésével összefüggő összes területre. Egy vállalat egészének működését és annak folyamatait célszerű a tervezés, az előkészítés, a végrehajtás és az ellenőrzés szakaszaira bontani [6].

Az ipari gyártási technológiák egy részében a termékegyedek és a folyamatlemek térben és időben egymástól jól elkülöníthetők. Az ilyen jellegű technológiai folyamatokra alapozott termelést szokás diszkrét termelési folyamatnak nevezni (ilyen például az alkatrészgyártás és szerelés).

Általában a diszkrét termelési folyamatok tervezése és irányítása több, hierarchikusan egymásra épülő szinten megy végbe. A magasabb szint hosszabb időszakot fog át és csak a fontosabb szempontokkal foglalkozik. Az alacsonyabb szinten a felsőbb szintről kapott irányítási döntések alapján hozzák meg az egyre részletesebb, de egyre rövidebb időperiódusra vonatkozó irányítási döntéseket. Ha az alacsonyabb szint megoldhatatlan feladatot kap (például azért, mert a körülmények közben megváltoztak), akkor visszajelez a közvetlenül felette lévő szintre, ahol módosítást kell végrehajtani [2], [7].

A termeléstervezési feladat megoldása jellemzően „csúszó” (gördülő) tervezési elv szerint valósul meg. Ez azt jelenti, hogy az aktuális időszakra vonatkozó tervet előzetesen elkészítjük. Az aktuális időszak bizonyos hányadának elteltekor felülvizsgáljuk a tervet az aktuális adatok alapján és új tervet készítünk figyelembe véve az előző terv még nem teljesült feladatait és az új feladatokat is, ezáltal a tervezési „időablak” szakaszosan mozog az idő tengely mentén előre. Ennek a módszernek az alapvető célja a tervezési időszakok határainak „simítása”, az éles váltások és „rángatások” tompítása és a váratlan események kedvezőtlen hatásainak minimalizálása [5].

Elméleti megközelítésben általában jól elkülönül a hosszú távú stratégiai tervezés, a közép távú aggregált tervezés valamint a rövid távú termelésütemezés, -programozás és végrehajtás feladatköre [2], [4].

A gyakorlatban, elsősorban kis- és közepes vállalatok esetében a különböző, elméletileg jól megalapozott szintek összevontan is megjelenhetnek. Ilyen esetben a termelési terv elkészítése az egyik legmeghatározóbb tervezési szakasz. A vállalati stratégiának alávetve a termelési terv a vállalat profitorientált gazdasági céljainak megvalósítását tüzi ki. A termeléstervezés jellemzően a konkrét vevői rendelések és a várható értékesítések prognózisadatainak alapján készített különböző tervvariációk integrálását jelenti. A termelés szempontjából a vállalati vezetés ebben a szakaszban egy olyan tételes végtermék-kiszállítási (aggregált) tervet készít, amelynek az erőforrások oldaláról reális fedezete van. Az így kialakított termelési főterv (Master Production Plan) jellemzően nem csak a végtermékekre, hanem a tartalék szerelvényekre és szerviz alkatrészekre is vonatkozik.

A termeléstervezés második fázisa a termelési főterv primér (független) szükségleteiből részben a konkrét piaci igényeknek (határidőknek) megfelelően, részben a különböző termékek gyártmányszerkezetének lebontása után a készletek alakulását figyelembe véve sorozatos „nettósítást” végez, megadva minden egyes tétel ún. nettó (függő) anyag- és erőforrás szükségletét [6].

Az aggregált termeléstervezési és –irányítási feladatok megoldása néhány kulcsfontosságú teljesítménymutató mentén valósul meg. Ilyen mutatók utalhatnak például a (vevők által elfogadott) szállítókészségre, a (minél alacsonyabb) készletszintre és a (vállalati vezetés által elfogadható) kapacitások kihasználtságára [1].

A vállalatirányításban használt modern ERP (Enterprise Resource Planning) rendszerek ezt a feladatot jellemzően elfogadható módon el tudják végezni. Az anyagszükséglet tervezés által meghatározott rendelési mennyiségek a vásárolt tételeket tekintve általában elfogadhatók és indíthatók, azonban a saját gyártású és/vagy szerelésű tételeknél szükség van a további finomításokra, részletesebb kivitelezési programokra, amelyek figyelembe veszik a rendelkezésre álló berendezések kapacitáskorlátait [3], [4].

2. A vizsgált termelési folyamat

A FlexiForce Group ambiciózus multinacionális cég 1980 óta az ipari- és lakossági szekcionált kapuk alkotóelemeinek, tartozékainak fejlesztésére, gyártására és forgalmazására szakosodott. Vásárlói elsősorban kapugyártással foglalkozó kis- és közepes méretű vállalkozások Európában, és azon kívül több mint 50 országban. A cégnek Hollandiában, Magyarországon, Spanyolországban, Olaszországban, Lengyelországban, Törökországban, Kínában, Kanadában és az Egyesült Államokban is működik leányvállalata. A FlexiForce Hungary Kft. a hollandiai FlexiForce B.V. mellett a vállalatcsoport második legnagyobb gyáregységével rendelkezik. Székhelye a Magyarország északkeleti részén fekvő Hajdúböszörmény. A 10 000 m²-es létesítmény raktározási, termelési és irodai feladatokat lát el.

A gyártórészleg fő tevékenységét a torziós rugó gyártás (2 gyártósoron), a rugó-összeszerelés, a profilok és vezetősinék hengerlése (2 gyártósoron), az ívhajlítás (4 gyártósoron), valamint az ipari- és lakossági vasalat szettek összeszerelése képezi. Az elosztó központ készletéből kelet-európai ügyfelei megbízhatóan hozzájuthatnak a kapuk elkészítéséhez szükséges termékekhez, így nem kell magas saját készletet fenntartaniuk. A térségben betöltött szerepét jól példázza, hogy a cégcsoport egy új, 15 000 m² gyártó és raktárcsarnok létrehozását határozta el. Az új telephely Debrecenben épül, amely további szükségessé vált extra kapacitással fogja segíteni az ipari szettek és hozzájuk tartozó termékek gyártását.



1. ábra. Csomagolt lakossági vasalat szett.

A lakossági szekcionált (garázs) kapuknak jelentős szerep jut a gyorsan fejlődő piacon. Amellett, hogy a háztulajdonosok számára fontos a megjelenés és a dizájn, CE-szabványok születtek a kapuk biztonságával kapcsolatban. A FlexiForce kínálatában ma többféle, garázskapukhoz való sínrendszer-konceptió is szerepel. A teljes szettek, vasalatos dobozzal együtt raklapokon kerülnek kiszállításra, minden lehetséges vasalat fajta esetében porfeszített, összeszerelt torziós rugókkal.



2. ábra. Termékáttekintés.



3. ábra. ROL104 előlyukasztó hengerei.

A jelenlegi termelést meghatározó gyártócsoportok:

- Hengerelés (ROL).
- Hajlítás (BEN).
- Szegecslés (RIV).
- Rugógyártás (BOB).
- Ipari kapugyártás (IND) - műhely rendszerű.
- Porszórt rugó gyártása (SHP).
- Alumínium szekció (ALU).
- Forgalmazás (BOX).

Egyedi-, kis- és közepes sorozatgyártásra jellemző csoportrendszerű, valamint műhelyrendszerű gyártás valósul meg. A FlexiForce Hungary Kft. termeléstervezési és irányítási feladatait elsősorban egy sokoldalú, integrált vállalatirányítási rendszer (ERP) támogatja. Összetett, moduláris felépítésű szoftver, amely pénzügyi és gyártási csomagjai révén a cég információáramlásának gerincét alkotja. Az ERP a cég struktúrájára szabott megoldásokat kínál, bár ezt a gyakorlatban nem képes teljesen biztosítani. Az ERP működésében keletke-

zó réseket egyedi módszerekkel, ill. programokkal kénytelen megoldani a tervező. Fontos követelmény, hogy ez költséghatékony, átlátható, dokumentált, a legtöbb munkatárs számára hozzáférhető és működéskész legyen.



4. ábra. ROL104-es hengerversor.

3. Új termelés tervezési modell és megoldási módszer

A globalizált, bizonytalansággal terhelt piaci környezet következtében a termelő vállalatoknak és termelési hálózatoknak egyre fokozódó kihívásokkal kell szembenéznük. A termelés tervezési tevékenység összetettsége miatt nagyon időigényes és nehezen megoldható feladat. A termelésinformatikai kutatásoknak jelentős szerepe van ezen a területen is.

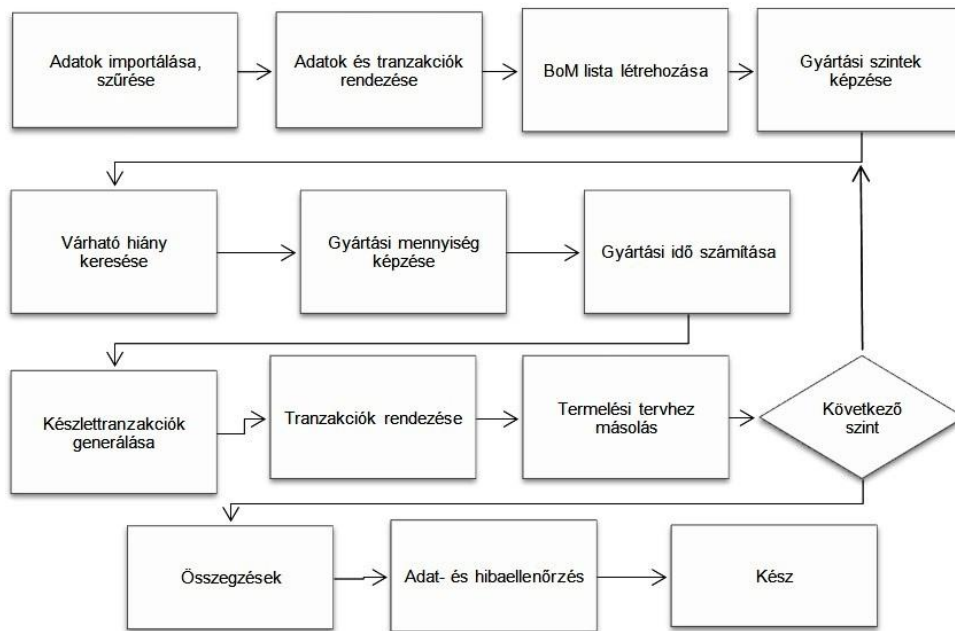
Az alkalmazott informatika egyik nagyfontosságú és gyorsan fejlődő területe a termelési rendszerek informatikai támogatása. Napjainkban a termelési rendszerek minden hierarchiai szintjén rendelkezésre állnak már a tervezést, az irányítást, a megfigyelést, a végrehajtást és a döntéstámogatást segítő számítógépes alkalmazások (pl. ERP, MES). Az ilyen integrált alkalmazási rendszerek komponenseit, moduljait a termelő és szolgáltató rendszerekre illetve hatékony megoldások nyerhetők. A tapasztalatok szerint azonban a termelési folyamatok sokszínűsége, bonyolultsága, valamint a piaci, üzleti környezet változékonysága állandóan újratermeli az alkalmazott vagy alkalmazható modellek és eljárások felülvizsgálatát, fejlesztését és az alkalmazások integrációjának igényét [3].

Számos fontos kérdést tehetünk fel az adott probléma megoldásával kapcsolatban, ilyenek például: Milyen elvek, modellek, módszerek és algoritmusok használhatók eredményesen? Van-e lehetőség optimalizálásra? Ezekre a kérdésekre akkor lehet érdemben válaszolni, ha ipari gyakorlati példán keresztül modellezzük és elemezzük a termelés tervezés mozzanatait.

A vállalatok között nincs két egyforma termelési rendszer, nemcsak a termékpalletta és a gyártóeszközök különbözőek, a munkaszervezés, a gyártási rendszer, a technológiai tervezés, a vállalati filozófia, a piaci pozíció, a lokális környezet stb. teszi ezeket a termelőrendszereket alapvetően egyedivé. Ennek következtében a termelés tervezése is erőteljesen függ a felsorolt jellemzőktől. Ennek ellenére a termelés tervezést támogató eszközrendszerrel szemben támasztott követelmények nagyon hasonlóak. Ilyen általánosan megfogalmazható igények például a következők:

- Gyors működés, rövid válaszidők.
- Megfelelő mértékben legyen pontos a tervezés.
- Tervezést támogató megjelenés, könnyű kezelhetőség.
- Legyen szabad mozgásteret a tervezőnek (szakértői tudás felhasználása).
- Integrálhatóság, megfelelő interfészek.
- Átlátható folyamatok, követhető eredmények.
- Minimális nyilvántartott adat, karbantartható információtárolás.
- Illeszkedjen a vállalat méretéhez és kövesse a konkrét vállalati filozófiát.
- Hibakezelés, robusztusság, stb.

Az általunk kidolgozott termelés tervezési modellben egy jellemzően rugalmas termelési rendszer kis és közepes sorozatgyártó egységének sajátosságait vettük figyelembe. A FlexiForce Hungary Kft.-nél használt ERP rendszer hiányosságai és az igények növekedései inspirálták a fejlesztést. Az új termelés tervezési módszer elvi vázlatát az 5. ábrán látható.



5. ábra. A kifejlesztett termelés tervezési módszer folyamatának elvi vázlatát.

Kezdetben csak egy-egy funkció optimalizálását tűztük ki célul, de az idő előrehaladtával világossá vált, hogy alapjaiban kell újratervezni a funkciókat. Az ERP rendszer

adatbázisában tárolt adatokat jó kiindulási alapnak tekintettük. Az első és egyben az egyik legjelentősebb átalakítást az adathalmaz megfelelő megválasztása jelentette. A viszonylag nagy mennyiségű adat nem eredményez kellően átlátható, egyszerűen karbantartható munkakörnyezetet a termeléstervező számára.

A termeléstervezéshez szükséges legfontosabb adatok alapvetően két csoportba sorolhatók. Az első csoportot azok a gyakran frissítésre szoruló adatok alkotják, amelyeket minden futtatás előtt importálni kell a termeléstervező rendszer számára. Ilyen adatok a tervezett készlettranzakciók és készletállapotok rekordjai. A másik csoportba azok a viszonylag ritkábban változó adatok tartoznak, amelyeket a rendszer már induláskor magába foglal, de gondoskodni kell a folyamatos karbantartásról. A teljesség igénye nélkül ilyenek például a cikkekhez tartozó technológiai adatok, a beépülő komponens- és alkatrészlisták, a gépkapacitások leírása, helyi munkaidő naptár stb.

3.1. Adatok importálása és szűrése

A termeléstervezéshez az ERP rendszerből jelen feladatban három olyan adattáblára van szükség, amelynek tartalma naponta változik. Ezek a készletszintet, a tervezett készlettranzakciókat és az ERP rendszer nyitott gyártási rendeléseit tartalmazó táblázatok.

A készletszint cikkenként nem egy értéket, hanem cikkenként négy értéket jelent azonos mértékegységben kifejezve. Az *aktuális készlet* alatt az azonnal elérhető (raktári) készletet értjük, amely a lekérdezés időpontjában minden készlettranzakciótól független. A *felszabadított készlet* jelöli azt a mennyiséget, amely az adott cikkből jelenleg gyártás alatt áll. Más-képpen fogalmazva, az adott cikkből az a mennyiség, amely egy folyamatban lévő tranzakció eredményeképpen várhatóan létre fog jönni. A *lefoglalt készlet* a tervezett fogyást jelöli, amely valamely készlettranzakcióhoz kapcsolódik. A *biztonsági készletszint* olyan tervezett minimális mennyiség (volumen), amely alá az aktuális készlet tartósan nem csökkenhet, adott időszak ellátási zavarainak elhárítására szolgál. A hosszú távú tervezésnél egy gazdasági stratégiai kérdést vet fel, hiszen nem vevői rendelés hatására képzett készletet takar. Stabilitást biztosít, továbbá növeli a szállítókészséget, de költségvonzata van és túltermeléssel jár. Ez utóbbi akkor jelent problémát, ha a termeléstervező szoftver a biztonsági készletszint alapján automatikusan, más belső rendeléssel azonos szintű vagy akár annál magasabb prioritású biztonsági rendelést generál. Ezek a vevői rendelések szemszögéből tekintve terhelik a gépkapacitást és növelik az átfutási időt.

A készlettranzakciókat vevői (külső) rendelések és gyártási (belső) rendelések alkotják. Megjegyezzük, hogy általánosan a gyártási rendelésektől elkülönítve a beszerzési rendeléseket is értelmezhetjük, és ezek együttesen alkotják a függő (belső) rendelések halmazát. A cikkben a beszerzési rendelések generálásától most eltekintünk, mert a beszerzési logisztikai feladatokat az adott vállalat más struktúrában kezeli. Minden tranzakcióhoz egyedi azonosító (rendelési szám) tartozik a készlet nyomon követhetősége érdekében, amit az ERP rendszer generál. A tranzakció legfontosabb jellemzői közé tartozik az érintett cikkszám, a tervezett befejezési határidő, a rendelt mennyiség, továbbá vevői rendeléseknél a vevőkód.

A nyitott gyártási rendeléseket tartalmazó táblázat az ERP rendszerrel való kapcsolatot segíti. Ebben a rendszerben egy rendelésnek többféle státusza lehet, de a státuszváltozás időbeli sorrendje kötött. Az ERP-ben jóváhagyott rendelés először *tervezett* státuszú. Majd a gyártási utasítás és adminisztrációs dokumentumok elkészültekor *nyomtatottá*, a gyártósorra kerüléskor pedig *felszabadítottá* módosul. A részben elkészült gyártási jelentéssel

aktív, ezt követően *kész* jelölést kap. A pénzügyi tranzakciók végén lesz csak *lezárt* a folyamat.

Alapvető fontosságú az adatok helyességének vizsgálata, hogy minél korábban kizárható legyen a folyamat közben fennálló hiba lehetősége. A jól karbantartott adatbázis – a mi esetünkben a kapcsolódó ERP rendszer – szükséges feltétele a termelésstervezés elindításának. A tervezés szempontjából csak a gyártási és a vevői rendelések értékesek, a beszerzési rendeléseket ki kell szűrni az adatok közül. Hasonlóképpen a tervezett és a felszabadított státuszú tranzakciók relevánsak, a további tranzakciók állapotát a termelésstervezőnek fontos ellenőriznie és nyomon követnie, de ezeket a tervezésből ki kell vonni. Fontos megemlíteni, hogy megfelelő adminisztráció hiányában a gyártósori folyamatot reprezentáló tranzakció könnyen *nyomtatott* státuszban rekedhet, annak ellenére, hogy *felszabadított*nak kellene lennie. A tervezést támogató programmal szemben fontos követelmény, hogy az ilyen esetekre figyelmeztessen a futás elején.

3.2. Adatok és tranzakciók rendezése, készletek összegzése

A készlettranzakciókat célszerű cikkszámok alapján csoportosítani, és határidők szerint növekvő (nem csökkenő) sorrendbe rendezni. Így könnyen nyomon követhető egy adott cikk készletmozgása.

Viszonylag egyszerűen számolható a *várható készlet*, amely adott időpontban, az adott tranzakciókkal terhelt készletszintet mutatja. A várható készlet és a felszabadított készlet összege nyújt alapot a későbbiekben a belső rendelések indításához, hiszen negatív összeg esetén jelentkezik készlethiány.

3.3. BoM lista létrehozása

A BoM lista (Bill of Materials, anyagjegyzék) egyszerű séma szerint épül fel. Az adatbázistáblában egy cikkhez hozzárendelhető egy rekordban egy adott típusú beépülő cikk (alkatrész vagy komponens) és annak a gyártáshoz szükséges darabszáma.

Mivel egy cikknek általában több beépülő cikke lehet, több rekordból áll össze az egy termékre vonatkozó alkatrésztlista. Adattárolás és karbantartás szempontjából ez a megoldás egyszerű, de programtervezési szempontból primitív, hiszen lassítja és körülményessé teszi a számítási folyamatokat. Hatékony memóriamodellek alkalmazásával gyorsítható a futás közbeni BoM műveletek sebessége. A programunk jelenlegi változata működés közben dinamikusan az adatstruktúrából egy $n \times n$ mátrixot hoz létre a memóriában, amelynek sorai egy-egy cikket ábrázolnak, elemeinek értéke a cikkhez tartozó beépülő alkatrész darabszáma. Mivel a BoM listát minden egyes belső rendelés generálásához fel kell lapozni, ezzel a módszerrel jelentős lekérdezési időmegtakarítás érhető el.

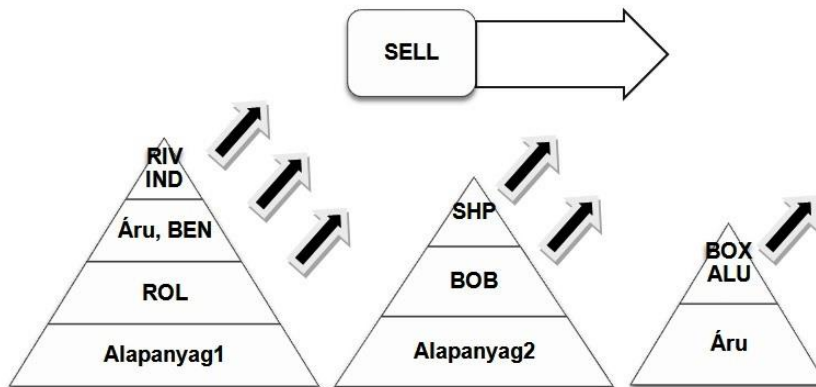
3.4. Gyártási szintek képzése

A gyártási rendelések tervezésekor alapvető feladat a technológiai sorrendterv vizsgálata. A cikkek szerepe a gyártási folyamatban különböző lehet. Például egy cikk lehet egy terméknek valamilyen hierarchiai szintű beépülő eleme, vagy egy független vevői rendelés alapján akár késztermék is.

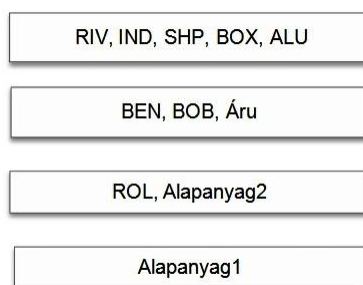
A technológiai sorrendterv a cikkhez van hozzárendelve. A gyártási folyamatokat alapvetően mindig a külső (független) rendelések indukálják közvetlenül (végtermék rendelése) és közvetetten (komponens rendelése). Fontos megállapításunk, hogy nem elegendő a vevői

rendelések szükségleteit vizsgálni, hanem figyelembe kell venni a technológiailag egymástól független, kvázi párhuzamos folyamatok szükségleteit is.

A technológiai sorrendek alapján a belső rendelések kapcsolatrendszerét felhasználva a gyártási folyamatot független dimenziókra és gyártási hierarchiákra bonthatjuk. Egy független dimenzió hierarchikus szinteket tartalmaz, egy-egy szinten pedig olyan cikkek állnak, amelyeknek egymás felé nincsenek szükségleteik. A technológiailag kapcsolódó cikkek azonos dimenziókba kerülnek. A termelés-tervezés szemszögéből célszerű a gyártási dimenziókat a legmagasabb hierarchiai szintek alapján összefogni. Minden cikk besorolható valamely gyártási szintbe, így a tervezéskor lényegtelenné válik, hogy külső vagy belső rendelés hatására keletkezik, vagyis az, hogy mi a tényleges technológiai szerepe. Egy újonnan megjelenő cikk esetében fontos, hogy melyik szintre rangsoroljuk, de mivel elméleti szintekről van szó, kritikus helyzetben van lehetőség új szintek képzésére a hierarchiában. Emiatt előrelátóan az egyes szinteket egymás után nagyobb léptékezéssel (pl. tízesével) sor-számozzuk a programban azért, hogy az esetleges hierarchiamódosítás gördülékeny maradjon.



6. ábra. A szükségletek alapján képzett hierarchiák.



7. ábra. Egy dimenzióba fejtett gyártási szintek.

A tervezési folyamatban gyártási szintenként iteratíván vizsgáljuk a készletszintet, és ugyanígy kezdeményezhetjük a belső rendeléseket is. A ciklus minden esetben a legmagasabb hierarchiai szinttől tart a legalacsonyabb szint felé.

3.5. Várható hiány keresése

Belső rendelés várható hiány esetén jöhet létre, ha eltekintünk a biztonsági készlet szint elérését célzó belső rendelésektől. A várható hiány megállapítása összetett feladat, a gyakorlatban ezt úgy valósítjuk meg, hogy negatív készlet szinteket keresünk.

A már fennálló tranzakciókat cikktípusonkénti csoportosítással időrendben követve számolhatjuk első lépésként a várható készlet szintet. A várható készlet és a felszabadított készlet összege adja azt a tervezett készlet szintet, amely új készlettranzakció kezdeményezése nélkül keletkezne. Amennyiben ez az összeg negatív értéket venne fel, ott hiány várható. A határidők betartása miatt előzetesen „pótolni kell” a szükségleteket, vagyis ezekre a cikkekre belső rendelést kell generálni.

3.6. Gyártási mennyiség képzése

Mivel sorozatgyártásról van szó, a belső rendelés indításakor az első felmerülő feladat a gyártani kívánt mennyiség meghatározása. Minden gyártandó cikkhez előzetes gazdasági megfontolások alapján hozzá van rendelve egy tervezett minimális sorozatnagyság. Sajnos általában nem pontosan pótolják a hiányt, a rendelés teljesítésével túlermelésre számíthatunk, de törekedni kell ennek minimalizálására.

Egy cikkhez tartozó rendelési sorozatnagyság az (1) formulával kifejezhető, ahol K_v a várható készlet, K_f felszabadított készlet és q a minimális sorozatnagyság.

$$q^* = \left\lceil \left\lfloor \frac{K_v + K_f}{q} \right\rfloor \right\rceil \cdot q \quad (1)$$

3.7. Gyártási idő számítása, egyeztetés a munkaidő naptárral

A rendelést elindító tranzakció adataiból kiolvashatjuk a teljesítés határidejét (szállítási időpont), pontosabban a készlethiány keletkezésének időpontját, ez jelen esetben egy naptári napot jelöl ki.

A termelési tervben emellett meg kell adni azt a dátumot is, amikor legkésőbb el kell kezdeni a rendelés teljesítését a határidők betartása érdekében. Ennek számításához figyelembe kell venni az adott cikk legyártásának *összidőszükségletét* (t_n), a műveletet végző gép napi *kapacitását* gépóraban (t_c), és a fent említett *szállítási időt* (T_s). A (2) formula az egy tranzakcióra vonatkoztatott kritikus útvonal első lehetséges csomópontját határozza meg naptári nap szerint (T_{ls}).

$$T_{ls} = T_s - \left\lceil \frac{t_n}{t_c} \right\rceil \quad (2)$$

A fenti formula alapján csak egy elméletileg helyes dátumot határozhatunk meg. A valós dátum megállapításához egy az aktuális üzemre (gyártórendszerre) szabott munkaidő naptárra van szükség. Ennek segítségével a T_{ls} és a T_s közötti munkaszüneti, szabad- és ünnepnapoknak megfelelően a valós dátumot előrébb kell kalkulálni.

3.8. Készlettranzakció generálása a beépülő cikkekre

A belső rendelés elindításához szükséges beépülő cikkek mennyiségét meg kell határozni, hiszen ezekre készlettranzakciókat kell kezdeményezni rekurzív módon.

A BoM lista és a már rendelt sorozatnagyság alapján számított mennyiséggel készlettranzakciók generálódnak megterhelve a készletszintet. Az ilyen tranzakciókhoz tartozó rendelkezésre állás dátuma megegyezik a rendelés valós kritikus indulási idejével.

3.9. Tranzakciók rendezése

A tranzakciókat ismételten cikkszámok alapján csoportosítani kell, határidők szerint növekvő sorrendben. Ezt követheti cikkenként a várható készlet és a felszabadított készlet újraszámítása, amely a következő tervezési iterációt készíti elő.

Az aktuálisan vizsgált gyártási szinten tervezett belső rendelések bemásolódnak a termelési tervbe, és az iteráció folytatódik a következő gyártási szint várható hiányainak keresésével.

3.10. Összegzés készítése

Amint az utolsó gyártási szint belső rendelései is bekerültek a termelési tervbe, úgy a termelés tervezési folyamat automatizált része tulajdonképpen befejeződik. Ezen túl segítséget jelent az utólagos adat- és hibaellenőrzés, amennyiben kivételes események keletkeztek volna a feldolgozás (futási idő) alatt.

Mivel a termelési terv csak egy tervezett ajánlat a termelést tervező szakember számára, a belső rendelések tényleges elindításához a szoftver munkakörnyezetet szolgáltat összegző segéd táblázatok formájában. Ezek kalkulációit a futtatás zárásaként a program elvégzi, és tájékoztatást ad a kivitelezési folyamat megvalósíthatóságáról és akadálymentességéről.

4. Összefoglalás

A cikk röviden vázolja a FlexiForce Hungary Kft. termelési folyamatának alapvető jellemzőit. A számítógépes termelés tervezéssel kapcsolatban felmerülő legfontosabb feladatok hatékonyabb megoldására kidolgoztunk egy új szemléletű tervezési koncepciót. Munkánk során a gyártási folyamat jellemzőit és sajátosságait figyelembe vevő termelés tervezési modellt és megoldási módszert dolgoztunk ki. Az implementált termelés tervező alkalmazás a bemenő adatok formájában megadott nyitott rendelések, aktuális gyártási erőforráskörnyezet, korlátozások, anyagjegyzékek és technológiai tervek alapján képes automatikusan elkészíteni a javasolt belső rendelések részletes listáját.

A kidolgozott – és a cikkben körvonalazott – termelés tervezési módszer hatékonyságát a gyakorlati alkalmazás igazolta. A mindennapi használat során kialakult tapasztalatok alapján megállapítottuk, hogy a termelés tervező rendszer egyik fontos továbbfejlesztési iránya a kapacitás tervezési funkció finomítása lehet. A jelenlegi verzió a kapacitáskihasználást összességében nem vizsgálja, alapvetően alárendeli a határidők betartásának és a készletek minimalizálásának. A belső rendelések indításának tervezésekor pontosan az a legkésőbbi időpont kerül meghatározásra, amikor a rendelkezésre álló gépkapacitások alapján meghatározott átbocsátóképesség maximális. Ebben a megközelítésben az adott rendelés a gyártóegységet kizárólagosan lefoglalja. A javasolt módszer továbbfejleszhető a gépkapacitások finomhangolásával.

Biztonsági készlet szint elérését célzó belső rendelést nem tartalmaz a folyamat. Ennek megvalósításával kapcsolatban több megoldás felmerült, hiszen előnyei és hátrányai is vannak a biztonsági rendeléseknek. Ezeket semmiféleképpen sem szerencsés a külső rendelések által generált tranzakciókkal egy szinten kezelni, hiszen a különböző külső rendelések szempontjából rontja a szállítókésztséget (kapacitást köt le), valamint költségvonzata van. Ha számolunk a biztonsági készlettel, akkor célszerű az általános termelési terv alapján hasonlóképpen iteratív módon végrehajtani a kalkulációt.

Az alapanyagok (beszerzett komponensek) készlet szintjét nem tartalmazza a szoftver. Beépíthető lenne a programba az alapanyag rendelési igény, de más a cég logisztikai módszere, ezért a programkörnyezetbe csak segéd táblázatként került be erről információ a termelés tervező támogatására.

5. Köszönetnyilvánítás

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében valósult meg.

6. Irodalom

- [1] Bikfalvi, P., Kulcsár, Gy., Erdélyi, F., Tóth, T.: *Performance Analysis of some Manufacturing Systems based on Multi-Objective Approach*, Proceedings of the 15th International Conference on Machine Design and Production (UMTIK 2012), Pamukkale, Denizli, Turkey, 19th–22th June 2012, CD, Paper No. 55.
- [2] Erdélyi, F., Tóth, T., Kulcsár, Gy., Mileff, P., Hornyák, O., Nehéz, K., Körei, A.: *New Models and Methods for Increasing the Efficiency of Customized Mass Production*, Journal of Machine Manufacturing, XLIX (E2), 2009, pp. 11-17.
- [3] Kulcsár, Gy.: *Ütemzési modell és heurisztikus módszerek az igény szerinti tömeggyártás finomprogramozásának támogatására*, Doktori (PhD) értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc-Egyetemváros, 2007, p. 146.
- [4] Kulcsár, Gy., Bikfalvi, P.: *Termelés tervezési és -irányítási feladatok megoldása többcélú keresési módszer alkalmazásával*, GÉP, A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, LXIII. évfolyam, 2012/5 szám, 2012, pp. 111-114.
- [5] Kulcsár, Gy., Bikfalvi, P., Erdélyi, F., Tóth, T.: *A New Simulation-Based Approach to Production Planning and Control*, Proceedings of the 7th International MATA-DOR Conference, Manchester, GB, 25th – 27th July, 2012, pp. 251-254.
- [6] Tóth, T.: *Termelési rendszerek és folyamatok*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc-Egyetemváros, 2004.
- [7] Venkateswaran, J., Son, Y., J.: *Hybrid System Dynamic-Discrete Event Simulation-based Architecture for Hierarchical Production Planning*, International Journal of Production Research, 43 (20). (2005), pp. 4397–4429.