SZENTMIKLÓSI MIKLÓS

A sorozatnagyság-meghatározás modellezésének fejlődése

Napjainkban a vállalatok versenyerejének kulcsa a termék hozzáférhetősége és megbízhatósága lett (Stalk 1988, Stalk–Hout 1990, Stalk–Webber 1993). Ezért fontos cél a raktározási és termelési származtatási idő csökkentése. A hozzáférhetőség és megbízhatóság a vállalati értéknövelő rendszerek működésén alapul. Sok vállalatnál az anyagok és termékek áramlása van az alapfolyamat középpontjában, ezért a javak áramlásának termelékeny és hatékony irányítása nagy hangsúlyt kapott.

1. Bevezetés

A gyártási rendszerek egyik lehetséges osztályozása a gyártás típusa szerint megkülönböztet folyamatos, illetve ismétlődő termelést. A folyamatos vagy tömeggyártás során nagy mennyiségű standard terméket raktárra termelnek. Az ismétlődő vagy váltakozó gyártást másképp sorozatgyártásnak vagy kötegelt termelésnek nevezzük, ami vagy akkor fordul elő, ha a termelési folyamat igényli, vagy ha a kereslet nem elegendően nagy a folyamatos gyártáshoz.

A kötegelés az azonos időben szállításra vagy feldolgozásra kerülő tételek összegyűjtése, ami olyan időben ütemezett termelést indukál, amely általában nincs szinkronban a tényleges fogyasztással. Így a kötegelés rendszerint cikluskészletet vagy újrarendelést eredményez (amit negatív készletnek is nevezünk), vagy a ki nem elégített kereslet végleg elvész. Sok termék veszi igénybe ugyanazokat a gépeket, ami időnként szükségessé teszi a gépek átállítását egyik termék termeléséről a másikra. Ez költségeket okoz, a kötegelés gazdaságossági okokból mégis előnyös lehet. Gazdasági haszon származhat az átállítások számának csökkentéséből a termelési és egyéb erőforrások hatékonyabb kihasználása révén.

A sorozatnagyság probléma modellezése nem új keletű, valószínűleg a legismertebb ezen a területen az EOQ, a gazdaságos sorozatnagyság modellje, melyet eredetileg Harris (1913) mutatott be. A készletezés és a sorozatindítások közötti választás lehetőségével foglalkozó modelleket sorozatnagyság meghatározási modelleknek nevezzük. Az EOQ–modell bevezetése óta rengeteg modellt fejlesztettek ki, melyek közben lazították a kiinduló feltevéseket.

Sorozatnagyság meghatározási döntéseket, tudatosan vagy anélkül, mindenütt hoznak a vállalati szervezetben, nem meglepő tehát a kiterjedt érdeklődés iránta. Dolgozatunk megpróbálja rendszerezni a sorozatnagyságról szóló hatalmas irodalmat, célja a kötegelési döntések és modellek szükségességének bizonyítása és fejlődésének bemutatása.

A kötegelési modellek általános és speciális áttekintését adja Tinarelli (1983), De Bodt et al. (1984), Bahl- et al. (1987), Hackman-Leachman (1989), Porteus (1990), Salomon (1991), Goyal-Deshmukh (1992), Potts-Van Wassenhove (1992), és Kuik et al. (1994).

2. A kötegelési döntések kapcsolódása a vállalati döntési szintekhez

A termeléstervezésben hozott döntéseket három szintre oszthatjuk: stratégiai tervezés, taktikai tervezés és operatív tervezés.

2.1 Stratégiai tervezés

A stratégiai tervezés során meghatározzuk a vállalat küldetését, átfogó céljait, és kiválasztjuk a célok eléréséhez szükséges erőforrásokat. A stratégiai döntések rendszerint hosszú távú beruházásokat igényelnek, melyek döntően befolyásolják a vállalat jövőjét, időhorizontjuk több mint két év. A főbb feladatok: a technológia kiválasztása, a termékfejlesztés, és a megfelelő kapacitások létrehozása az anyag-, termék- és információáramlás lebonyolítására. A stratégiai terv tartalmazza a döntést a tervezési és irányítási koncepció típusáról, a rendszer tevékenységeinek elrendezéséről. A stratégiai döntések korlátokat jelölnek ki a taktikai és az operatív tervezés és irányítás számára: az utóbbiak meghatározzák a tevékenységtervezés és irányítás bizonyos paramétereit és lehetőségeit.

A stratégiai tervben meghatározott paraméterek egyike a legkisebb mennyiség egy gyártási művelet folyamán. Ez a termékegység lehet például a tartály mérete, a futószalag szállítókocsijának, vagy a konténernek a nagysága. A taktikai tervezés szintjén meghatározott kötegelési méretek rendszerint egész számú többszörösei a termelés mennyiségi egységének. Stabil környezeti feltételek mellett további termeléspolitikai paraméterek lehetnek: a termelési ciklus hossza, a tervezési horizont és a ciklus gyakorisága tételenként. Ezeket a mennyiségeket a termelési-elosztási rendszer fizikai jellemzői közvetlenül nem determinálják, és így gyakrabban változtathatók. Az ilyen modellekben rendszerint stacionárius, sőt konstans feltételeket alkalmaznak (Elmaghrabhy 1978, Vergin-Lee 1978, és Roundy 1986). Legújabb példák a stratégiai terv területéről: Zipkin (1991) és Golhar-Sarker (1992).

2.2 *Taktikai tervezés*

A taktikai tervezés szintjén az erőforrások hatékony felhasználásáról döntünk. Itt az aggregált tervezés szintjén a tételeket termékcsaládokba vonjuk össze termelési vagy marketing jellegzetességük alapján.

Az aggregált termeléstervezés képezi a tevékenységtervezés kiindulópontját és többek között a munkaerőszintekkel, a túlórával és az alvállalkozási szerződésekkel foglalkozik. Az igényeket olyan aggregált mutatókkal méri, mint pl. a munkaóra, időhorizontja egy-két év. Az aggregált tervezést tárgyalja pl. Hax-Candea (1984), Silver-Peterson (1985), a tanulási hatást is magában foglalja Kroll-Kumar (1989). A folyamat áttekintését adja Nam-Logendran (1992).

2.3 *Operatív tervezés*

A legrövidebb időhorizontra kiterjedő döntéseket az operatív tervekben hozzák meg; a legfontosabb feladatok ezen a területen: a munkák sorrendjének és ütemezésének (kezdési és befejezési idejének) meghatározása.

A tevékenységirányítás és programozás azokra a döntési szintekre vonatkoznak, ahol a termelési mennyiségeket és ütemezéseket határozzák meg: gördülő tervhorizontot tekintve az aggregált termelési terv és a keresletre vonatkozó részletesebb információ alapján. A rendelkezésre álló kapacitásokat az időszak (háromhat hónap) folyamán gyakran fixnek tekintik.

A gyártási erőforrás tervezés (MRP) a termelésprogramozási rendszer klasszikus példája. Már az ötvenes évektől kezdve nagy figyelem irányult az ilyen rendszerekre (Afentakis et al. 1984, Billington et al. 1986). Ezek a tanulmányok anyagáramlási folyamatokkal összekapcsolt, input-átalakítás-output alrendszerekből álló többszintű rendszerekkel foglalkoznak. Természetesen az egyszintű rendszer elemzését is folytatták. Az egytermékes, korlátlan kapacitású rendszer klasszikus példája Wagner-Whitin (1958).

A tevékenységirányítás munkairányítási döntésekkel finomítja és bővíti a tevékenységprogramozást, amelynek révén a termelési egységek vagy osztályok mérlegelési lehetőséget kapnak a kívánt terhelések, sorba rendezések, ütemezések megállapítására.

Minden döntési szinten fontos a sorozatnagyság meghatározás, ezáltal a menedzsment befolyásolni tudja a feldolgozási folyamat, a biztonsági és ciklus-készlet, valamint a származtatási idő illetve az átfutási idő alakulását. Ezek hatást gyakorolnak a működési költségekre, a termékkínálatra, és így a működés profitabilitására.

3. A sorozatnagyság-meghatározási modellek alkotóelemei

Az irodalomban a termeléstervezési modellek megkülönböztetése az alapjukat képező feltevések szerint történhet (Salomon 1991, Kuik et al. 1994). Megkülönböztethetünk normatív illetve leíró modelleket. Általában modellezésekor háromféle korlátot kell figyelembe vennünk:

- az anyagáramlási és anyagátalakítási korlátokat;
- az anyag és termék rendelkezésre állásának korlátait;
- kapacitáskorlátokat.

Ezeken belül a sorozatnagyság meghatározási döntések célja a teljesítménymutatók optimális értékének elérése. A korlátok és egyéb alkotóelemek modellezését tekintjük át részletesebben a következőkben.

A modell paraméterei exogén mennyiségek, melyek állandóak maradnak a modell működése során. Ezzel ellentétben az endogén változókat a modell végrehajtása során határozzuk meg, értékük a modell outputja. Először el kell döntenünk, mely mennyiségek lesznek paraméterek, és melyek változók. Ha egy mennyiséget paraméternek tekintünk, az azokat a feltételeket tükrözi, melyeket stacionáriusnak vagy előre meghatározottnak tartunk a döntési eljárás folyamán. A választás a döntési szinttől függ. Például a kapacitást a tevékenységirányítás szintjén konstansnak tekintjük, amely változónak tekinthető a stratégiai tervezésben.

3.1 *Tervezési horizont és időskála*

A tervezési horizont az az időintervallum, amelyre vonatkozóan megfogalmazzuk a feltevéseket a keresletről, a termelésről, és mérjük a teljesítményt. Ez lehet véges vagy végtelen. A végtelen tervezési horizont rendszerint stacionárius kereslettel, a véges tervezési horizont dinamikus kereslettel jár. Az időskála lehet folyamatos vagy feloszthatjuk diszkrét tervezési peri-

ódusokra. Diszkrét időskála esetén a valós világ folytonos időben történő eseményeit és döntéseit át kell alakítani a diszkrét időskálának megfelelően.

Kis időegységek alkalmazásakor olyan modellt alkothatunk, melyben legfeljebb egy tétel állítható elő tervezési periódusonként, így a gépbeállítások átvihetők egyik időszakról a következőre. Másrészt nagyobb időegységek használata olyan modellhez vezet, melyben több tételt termelünk tervezési periódusonként, és ezért a beállításokat nem könnyű átvinni egyik periódusról a következőre, ha egy tétel gyártása két egymást követő periódusban történik.

3.2 Kereslet

A kereslet majdnem mindig a modell inputja, és lehet determinisztikus vagy sztochasztikus. Ha az igény időben változó, dinamikus keresletről beszélünk. A determinisztikus állandó keresletet konstansnak nevezzük, aminek sztochasztikus megfelelője a stacionárius kereslet idősor. A stacionárius vagy konstans típus jellegzetesen a folytonos időhorizonthoz kapcsolódik. A második közelítés a keresletet az idő függvényében periódusról periódusra határozza meg.

3.3 Kiszolgálási politika

A kiszolgálási politika alapkérdése, megengedjük-e a modellben hiány előfordulását. Ezt az erőforrás- és keresletkorlátokkal határozhatjuk meg. A kiszolgálási politika 100 %-os, ha az összes keresletet időben kielégíti a termelési-elosztási rendszer, így nem keletkezik negatív készlet egyik tételből sem, ami nagyon költséges lehet. Ha a keresletet nem elégítjük ki időben, el kell dönteni, hogy milyen mértékben rendelhetjük újra azt, és később szállítjuk, vagy veszteségnek tekintjük.

3.4 Erőforráskorlátok

Ha a kapacitáskorlátok nem megszorítók, vagy költségként modellezzük azokat a célfüggvényben, a modellt korlátlan kapacitásúnak mondjuk. A kapacitáskorlátokat tartalmazó modelleket korlátozott kapacitásúnak nevezzük, ekkor az erőforrások rendelkezésre álló mennyisége vagy adott, vagy meghatározandó (pl. ha a túlóra lehetőségét beépítjük). A rendszer kapacitását általában a stratégiai tervezés vagy az aggregált tervezési szinten hozott döntések határozzák meg. A kötegelési modellek a kapacitásokat rendszerint paramétereknek tekintik, nem döntési változóknak.

3.5 Származtatási idő

A nyereséges működés, a versenyelőnyök szerzése érdekében a marketing mindinkább testre szabott termékekkel igyekszik kielégíteni a vevők igényeit. Az utóbbi évtizedben nagy hangsúlyt kapott az idő, mint versenytényező (Stalk 1988, Stalk-Hout 1990). A termelési vonal szélesítése az egyedi igényeknek megfelelő termékek gyártása céljából szükségszerűen magas készletekhez, így készletköltségekhez vezetne. A készletcsökkentés módja a rendelésre termelés. A verseny megváltozott: az ár- és minőségi verseny mellett előtérbe került a testre szabott termékek és a szállítási idő versenye. A csökkenő termékéletciklus is a származtatási idő rövidítését követeli.

A rövid származtatási idő lehetővé teszi a gyors reagálást a vevők dinamikusan változó igényeire, a gyorsabb piacra lépést a termékinnovációkkal, és ezáltal a vállalat kezdetben nagyobb piaci részesedéshez juthat, csökkenheti a szükséges biztonsági készlet nagyságát. A pénzáramciklus rövidül, ha csökken az erőforrásra fordított kiadások és a bevételek beáramlása közötti idő.

A sorozatnagyság modellek származtatási idők szerint lehetnek egzogének vagy endogének. Egzogén származtatási idők keletkezhetnek az átalakítási folyamat miatt: pl. a festék száradása fix időtartam alatt, vagy külső tényezők következtében, mint pl. a vásárlási idő miatt. Sok statisztikai készletezési modell, többek között az (s,Q) és (s,S), fix származtatási időket tételez fel lásd pl. Silver-Peterson (1985), Az MRP rendszerek modelljeiben is gyakran alkalmaznak egzogén származtatási időket. Másrészt az endogén származtatási idők a műveletek ütemezésének, és így a kötegelési döntéseknek a következményei. A gyakorlatban azonban, és így sok modellben, a származtatási idők az egzogén és endogén elemek keverékei.

3.6 Termelési szerkezet

Az input-átalakítás-output alrendszerek két alapvető módon lépnek kölcsönhatásba. Az egyik a korlátozott kapacitású erőforrások közös felhasználása. A másik fő kölcsönhatási mód a munkaáramlásból származik: az egyik átalakítási rendszer anyagi eredménye a másik rendszer inputjaként szolgál.

A munkaáramlási kölcsönhatásokat matematikailag az anyagáramlási és -átalakítási korlátok reprezentálják. Ezek a korlátok határozzák meg azokat az állomásokat, melyeken keresztül az input anyagokat output anyagokká alakítják át, és azt, hogy mennyi anyagra és termékre van szükség (gyártási készletként).

A termelési szerkezetet egyszintűnek nevezzük, ha az anyagokat kívülről szállítják a modellbe, azaz az áruáramlási hálózat csak különálló csomópontokat tartalmaz. (A csomópontok kölcsönhatásban lehetnek a korlátozott kapacitás következtében, azaz több átalakítási rendeszer használhatja ugyanazt az erőforrást. Ezt modellezi többek között az egyszintű, több-

termékes korlátozott kapacitású sorozatnagyság modell: a CLSP.)

A legalább egy input-output vonallal összekapcsolt csomópontpárt tartalmazó struktúrák többszintű termelési szerkezetek. Ezeket tovább csoportosíthatjuk a hálózat típusa alapján:

- a soros struktúra olyan összekapcsolt hálózat, melyben minden csomóponthoz legfeljebb egy bemenő és egy kimenő vonal tartozik,
- az összeszerelő struktúra olyan hálózat, ahol minden csomópontnak legfeljebb egy kimenete van, és
- fa-jellegű a gyártási szerkezet, ha minden csomóponthoz legfeljebb egy bemenő vonal tartozik.

3.7 Célfüggvény

A modellek célja általában az időegységre jutó költségek minimalizálása. A költségek között szerepelhetnek a készletezés (kamat, adó, tárolási, biztosítási) költségei, a hiány előfordulásának költségei. Némely modellben figyelembe veszik a munkaerőhöz kapcsolt költségeket (törvényes munkaidő, túlóra, felvétel, elbocsátás költségvonzata). A gépek beállításának, átállításának költségei a kötegelési modellek alapvető elemei.

A különböző sorozatnagyság meghatározási modellek a tevékenységeket és teljesítményeket eltérő módon alakítják át költségekké. A költségeket a tevékenységekhez rendelő módszerek párhuzamosak azokkal a módokkal, ahogyan a kapacitás felhasználása összekapcsolódik a tevékenységi szintekkel. Így a költségfüggvény lineáris reagálást modellez a) a kapacitás felhasználás, vagy a termelés üteme illetve készlet pozíció, és/vagy b) a beállítások/átállítások gyakorisága között.

Bizonyos sorozatnagyság modellekben a fizikai teljesítményeket nem alakítják át pénzbeni értékekké, hanem közvetlen célként határozzák meg. A költségek helyett a feldolgozási, származtatási időt tekintik a teljesítménymérés eszközének, és a sorbanállási elméletet alkalmazzák sztochasztikus termelési modellekben (Karmarkar 1987, Tielemans 1996). Fizikai mutatókat alkalmaznak a maximális elkészítési időt, a maximális késést, a teljes elkészítési időt vagy a teljes késedelmet minimalizáló célfüggvények (Potts-Van Wassenhove 1992).

3.8 A korlátozott kapacitás hatása

A kapacitáskínálatot rendszerint az idő függvényében modellezik, meghatározva az időegység alatt rendelkezésre álló erőforrás-egységeket. A kapacitásigény modellezése összetettebb feladat. Először el kell dönteni, hogyan fordítjuk le az átalakítási tevékenységet kapacitásfogyasztássá időegységenként, annak érdekében, hogy meghatározzuk az erőforrással ellátható tevékenységeket. A kapacitásigényt a következő két elv szerint modellezzük:

- a kapacitásigényt a tevékenységszint lineáris függvényének tekintjük;
- a kapacitásigény a tételenként szükséges gépbeállítások/átállítások számának lineáris függvénye.

A modell szerkesztése sokkal nehezebb, ha elemzési és tervezési célból akarjuk futtatni. A beállításból/átállításból származó kapacitásfogyasztást tartalmazó modelleket nehéz megoldani. Következésképpen az ilyen modellezésének két hátránya lehet: a) a modell viselkedését majdnem olyan nehéz megérteni, mint magának a rendszernek a viselkedését, az eredmények megbízhatóságának értékelése nem könnyű; b) a modell megoldása sok időt igényel; a modell viselkedésének összehasonlítása változó körülmények között nagyon időigényes, és ez csökkenti a modell gyakorlati hasznosíthatóságát.

A fenti nehézségek elkerülésére két lehetőség adódik: a) nem keresik a modell egzakt megoldását. Ehelyett „hüvelykujj szabályt", ún. heurisztikát dolgoznak ki, amely remélhetőleg a modell jó, de nem szükségszerűen optimális megoldását adja. b) A másik módszer a modell megváltoztatása: igyekeznek követni a rendszer kapacitáskorlátokra reagáló viselkedését. A gépbeállítási/átállítás okozta kapacitás fogyasztás modellezése helyett a beállítás költségeit építik a célfüggvénybe a beállítási idők helyett.

4. A kötegelési modellek csoportosítása a kereslet és a kapacitás alapján

A korlátozott vagy korlátlan kapacitás képezi a sorozatnagyság modellek osztályozásának egyik szempontját. A másik a kereslet modellezésének módja: a modellek feloszthatók a jövőbeni kereslet feltételezett ismertsége szerint. A keresletet stacionárius sztochasztikus (sőt konstans) paraméterként modellezik, vagy dinamikus paraméterként. E két dimenzió szerinti tipologizálást mutatjuk be az *1. táblá*ban, és irodalmi példákat sorolunk fel az egyes modelltípusokra a *2. táblá*ban (Kuik et al. 1994, 250. Table 1 átdolgozása).

1. tábla. A kötegelési modellek osztályozása

Kereslet	Kapacitás	
	Végtelen	Véges
stacionárius (és konstans) dinamikus	EOQ SIC (többszintű) WW	ELSP Sorban állás/Kötegelés (többszintű)-CLSP DLSP Kötegelés/Ütemezés

A kötegelési modellek részletesebb csoportosítását megtalálhatjuk az említett tanulmány függelékében.

2. tábla. Irodalmi példák az egyes modelltípusokra.

Modelltípus	Irodalmi példa
EOQ: Gazdaságos Rendelési Mennyiség modellje	Harris (1913), Hax-Candea (1984), Silver-Peterson (1985)
SIC: Statisztikai Készletezés	Silver-Peterson (1985).
ELSP: Gazdaságos Sorozat Ütemezési Probléma	Elmaghraby (1978), Zipkin (1991).
Sorban állás/ Kötegelés: Sorban állási elméleten alapuló modellek	Karmarkar (1987)
(többszintű)- WW: Többszintű Wagner - Whitin típusú modellek	Afentakis-Gavish (1986), Vörös-Chand (1992), Vörös (1995).
(többszintű)- CLSP Többszintű Kapacitáskorlátos Kötegelési Probléma.	Billington-McClain-Thomas 1986), Kuik-Salomon-Van Hoesel-Van Wassenhove (1992).
DLSP: Diszkrét Kötegelési és Ütemezési Probléma	Salomon-Kroon-Kuik-Van Wassenhove (1991)
Kötegelés/Ütemezés:	Potts-Van Wassenhove (1992)

A sorbanállási elméleten alapuló, a dinamikus (sztochasztikus) programozási és a vegyes egészértékű-lineáris programozási modellek a legkiemelkedőbbek a sorozatnagyság modellezésének területén.

A kötegelési elemzés, amely felhasználja a sztochasztikus sorbanállási elméleten alapuló modelleket, rendszerint stacionáriusnak tekinti a rendszer működésének körülményeit: jóllehet a tényleges feltételek adott időpontokban eltérhetnek, a feltételek statisztikailag időben változatlanok. Csak a statisztikai információkat (pl. átlag, variancia) tételezzük fel ismertnek. Így csak statisztikai információkat használhatunk a döntéshozatalban. A kötegek stacionárius ütemezését és nagyságát kapjuk legjobb megoldásként. Ezért a sorbanállási modellek legelőször a stratégiai tervezési szinthez kapcsolódnak, ahol a kötegelési döntéseket (pl. az egység mérete) a közvetett (off-line) tervezés és irányítás alapján hozzák.

A sorbanállási modellek korlátozott kapacitású modellek. A feldolgozási (kiszolgálási) idők végessége korlátozza a modell kibocsátási rátáját. A korlátozott kapacitás hatásai különösen megmutatkoznak, ha a rendszer kihasználtsága megközelíti a 100 %-ot: a gyártási készlet erősen emelkedik, amint a kihasználás megközelíti a 100%-ot, és ennek megfelelően erősen emelkedik a kibocsátás egységére jutó költség.

A determinisztikus modellek lehetnek korlátozott vagy korlátlan kapacitású modellek. A korlátlan kapacitású modellekben gyakran szerepel – lényeges ellentétben a sorban állási modellekkel – skálahozadék hatás, amikor is a kibocsátás egységére jutó költség csökken a kibocsátás (kereslet) mennyiségének függvényében. A vegyes egészértékű-lineáris modellek determinisztikusak, a kapacitás vagy a kereslet paraméterértékeinek ismeretén alapulnak. Ezek a modellek olyan helyzetekben alkalmasak, amikor a rendszer állapota és követelményei meghatározhatók. A determinisztikus modelleket a sorozatnagyság elemzés mindhárom szintjén alkalmazzák.

5. Kritikai észrevételek a kötegeléssel kapcsolatban

A sorozatnagyság kutatások bírálata az utóbbi években felerősödött. A változó technológiai feltételek, a verseny erősödése és jellegének megváltozása kikényszerítik a menedzsment problémáinak megoldására szolgáló kötegelési elemzés célszerűségének alapos vizsgálatát.

Mivel mind több terméket a fogyasztók egyéni igényei szerint testreszabottan készítenek, a végtermékek egyre változatosabbak. Ennek megfelelően jelentősen nőtt a jellegtelen termékek kínálatának kockázata. Az alacsony készletszintek és rövid származtatási idők előtérbe kerülése új célokat teremtett a vezetés számára a termeléstervezésben és -irányításban (vö. Stalk 1988, Stalk-Hout 1990, Stalk-Webber 1993).

Sok vállalat sikerrel növelte rugalmasságát, ami lehetővé tette több átállítás végzését. Azok a vállalatok, melyek megfelelően elsajátították az új vezetési módszereket és az új technológiákra épülő eszközök alkalmazását, csökkenteni tudták készleteiket, miközben kiküszöbölték ennek negatív következményeit, pl. a költségek növekedését, a termelékenység csökkenését a gépbeállítások számának emelkedése következtében. A sikertényezők egyike a kötegelés alkalmazásának kritikai újraértékelése.

A tapasztalat alapján néhány kutató úgy gondolja, hogy a készlet/sorozatindítás közötti választás vitatható (Woolsey 1988, és Weiss 1990), és a sorozatnagyság-elemzés elvesztette relevanciáját. Amint az eddig elmondottakból kitűnik, nem értünk egyet ezzel a nézettel.

5.1 Rugalmas termelési folyamatok

Egyes kritikusok szerint annyira rugalmas termelési folyamatokat kell tervezni, hogy a gyártási sorozatok legyenek egyenlők a vevők által igényelt mennyiségekkel, és a termelés ütemezése olyan, hogy a készletpozíciók majdnem zérusok. Nem mondják meg, hogyan kezeljük a készlet/sorozatindítás problémáját, hanem azt állítják, felesleges ezzel foglalkozni. A technológiai fejlődés gyorsulása megteremtett néhány lehetőséget az ilyen eliminációra. A felismerés

lényege az, hogy a vállalat sikerének kulcsa a rugalmasság.

Nem vitatjuk ennek ésszerűségét, ki kell használni a rugalmasság előnyeit, arra serkentve a vállalatokat, hogy a költség-kiszolgálás határán dolgozzanak (pl. minimális költséggel működjenek meghatározott kiszolgálási szinten). Mivel a rugalmasság dinamikus, ez a határ elmozdul. Érthető módon a modellek alapjának változása módosítja a modellek szerkesztésének és alkalmazásának jellegét.

Ha igaz is az állítás, hogy a gépbeállítások kis kapacitást vagy időt igényelnek a technológiai fejlődés következtében, a gyakori átállítások még mindig negatívan befolyásolhatják a kibocsátás minőségét, és lassíthatják a feldolgozást. Ezért olyan modellekre van szükség, melyek megfogalmazzák a sorozatnagyság és a minőség közötti összefüggést.

A lényeg az, jóllehet a költség-kiszolgálás határ elmozdul, a fejlődés nem törli el a határt önmagában. Előfordulhat például, hogy a vevő kereslete időben nagyon hullámzik, ugyanakkor a rendelkezésre álló kapacitás csak kis időbeli változtatást tesz lehetővé (pl. korlátozott túlóra vagy/és alvállalkozói kapacitás miatt). Így a kereslet bizonyos időszakokban túllépheti a termelési kapacitást. A pontos szállítás érdekében az ilyen periódusok keresletét a korábbi időszakok termeléséből kell kielégíteni, ez ismét kötegelési és készletezési döntéseket igényel.

5.2 A költségparaméterek érvényessége

A hagyományos könyvelési módszerek célja az eszközök áramlásának rögzítése a vállalatnál. Következésképpen az információkat a költségekről és egyéb inputokról nem a sorozatnagyság meghatározási döntéseknek megfelelő formában és részletezettséggel mérik.

Az optimalizálási folyamat során így óvatosnak kell lennünk, amikor megpróbáljuk megragadni a kötegelési döntések hatását a pénzügyi teljesítményre. A modellezés folyamán és az eredmények értékelése során kell azzal a kérdéssel foglalkozni, hogy mi az inputok adekvát jellegének és részletezettségének elegendő mértéke. Meg kell állapítanunk a modell eredményének érzékenységét a különböző paraméter értékekre, így az inputok korlátozottsága nem gátolja sorozatnagyság meghatározási tanulmányok végzését, ellenkezőleg, rámutathatnak a teljesítmény kritikus dimenzióira.

5.3 A kötegelési modellek bonyolult megoldási módszerei

Felvetődik, hogy a sorozatnagyság modellek és azok megoldási eljárásai túl bonyolultak, és nem hatékony a gyakorlati alkalmazásuk. Az igaz, néhány kötegelési modell túl bonyolult ahhoz, hogy a nem szakértők is megértsék. Sok esetben a felhasználóknak és a döntéshozóknak nem kell részletesen ismerniük a belső folyamatokat.

A kérdés nem az, hogyan értik meg a termeléstervezők az alkalmazott modellek és algoritmusok részleteit. A valós kérdés az, kifejezi-e a modell a kötegelési eljárások hasznosságát a gyakorlati szakemberek számára.

6. A kötegelés mai fejlődési irányai

A kötegelés az operációkutatási technikákat és elméletet alkalmazza döntéshozatalt támogató rendszerek kifejlesztése érdekében. A kötegelés visszahat az operációkutatás elméletében elért eredményekre, a számítási és telekommunikációs kapacitás fejlődésére, és a tevékenység irányítás fejlődésére. Például az utóbbi évtizedben a vegyes egészértékű-lineáris programozás területén folytatott kutatás erőfeszítéseket tett olyan poliédrikus feltételrendszerek előállítása érdekében, mint az ún. vágósíkok, amelyek mellett az LP lazítás optimumhelye azonos a megoldandó feladat optimumhelyével. Ezek az eredmények kibővítették a sorozatnagyság problémák modelljeit. Ugyanakkor a klasszikus kötegelési problémákra is folyamatosan nagy figyelmet fordítottak, és meglepő új eredményeket értek el. Például már ismert a klasszikus Wagner-Whitin probléma megoldása lineáris időben (Aggarwal-Park 1993). Szintén viszonylag könnyen kiszámítható megoldásokat kaptak a többszintű EOQ problémára (Roundy 1986).

A költségparaméterek becslésének bizonytalanságát küszöböli ki a fizikai mutatók előtérbe kerülése. A determinisztikus kapacitáskorlátos modellek nem veszik figyelembe, hogy a gyakorlatban, magas kihasználtsági fok mellett, a munka beérkezésének bizonytalansága következtében nagy sorbanállási késés keletkezik. Ezt a sorbanállási elmélet, és az erre épülő sztochasztikus modellek írják le megfelelően, ezen a területen is további fejlődés várható.

Nagyobb hangsúlyt fog kapni a fizikai teljesítmény és a gyors reagálási képesség. Az áruáramlási rendszer közvetlen teljesítménye fizikai: az áramlási idők és a készletszintek. A pénzügyi teljesítmény a fizikai teljesítmény következménye. Nagyon nehéz lehet azonban felfedni a kettő közötti időbeli és oksági összefüggést, különösen dinamikus környezetben.

Előtérbe kerül a változó korlátok alapos elemzése. Sok rendszerkorlát és paraméterérték abból a feltevésből származik, hogy a rendszer környezetének bizonyos feltételei állandóak. A környezet dinamiká-

ja kényszeríti ki a lehetőségek és az eredmények vizsgálatát és összehasonlítását („optimális megoldások") a korlátokra és a paraméter értékekre tekintettel.

A nem klasszikus tényezők modellezésének fejődését mutatja a 3. *tábla* (Kuik et al. 1994, 254. Table 2 alapján).

3. tábla. A kölcsönhatások modellezésének fejlődése

Modelljellegzetesség	Irodalmi példa
minőség és tanulás	Kroll-Kumar (1989), Chand-Sethi (1990), Porteus (1990)
termékszerkezet és rugalmasság	De Groote (1994)

Várható, hogy a kötegelési kutatások gyorsan bővülni fognak heurisztikusan elemezhető komplex modellek alkotásával. A „jó" megoldás meghatározását követően a heurisztika fejlesztésének legfontosabb célja szilárdságának és könnyen követhető logikájának (nem számítási részleteinek) a biztosítása, például a döntéstámogatási rendszerben történő felhasználásra, a döntéshozók számára (Afentakis-Gavish 1986, Chand-Vörös 1992, Kuik et al. 1993, Vörös-Chand 1992, Chand-Sethi 1990, Vörös 1995).

Sorozatnagyság kutatásokat hosszú ideje folytatnak, és ha a feltételek változnak, új közelítésmódokat kell keresni. A kötegelés nem vesztette el a jelentőségét, a sorozatnagyság kutatás gyorsan alkalmazkodik a változó körülményekhez.

Felhasznált irodalom

Afentakis, P. - Gavish, B. (1986): Optimal lotsizing algorithms for complex product structures. *Operations Research* 34/2, 237-249.

Afentakis, P. - Gavish, B. - Karmarkar, U. S. (1984): Computationally efficient optimal solutions to the lotsizing problem in multistage assembly systems. *Management Science* 30/2, 222-239.

Aggarwal, A. - Park, J. K. (1993): Improved algorithms for economic lot size problems. *Operations Research* 41/3, 549-571.

Bahl, H. C. - Ritzman, L. P. - Gupta, J. N. D. (1987): Determining lot sizes and resource requirements: A review. *Operations Research* 35/3, 329-345.

Billington, P. J. - McClain, J. O. - Thomas, L. J.: (1986): Heuristics for multilevel lotsizing with a bottleneck. *Management Science* 32/8, 989-1006.

Chand, S. - Sethi, S. P. (1990): A dynamic lotsizing model with learning in setups. *Operations Research* 38/4, 644-655.

Chand, S. - Vörös, J. (1992): Setup cost stability region for the dynamic lotsizing problem with backlogging. *European Journal of Operational Research* 58, 68-77.

De Bodt, M. A. - Gelders, L. F. - Van Wassenhove, L. N. (1984): Lotsizing under dynamic demand conditions: A review. *Engineering Costs and Production Economics* 8, 165-187.

De Groote, X. (1994): Flexibility and product variety in lotsizing models. *European Journal of Operational Research* 75, 264-274.

Elmaghraby, S. E. (1978): The economic lot-scheduling problem (ELSP): Reviews and extensions. *Management Science* 24, 587-598.

Golhar, D. Y. - Sarker, B. R. (1992): Economic manufacturing quantity in a just-in-time delivery system. *International Journal of Production Research*, 30/5, 961-972.

Goyal, S. K. - Deshmukh, S. G. (1992): Integrated procurement-production systems: A review. *European Journal of Operational Research* 62, 1-10.

Hackman, S. T. - Leachman, R. C. (1989): A general framework for modeling production. *Management Science* 35/4, 478-495.

Harris, F. W. (1913): How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management*, 10/2, 135-136.

Hax, A. C.-Candea, D. (1984): *Production and Inventory Management*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Karmarkar, U. S. (1987): Lot sizes, lead times and in-process inventories. *Management Science* 33/3, 409-418.

Kroll, E. - Kumar, K. R. (1989): The incorporation of learning in production planning models. *Annals of Operations Research* 17, 291-304.

Kuik, R. - Salomon, M. - Van Hoesel, S. - Van Wassenhove, L. N. (1992): *The single* item discrete *lotsizing and scheduling problem: Linear description and optimization*. Working Paper, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, Netherlands

Kuik, R.-Salomon, M.-Van Wassenhove (1994): L. N.: Batching decisions: structure and models. *European Journal of Operational Research* 75, 243-263.

Nam, S. - Logendran, R. (1992): Aggregate production planning: A survey of models and methodologies. *European Journal of Operational Research* 61, 255-272.

Porteus, E. L. (1990): Stochastic inventory theory. in. D. P. Heyman - M. J. Sobel (ed.): *Handbooks in OR and MS.*, Volume 2, Elsevier, Amsterdam, 605-652.

Potts, C. N. - Van Wassenhove (1992): Integrating scheduling with batching and lotsizing: A review of algorithms and complexity. *Journal of the Operational Research Society* 43/5, 395-406.

Roundy, R. (1986): Rounding off to power of two in continuos relaxations of capacitated lot sizing problems. *Management Science* 35/12, 1433-1442.

Salomon, M. (1991): *Deterministic Lotsizing Models for Production Planning*, Volume 356 of Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag, Heidelberg.

Salomon, M. - Kroon, L. G. - Kuik, R. - Van Wassenhove, L. N. (1991): Some extensions of discrete lotsizing and scheduling problem. *Management Science* 37/7, 801-812.

Silver, E. A - Peterson, R . (1985): *Decision Systems for Inventory Management: and Production Planning*, Wiley, New York.

Stalk, F. (1988): Time: the next competitive advantage. *Harvard Business Review*, July-August, 41-51.

Stalk, F.-Hout, T. M. (1990): *Competing against Time - How Time-Based Competition Reshaping the Global Markets?* The Free Press, New York.

Stalk, F.-Webber, A. M. (1993): Japan's dark side of time. *Harvard Business Review* 71/4, 93-102.

Tielemans. Peter F. J. (1996) Lead Time Performance in Manufacturing Systems. PhD thesis, Erasmus University Rotterdam.

Tinarelli, G. U. (1983): Inventory control: Models and problems. *European Journal of Operational Research* 14, 1-12.

Vergin, R. C. - Lee, T. N. (1978): Scheduling rules for the multiple product single machine system with stochastic demand. *Infor* 16/1, 64-73.

Vörös, J.-Chand, S. (1992): Improved lot sizing heuristics for multi-stage inventory models with backlogging. *International Journal of Production Economics* 28, 283-288.

Vörös, J. (1995): Setup cost stability region for the multi-level dynamic lot sizing problem. *European Journal of Operational Research* 87, 132-141.

Wagner, H. M. - Whitin, T. M. (1958): A dynamic version of the economic lot size model. *Management Science* 15, 506-527.

Weiss, E. N. (1990): Lot sizing is dead: Long live lot sizing. *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, 76-78.

Wolsey, G. (1988): A requiem for the EOQ: An editorial. *Production and Inventory Management Journal* Third Quarter 68-72.

Zipkin, P. H. (1991): Computing optimal lot sizes in the economic lot scheduling problem. *Operations Research* 39/1, 56-63.