RUGALMASSÁG ÉS MINŐSÉG PÁRHUZAMOS FEJLESZTÉSE[1]

VÖRÖS JÓZSEF
Janus Pannonius Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar

Ezen tanulmányban egy olyan modell fejlesztése történik, mely figyelembe veszi a termelési folyamat minőségnövelésének valamint az átállítási idők csökkentésének párhuzamos lehetőségét. Mint ismeretes, a korábbi termelési paradigmák kizárták a minőség és tömegtermelés egyidejűségét egészen a Toyota Termelési Rendszer (TTR) megjelenéséig, és mindmáig ismeretlenek olyan modellek, melyek sikeresen fogalmaznák meg a jelenséget. Modellünk megkülönböztető jegye, hogy a gazdaságos sorozatnagyság meghatározásánál véges termelési rátát tételezünk fel, továbbá azt tételezzük fel, hogy zérushoz közeli átállási idők elérésének költsége nem lehet végtelen. Mindemellett, mint ahogy az a TTR-ben is van, a termelő berendezések elrendezése lehetővé teszi az előforduló minőségi problémák azonnali észrevételét és orvoslását. Analízisünk eredménye a fent említett modern termelési paradigmát támogatja, mely szerint a termelési folyamat rugalmasságának és megbízhatóságának növelése egymást erősítő folyamatok.

Kulcsszavak: Gazdaságos sorozatnagyság, Just-in-Time (JIT), Total Quality Management (TQM)

1. Bevezetés

A rugalmasság tárgyalása a termelés management és vezetéstudomány (management science) irodalmának egyik legrégebbi témája. A termelési sorozat kezdési költségének (átállítási vagy beállítási költségének) és a készletezési költségek egyensúlyát meghatározó modellt még a század elején megfogalmazták, és a jól ismert Wilson formula néven vált népszerűvé a gazdaságos sorozatnagyságot (GSN) meghatározó képlet. A GSN-t meghatározó eredeti modell a tömegtermelést kifejező termelési paradigma formalizált változata

[1]A tanulmány a szerzőnek a "Lot Sizing with Quality Improvement and Setup Time Reduction" címen az European Journal of Operational Research-ben 1998-ban megjelenő cikkének magyarított változata. A szerző köszöni az OTKÁ-tól kapott T 11836 pályázat alatti, valamint az MKM 59/1997 támogatást.

volt. Ez a hetvenes évekig uralta a termelés irányításának elméletét és a specifikációra, a hatalmas termelési volumenre, a hierarchikus irányításra helyezte a hangsúlyt.

A tömegtermelés (nagy sorozatok, specifikáció) eszménye a hetvenes években kezdett el erősen hanyatlani. A termelés irányításával kapcsolatban napjainkban leggyakrabban használt kifejezések a JIT, a TQM, a karcsúsított termelés/vállalat, a flexibilis termelés, az időre alapozott verseny, melyek mindegyike a tömegtermelés eszményével szembeni nézeteket vall. Womack és társai (1990) szerint a karcsúsított termelés nem más, mint "olyan termelési rendszer, amely mindenből kevesebbet használ, mint a tömegtermelés". Stalk (1988) szerint pedig "az idő olyan, mint egy stratégiai fegyver, a pénzzel, termelékenységgel, sőt az innovációval egyenértékű". A Toyota Termelési Rendszere pedig megmutatta a világnak, hogy a flexibilitás, termékminőség, termelékenység nem egymást kizáró kategóriák, hanem egymást erősítő folyamatok. Sőt, a tömegméretű egyéniesített termékek termelésének képessége nélkül a következő évtizedek alig élhetők túl (Pine II et al, (1993)).

Az említett paradigmaváltásokat a GSN-nel kapcsolatos irodalom is tükrözi. Elsőként kell megemlíteni Porteus (1985, 1986, 1987) munkáit, ahol első ízben történik említés olyan beruházásokról, amelyek célja a beállítási idők csökkentése és a folyamat megbízhatóságának, minőségének javítása. Egyik leglényegesebb megállapítása, hogy a termelési sorozatok nagysága a folyamatminőség javulásával növekszik. Modelljében Porteus azt tételezi fel, hogy a termékek minőségét csak a sorozat megtermelése után ellenőrzik, és ha a sorozat letermelése során hibás terméket állítanak elő, akkor a sorozat még visszalevő termékei mind hibásak lesznek. Goyal és társai szerint (1993) Porteusnek ez a feltevése nem állja meg a helyét dinamikus folyamatirányítás esetén, vagy ha a szóban forgó termék igen értékes.

Porteus tanulmányai azonban igen sok kutatót inspiráltak arra, hogy a minőséggel kapcsolatos kérdésekkel foglalkozzanak.

Tapiero és társai (1987) például egy olyan elméletet fejlesztettek ki, melyben a vezetőknek lehetőségük van arra, hogy mérlegeljék az ár, a megbízhatóság, a terméktervezés és minőségirányítás közötti összefüggéseket. Van Beek és Van Putten (1987) amikor az átállítási költségek csökkentése és az ehhez szükséges beruházásokat hozta összefüggésbe az egységnyi átállítási költségre jutó amortizációs és kamatköltségeket tekintette, mely érelemszerűen a végtelenbe tart, amikor a beállítási költségek a zérust megközelítik. A Cheng (1989) által tervezett modellben a beruházási költségek ismét a végtelen felé tartanak, amikor az átállítási költségek a zérust közelítik meg. Később (1991), hasonló módon, a termékek önköltségét kapcsolatba hozta a minőségbiztosítási rendszerrel és a folyamat minőségével. Goyal és Gunasekaran (1990) pedig dinamikus minőségirányítási folyamatot tanulmányozott egy többszintű termelési-készletezési rendszerben. 1995-ben a European Journal of Operational Research egy teljes különszámot szentelt olyan problémák tárgyalására, melyben a GSN, a minőségellenőrzés és a selejtes darabok javításának kezelése integrált módon történik (80(2)).

Ezen cikk három fő feltételezésben különbözik a korábbi tanulmányoktól. Először is azt tételezzük fel, hogy a termelési ráta véges. Ez a feltételezés lehetővé teszi a folyamatminőség termelékenységre mért hatásának vizsgálatát. A következő lényeges eltérés, hogy folyamatos fejlesztési lehetőséget tételezünk fel az átállítási idők csökkentésével kapcsolatban. A japán termelési kultúra megmutatta, hogy az úgynevezett kaizen (folyamatos megújulás) elv használatával zérushoz közeli átállítási idők elérése nem irreális célkitűzés, melynek következménye, hogy a zérusközeli átállítási időt megvalósító fejlesztési elképzelések költsége nem lehet végtelen. Logaritmikus vagy hatványfüggvények helyett így valósághűbb képet nyerhetünk, ha szakaszonként lineáris függvényeket használunk. Ilymódon kifejezzük, hogy ami egy bizonyos időben lehetetlen volt a rendkívül magas költségek miatt, lehetségessé válik áttörő fejlesztések és innováció eredményeként. Ilyenkor a lineáris szakasz irányában alapvető változás áll be, és gazdaságossá válik az új technológia alkalmazása.

Harmadszor, amikor a Toyota termelő berendezéseinek elrendezési tervét vizsgálat tárgyává tesszük, minden további nélkül feltehetjük például, hogy — a dolgozók felhatalmazása (empowerment) által — a dolgozó a hibákat észleli, ezt kötelessége nyilvánvalóvá tenni, és a hibákat kijavítják, illetve megelőzik. Elméletileg hibás termék a szalagot nem hagyhatja el, hiszen ha a hiba nem hozható helyre, a teljes szalag leáll. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a termelési folyamatnak nincsenek minőség problémái, ugyanis a szalag nem állhat folyamatosan.

A tanulmány következő fejezete a minőség figyelembevételének módját tárgyalja a GSN meghatározása során, 3.§ a folyamatminőség javítását elemzi, a 4.§ az átállási idők csökkentését és a minőség javítását együtt tárgyalja, az 5.§ pedig az összegzést adja.

2. A gazdaságos sorozatnagyság meghatározása

Tételezzük fel, hogy a termelés éves rátája p abban az esetben, amikor a termelési folyamatot egyszer sem szakítja meg valamilyen minőségi probléma. Hátralékot nem engedünk meg, azaz a keresletet mindig ki kell elégíteni. Az éves keresleti volument jelölje d, egy termék egy éven keresztül történő készleten tartásának költségét pedig h. Amikor egy átállítás, illetve beállítás költségét S-sel jelöljük, az éves átállítási költség és készletezési költség összegét pedig C-vel, az utóbbi értékét a sorozatnagyság (Q) függvényeként az alábbi módon határozhatjuk meg (lásd például Hax és Candea (1984)):

$$C(Q) = \frac{Sd}{Q} + h\left(1 - \frac{d}{p}\right)\frac{Q}{2}\,. \tag{1}$$

C minimumértékét olyan Q_0 adja, amire:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Sd}{h}\frac{p}{p-d}} = \sqrt{\frac{2Sd}{h}\left(1 + \frac{d}{p-d}\right)}\,. \tag{2}$$

Esetünkben azonban az éves termelési rátát a termelési folyamattal kapcsolatos minőségi problémák csökkenthetik, és értelemszerűen minőség problémákra különböző folyamatkialakítások különböző módon reagálnak. Modern folyamatkialakítási rendszerekben, például TQM elveket követve, amikor minőség problémákat észlelnek egy munkaállomáson, illetve cellában, a dolgozókat, mint említettük, felhatalmazzák a problémák jelzésére. Ennek kifejezése a Toyota termelési folyamatában például az úgynevezett andon kötél meghúzásával történik, és a szalagot megállítják a kijavítás idejéig, ha a minőség problémát nem tudják bizonyos időn belül megoldani. Mishina és Takeda (1992) szerint például, egy termelési cellában levő dolgozó egy műszak alatt átlagosan mintegy tucatnyi alkalommal húzza meg az andon kötelet, és ezek közül átlagosan egy a szalag megállításához vezet. A Kentucky állambeli Georgetown-ban levő Toyota gyárban, ahol a Camry modelleket termelik, az összeszerelő üzemben például hetven fő dolgozik összesen, azaz a tanulmány készítése idején körülbelül hetven leállás volt regisztrálható egy műszak alatt (Mishina és Takeda (1992)) ami a szerelőszalag minőségének egyfajta mérőszáma lehet. Megjegyezzük, hogy a ciklusidő abban az időben 57 másodperc volt, míg a kezdés idején 60. Azt mondhatjuk tehát, hogy erről a szerelőszalagról minden percben legördül egy átlagosan 25 ezer dollárt érő Toyota Camry, ami az 1997-es eladási statisztikák szerint az Egyesült Államok legnépszerűbb modellje.

A Toyota termelési rendszere áthatott nagyon sok iparágat. A szerző például egy hasonló elveken működő, de teljesen automatizált termelőszalagot figyelhetett meg a Kodak Boston melletti üzemében, ahol a Vision (Polaroid) fényképezőgépeket termelik. A Sony robotokkal felszerelt üzemben a minőségi problémákat a cellában villogó sárga fény jelzi, a piros pedig a szalag leállítását jelenti. A dolgozók a problémák helyrehozásánál asszisztálnak.

Jelölje X annak a valószínűségét, hogy a termelési folyamat egy adott időintervallumban, mondjuk egy percben le van állítva minőségi problémák miatt valamelyik műszakban. Ha a^* a munkapercek számát jelenti egy év alatt, akkor éves szinten annak a várható értéke, hogy a szalag nem működik,

a^*X perc, és ha a ciklusidő egy perc, akkor átlagosan évente a^*X autó nem készül el a termelési folyamat minőség problémái miatt. Ilymódon X a folyamatminőség szintjét jelzi: minél kisebb X értéke, annál jobb a folyamat minősége. Azt mondhatjuk, hogy a termelési folyamat termelékenysége éves szinten (aX) volumennel csökken, ahol $(a/100)$ azt a termékvolument jelöli, amit akkor nem termelnek meg, amikor annak valószínűsége, hogy a folyamatot leállították minőségi problémák miatt, 1%.

1. Tulajdonság: Ha a folyamatnak megvan a minősége, hogy $p - aX > d$, akkor az optimális sorozatnagyság

$$Q_0(X) = \sqrt{\frac{2Sd}{h}\left(1 + \frac{d}{p-d-aX}\right)}, \tag{3}$$

és a minimális költség

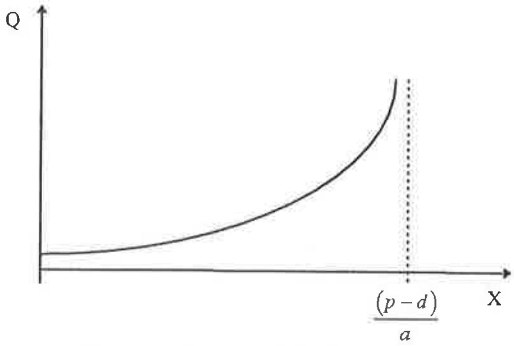
$$C(X) = \sqrt{2Sdh\left(1 - \frac{d}{p-aX}\right)}; \tag{4}$$

így amikor a folyamatminőség romlik, a sorozatnagyság növekszik, az éves átállítási és készletezési költségek összege pedig csökken. Továbbá, az optimális sorozatnagyság szigorúan konvex, a költségösszeg pedig szigorúan konkáv függvénye X-nek.

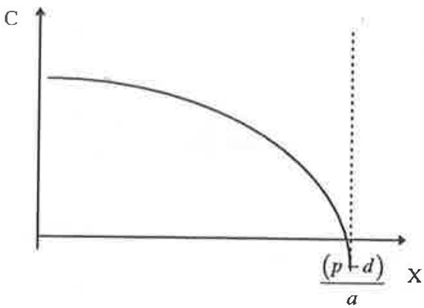
p értékét $(p - aX)$-szel helyettesítve (1)-(2)-ben, az 1. Tulajdonság közvetlenül adódik. (3) egyébként pontosan azt a modern termelési paradigmát magyarázza, hogy a rövid termelési ciklusok, a gyors válaszadási idő magas minőségű, megbízható termelési folyamatot igényel.

Bár a (3)-(4) által megfogalmazott összefüggések különböznek Porteus eredményeitől, az éves költségösszeg viselkedése nyilvánvalóvá válik a mi modell rendszerünkben: amikor a folyamatminőség olyan alacsony, hogy az aktuális igény alig elégíthető ki, nincs idő termékváltásra. Az átállítási költségek így csökkennek, de csökken a készletszint is. A rendszer pedig majdnem "Just-in-Time" rendszerben működik, hiszen a fogyasztó örül, hogy megkapja termékét, és azt rögtön el is viszi, ugyanis a rossz folyamatminőség miatt $(p - aX)$ alig különbözik az éves igénytől, d-től.

Az optimális sorozatnagyság szigorúan konvex, a költségösszeg pedig szigorúan konkáv X-ben. Ezen két függvény látható az 1a-b. ábrákon.



1a ábra: Az optimális sorozatnagyság



1b. ábra: Az éves átállítási és készletezési költségek összege

3. A folyamatminőség javítása

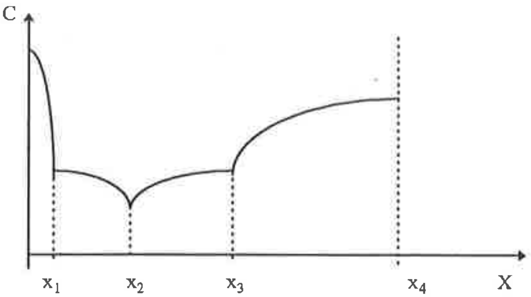
Az (1) alatt megfogalmazott modell nem tartalmazza a minőséggel kapcsolatos összes aspektust. Amikor például a folyamatminőség csökken, a selejtes termékekkel kapcsolatos költségek növekednek, másrészről magas minőség több beruházást igényel. Legyen a hibás termékek javítási költsége az X-nek lineáris függvénye, és jelölje ezt bX, míg a minőségfejlesztéssel kapcsolatos beruházások éves amortizációs költsége X-nek folytonos, csökkenő, szakaszonként lineáris konvex függvénye, történetesen $(e_i - f_i X)$, $i = 1, \ldots, m$, amikor $x_{i-1} \leq X \leq x_i$, és $0 = x_0 < x_1 < \ldots < x_m$. Értelemszerűen, $(b/100)$ azt jelöli, hogy mennyibe kerül éves szinten a selejtjavítás, amikor annak a valószínűsége, hogy a folyamat áll, 1%. $(f_i/100)$ azt jelöli, hogy mennyi az éves amortizációs költsége annak, amikor 1%-al csökkentjük a termelési folyamat leállásának valószínűségét, feltéve, hogy $x_{i-1} \leq X \leq x_i$, és e_i az éves amortizációs költségét jelenti annak a beruházásnak, ami a tökéletes folyamatot megvalósítja, feltéve, hogy nincs töréspont már x_i alatt. Következik, hogy

$$e_i - f_i x_i = e_{i+1} - f_{i+1} x_i \,, \qquad i \in \langle 1, m-1 \rangle \,,$$
$$e_i \geq e_{i+1} \,, \qquad f_i \geq f_{i+1} \,, \qquad i \in \langle 1, m-1 \rangle \,,$$

ahol $\langle u, v \rangle = \{u, u+1, \ldots, v\}$. Feltesszük, hogy a b, e_i és f_i paraméterek pozitívak. Ebben az esetben ezen újabb szempontokat is figyelembe vevő teljes költségfüggvényünk az alábbi formát ölti:

$$C(X) = \sqrt{2Sdh\left(1 - \frac{d}{p - aX}\right)} + bX + e_i - f_i X, \qquad x_{i-1} \leq X \leq x_i \,. \quad (5)$$

Ez az új költségfüggvény szakaszonként konkáv, és egy tipikus formát a 2. ábra mutat.



2. ábra: A teljes költségfüggvény minőségfejlesztési beruházásokkal

Az X minden intervalluma fölött a költségfüggvény konkáv, ezért a következő tulajdonság könnyen következik:

2. Tulajdonság: Az optimális folyamatminőségnek (az (5) alatti kifejezés minimumértékének) — amit X_o-val jelölünk — az x_0, x_1, …, x_m pontok egyikében kell lennie:

$$C(X_o) = \min_i \{C(x_i)\} \,.$$

4. A rugalmasság és minőség együttes növelése

A Toyota Termelési Rendszer (Mishina és Takeda (1992)) nem csak propagálja a rugalmasságot, hanem megmutatja, hogy a zérusközeli átállítási idők elérése nem lehetetlen cél. Ami valamikor csak álom volt, egy napon valósággá válik: valamikor tíz órát igénybe vevő átállások ma néha egy percet vesznek igénybe. A zérusközeli átállási idők megvalósítása, ami végtelenül költségesnek tűnt, a folyamatos tökéletesítés elvének használatával kifizetődőnek tűnik ma. Ilymódon, logaritmus költségfüggvény használata, melyek végtelenbe futnak zérusközeli helyzetben, nem lehet helyénvaló. Ezek helyett, a folyamat ismét jobban leírható S függvényeként szakaszonként lineáris, konvex, csökkenő, folytonos függvénnyel. Legyen ez a függvény:

$$(g_j - v_j S), \quad \text{ha} \quad s_{j-1} \le S \le s_j\,, \qquad j \in \langle 1, n \rangle\,,$$

és $0 = s_0 < s_1 < \ldots < s_m$. Itt v_i azt jelöli, hogy mennyi az éves amortizációs költsége annak a beruházásnak, ami az átállítási költséget egységnyivel csökkenteni tudja, feltéve, hogy $s_{j-1} \le S \le s_j$, és g_i az éves amortizációs költsége a zérus költséggel járó beállításnak, feltéve, hogy s_i alatt nincs már több töréspont. Hasonló módon következik, hogy

$$g_j - v_j x_j = g_{j+1} - v_{j+1} x_j\,, \quad j \in \langle 1, n-1 \rangle\,,$$

$$g_j \ge g_{j+1}\,, \quad v_j \ge v_{j+1}\,, \qquad j \in \langle 1, n-1 \rangle\,.$$

A költségfüggvény az alábbi módon írható fel ekkor:

$$C(X) = \sqrt{2Sdh\left(1 - \frac{d}{p - aX}\right)} + bX + e_i - f_i X + g_j - v_j S\,, \qquad (6)$$

$$x_{i-1} \le X \le x_i\,, \quad s_{j-1} \le S \le s_j$$

A következő függvényeket definiáljuk ekkor:

$$\Delta S_j(X) = \sqrt{2dh\left(1 - \frac{d}{p - aX}\right)}\, \frac{\sqrt{s_j} - \sqrt{s_{j-1}}}{s_j - s_{j-1}}\,, \qquad j \in \langle 1, n \rangle \qquad (7a)$$

és hasonló módon:

$$\Delta X_i(S) = \sqrt{2Sdh}\, \frac{u(x_i) - u(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}}\,, \qquad i \in \langle 1, m \rangle\,, \qquad (7b)$$

ahol

$$u(x) = \sqrt{1 - \frac{d}{p - ax}}\,.$$

Az 1. Tulajdonságból következik, hogy $\Delta X_i(S) < 0$ és $\Delta S_j(X) > 0$ minden i, j-re. Most tekintsük a következő egyenlőségeket:

$$\Delta X_i(S) + b - f_i = 0\,, \qquad i \in \langle 1, m \rangle\,, \qquad (8a)$$

és

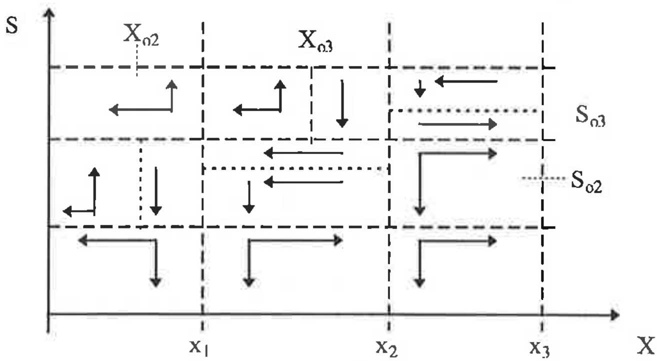
$$\Delta S_j(X) - v_j = 0\,, \qquad j \in \langle 1, n \rangle\,. \tag{8b}$$

3. Tulajdonság: Tételezzük fel, hogy a (8b) egyenletnek van megoldása a j-edik intervallumban, $j \in \langle 1, n \rangle$, és jelöljük ezt a megoldást X_{oj}-vel, amikor $0 < X_{oj} < x_m$. Ha $C(X, S_j) > C(X, S_{j-1})$ $X < X_{oj}$-re, akkor $C(X, S_j) < C(X, S_{j-1})$ $X > X_{oj}$-re, vagy fordítva, ha $C(X, S_j) < C(X, S_{j-1})$ $X < X_{oj}$-re, akkor $C(X, S_j) > C(X, S_{j-1})$ $X > X_{oj}$-re az S j-edik intervallumában. Máskülönben $C(X, S_j) > C(X, S_{j-1})$ vagy $C(X, S_j) < C(X, S_{j-1})$ ebben az intervallumban.

Hasonló tulajdonság érvényes X-re is. Jelölje S_{oi} a (8a) megoldását az X i-edik intervallumában, feltéve, hogy $0 < S_{oi} < s_n$.

4. Tulajdonság: Ha $0 < S_{oi} < s_n$ és $C(X_i, S) > C(X_{i-1}, S)$ $S < S_{oi}$-re, akkor $C(X_i, S) < C(X_{i-1}, S)$ $S > S_{oi}$-re, vagy fordítva, ha $C(X_i, S) < C(X_{i-1}, S)$ $S < S_{oi}$-re, akkor $C(X_i, S) > C(X_{i-1}, S)$ $S > S_{oi}$-re az X i-edik intervallumában. Máskülönben, $C(X_i, S) > C(X_{i-1}, S)$ vagy $C(X_i, S) < C(X_{i-1}, S)$ ebben az intervallumban.

A 3. és 4. tulajdonság a $C(X, S)$ függvény jellemzését segíti, így segíti a lokális minimumpontok megkeresését. A 3. ábra egy lehetséges költségfüggvény térképét adja meg és a nyilak iránya a függvény növekedését jelöli X és S szerint. Tetszőleges belső pontból kiindulva, majd csökkenő irányokat követve, az (x_3, s_3) pontba érkezünk, mely a $C(X, S)$ függvény globális minimumának pontját adja.



3. ábra: Egy lehetséges teljes költségfüggvény térképe

Egy példa

Tekintsünk egy kisebb autó-összeszerelő üzemet, melynek éves kapacitása 45 ezer autó abban az esetben, ha a szalagon minőségi problémák egyáltalán nem merülnek fel ($p = 45000$). A szalag hat alapmodellt termel, mindegyik esetben évi 6 ezres igény kielégítve ($d = 6000$). Minőség problémák miatt, amikor annak a valószínűsége, hogy a szalag nem üzemel 1%, éves szinten kilencezer autót nem termelnek meg ($a = 9000$), a munkabérköltsége és profittartama egy autónak ötezer dollár ($b = 45$ millió). A készletezési költség, mivel a készletek más problémát is rejthetnek, legyen 10 ezer dollár évente, természetesen autónként. A minőség és az átállítások fejlesztésével kapcsolatos paramétereket az 1. és 2. táblák adják meg.

	x_i%		
	0 0.5	0.5 1	1 1.5
e_i	60	50	10
f_i	−60	−40	−20

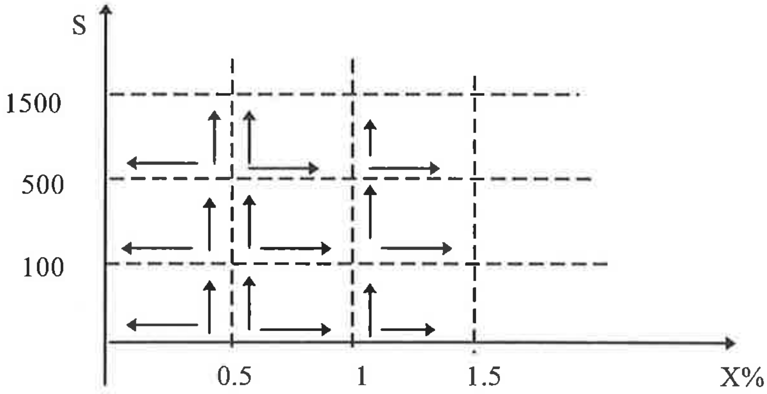
1. tábla: Minőségjavítási paraméterek (millió dollárban)

	s_j		
	0 100	100 500	500 1500
g_j	100	42.5	10
v_j	0.5	0.075	0.02

2. tábla: Átállítási idők csökkentésével kapcsolatos paraméterek (ezer dollárban)

A táblában adott paramétereket használva a $\Delta X_i(S)$ értékei $i = 1, 2, 3$-ra rendre az alábbiak: $-175\sqrt{S}$, $-219\sqrt{S}$, valamint $-291\sqrt{S}$. A $\Delta S_j(X)$ értékei $j = 1, 2, 3$-ra rendre: $1095u(X)$, $338u(X)$, valamint $179u(X)$.

Ezen értékekből következik, hogy sem ΔX_i-nek, sem ΔS_j-nek nincsenek olyan értékei, melyre a (8a-b) egyenleteknek lennének megoldásai abban a tartományban, amelyeket az 1. illetve 2. táblák adnak meg. A (8a-b) bal oldali értékeiből következik, hogy a költségfüggvény végig növekvő S-ben, ugyanakkor csökkenő X-ben a $0 < X < 0.5$ tartományban minden S-re, valamint az $X > 0.5$ tartományban növekvő minden S-re. Következésképpen a költségfüggvénynek globális minimuma van az $S = 0$, $X = 0.5$ pontban. A költségfüggvény ezen jellemzőit a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra: A feladat megoldása

5. Következtetések

A tanulmány a gazdaságos sorozatnagyságot analizálta oly módon, hogy a rugalmassági és minőségi fejlesztések hatása nyomon követhető. Megállapítottuk, hogy a minőség romlása és a sorozatnagyság között pozitív a korreláció, valamint az átállási és készletezési költségösszeg csökken a minőség romlása következtésben. A minőség és rugalmasság fejlesztésének hatását a tanulmány ugyancsak vizsgálja, és a logaritmikus valamint hatvány függvények helyett szakaszonként lineáris függvények használatát javasolja. Egy egyszerű eljárás segítségével ilyenkor a költségfüggvény viselkedése jól feltérképezhető, s a tulajdonságok ismeretében a minimumpontok könnyen meghatározhatók.

Használt jelölések listája

p : éves termelési ráta, amikor minőségi problémák egyáltalán nem léteznek,

d : éves keresleti ráta,

h : éves készletezési költség,

S : átállítási/beállítási/sorozatkezdési költség,

Q : sorozatnagyság,

C : éves teljes költség,

X : annak a valószínűsége, hogy az üzemet minőségi problémák miatt leállították a műszak egy időegységében (egy percében),

$\frac{a}{100}$: azon termékek száma egy év alatt, amit nem termelnek meg 1%-os szintű folyamatminőség mellett,

$\frac{b}{100}$: a selejtek javításának költsége 1%-os folyamatminőség mellett,

x_i : a folyamatminőség javításával kapcsolatos amortizációs költség függvény töréspontjai,

s_j : átállítási idők csökkentésével kapcsolatos amortizációs költség függvény töréspontjai,

$\frac{f_i}{100}$: 1%-os folyamatminőség javítás éves amortizációs költsége,

e_i : tökéletes folyamatminőség elérésének amortizációs költsége,

g_j : zérus költséggel járó átállítás elérésének éves amortizációs költsége,

$\frac{v_j}{100}$: egységnyi átállítási költségcsökkentés elérésének éves amortizációs költsége.

Irodalom

1. Cheng, T. C. E. (1989), An Economic Production Quantity Model with Flexibility and Reliability Considerations, European Journal of Operational Research, 39(174-179).
2. Cheng, T. C. E. (1991), EPQ with Process Capability and Quality Assurance Considerations, Journal of the Operational Research Society, 42(713-720).
3. Goyal, S. K., A. Gunasekaran, T. Martikainen and P. Yli-Olli, (1993), Integrating Production and Quality Control Policies: A Survey, European Journal of Operational Research, 69(1-13).
4. Goyal, S. K., A. Gunasekaran (1990), Effect of Dynamic Process Quality Control on the Economics of Production, International Journal of Operations and Production Management, 10(69-77).

5. Hax A., C. and D. Candea, (1984), Production and Inventory Management, Prentice Hall.
6. Mishina, K. and K. Takeda, (1992), Toyota Motor Manufacturing, U.S.A., Inc., Harvard Business School, 1-693-019.
7. Pine II, B. J., B. Victor and A. C. Boyton, (1993), Making Mass Customization Work, Harvard Business Review, Sept-Oct, 108-119.
8. Porteus, E, (1985), Investing in Reduced Setups in the EOQ Model, Mgmt. Sci., 31, 998-1010.
9. Porteus, E, (1986), Investing in New Parameter Values in the Discounted EOQ Model, Naval Res. Log. Q., 33, 39-48.
10. Porteus, E, (1986), Optimal Lot Sizing, Process Quality Improvement and Setup Cost Reduction, Operations Res., 34(1), 137-144.
11. Stalk JR, G. (1988), Time - The Next Source of Competitive Advantage, Harvard Business Review, July-August, pp. 41-51.
12. Tapiero, C. S., P. H. Ritchken and A. Reisman (1987), Reliability, Pricing and Quality Control, European Journal of Operational Research, 31(37-45).
13. Van Beek, P. and C. van Putten (1987), OR Contribution to Flexibility Improvement in Production/Inventory System, European Journal of Operational Research, 31(52-60).
14. Womack, J. P., Jones, D. T., and Ross, D., (1990), The Machine that Changed the World, Rawson Associates, N.Y.

QUALITY IMPROVEMENT AND SETUP TIME REDUCTION

In this paper we develop a model that considers process quality improvement and setup cost reduction. The distinctive characteristics of our model are embodied in the assumptions that production rate is finite and cost of attaining close to zero setup time is not infinite. Additionally, the process layout makes possible spotting problems at the place of appearance and these problems can be fixed. The outcome of our analysis under these assumption supports the popular operations paradigm that reducing response time and increasing process reliability are parallel processes.