

OPTIMÁLIS ÁR, MINŐSÉG, ÉS FEJLESZTÉSI DÖNTÉSEK¹

VÖRÖS JÓZSEF

PTE, Közgazdaságtudományi Kar

A tanulmány egy nagyon általános modellt fogalmaz meg, és így a vállalkozások igen széles körére tesz megállapításokat. A vizsgálat fókuszában a fejlesztési tevékenységek dinamikájának alakulása áll, és arra a következtetésre jut, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységek alakulása nem szükségszerűen csökkenő, mint ahogy számos elméleti tanulmány és empirikus vizsgálat ezt bizonyítani igyekszik. A tanulmány fontos megállapítást tesz a termékek vagy termékmodellek váltásával kapcsolatban is, mely szerint a gazdaságmatematikai modell által előre jelzett fejlesztési intenzitás növekedése annak a jele, hogy a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást már át kellett volna vinni az új termékbe. Érdekesnek vélhető azon eredmény is, hogy a termelékenységi tudásból eredő haszonból át kell engedni a fogyasztóknak valamennyit. Meghatározható az árcsökkentés mértéke, mely profitnövekményt generál a vállalkozás számára.

Kulcsszavak: ár, minőség, termelékenység, stratégia, irányításelmélet.

1 Bevezetés

A növekedés tényezőinek elemzése a gazdaságtannak mindig is kedvenc területe volt, kutatók tömegét vonzza annak meghatározása, miként lehet egy vállalkozás sikeres. A piaci siker forrása a versenyképesség, mely azt jelenti, hogy a vállalkozás hatékonyabban tudja hasznosítani erőforrásait azon vállalkozásokkal szemben, akik hasonló terméket vagy szolgáltatást állítanak elő. A versenyképesség a versenyprioritásokban ölt testet, melyek közül az átfogóbb kategóriákat az ár, a promóció, a költség, a minőség, a flexibilitás, az idő képezik. Ezek közül is a költség, minőség, flexibilitás, és idő játszik kiemelt szerepet, ugyanis e versenyprioritások terén elért versenyelőny igen nehezen utánozható vagy másolható, ezért fenntartható növekedést tesz lehetővé, amennyiben a versenyprioritást a fogyasztók méltányolják, és ez megrendelésekben tükröződik vissza. Tartós versenyelőny birtoklása monopolisztikus magatartást tesz lehetővé, egészen addig, míg a versenytársak a lemaradást be nem hozzák, vagy mással nem helyettesítik.

A minőség különösen azóta kapott nagy hangsúlyt, mióta a standard termékek fontos velejárója lett. A Toyota Termelési Rendszer (sokszor nevezik kanbán rendszernek, karcsúsított termelésnek, 6 szigmának, Just-in-Time

¹Beérkezett: 2008. április 14. E-mail: voros@ktk.pte.hu. Fax: +36-72-501553.

(JIT) rendszernek, vagy éppen TQM-nek (teljes körű minőségirányításnak)) sikeres alkalmazása forradalmasított számos iparágat, és az olcsó termelés tudása nem volt a továbbiakban elegendő a standard termékek piacán, a magas minőség is ugyanolyan fontos követelménnyé vált (Pine II et al. 1993). Azon japán cégek, melyek sikeresen alkalmazták a JIT, vagy TQM elveit, dramatikus sikereket értek el a 80-as években. Kétségtelen, hogy ennek hatására mind az amerikai, mind a nyugat-európai autóipar hatalmasat fejlődött azóta, azonban ma a Toyota részesedése az amerikai személygépkocsik forgalmából 13%-ra emelkedett az 1970-ben mért 2%-kal szemben, amikor a GM részesedése 40% volt, manapság pedig 26% (Watanabe, 2007). Igen figyelemreméltó a tény, hogy a Toyota tőkekapitalizációs értéke 2007. május 10-én 186,7 milliárd dollár volt, mely meghaladja a három nagy amerikai autógyártó cég (a Ford, GM, DaimlerChrysler) együttes értékét. E mögött minden bizonnyal olyan hajtóerők állnak, miszerint a Toyota és Lexus (a Toyota cég luxus kategóriás autói) 15 éve szinte megszakítás nélkül a megbízhatóság, kezdő minőség és tartósság vonatkozásában a J. D. Powers, és más piackutató cégek szerint is, szinte mindig az első (Watanabe, 2007). A minőség túlhajszolása azonban nem mindig vezetett üzleti sikerhez, és sokan kutatták annak okát, hogy különböző TQM programok adaptálása ellenére vállalkozások miért váltak veszteséggé (Hendricks and Singhal 1997). Részben a választ abban kereshetjük, hogy sokan elfelejtették, hogy a TQM lényege (lásd a TQM kormánykereke, Krajewski, Ritzman és Malhotra, 2008) a fogyasztói megelégedettség keresése. A fogyasztók akkor megelégedettek, amikor értéket kapnak. Másként megfogalmazva, amikor minőségi termékhez a lehető legalacsonyabb áron jutnak.

Sajnálatosan, a terminológiai zűrzavar ugyanakkor meglehetősen erős a minőség fogalma körül. Mind a populáris, mind a tudományos gazdaságtan a minőséget konform minőségnek definiálja a leggyakrabban. E szerint a minőség tervezésének célja olyan folyamat kifejlesztése, mely megvalósítja a kitűzött minőségi célokat bizonyos működési feltételek fennállása esetén (Deming híres 14 pontja, 1982). A JIT éppen ennek a nézetnek a valóra váltása, hiszen a JIT végső célja, egy olcsó, problémamentes, kiegyensúlyozott, gyors, azaz magas minőségű folyamat létrehozása. Ez a megközelítés számos tudományos kutatót inspirált, melyek közül elsőként említjük Fine (1986, 1988) és Fine és Porteus (1989) munkáit, akik a folyamatfejlesztést modellezik, de meg kell jegyezni, hogy Fine már világosan különbséget tesz design minőség és folyamatminőség között. Fine design minőség alatt a termék főbb vonásait, stílusát, tulajdonságainak összességét érti.

Crosby (1979), a nagy minőség guru kijelentése pedig, miszerint a minőség ingyen van, tovább növelte a gondokat, mely jól tükröződik a kutatók és gazdaságmodellezők munkáiban. Sok gondolatsorban azt találjuk, hogy a minőséggel kapcsolatos tanulás csökkenti a konform minőség javításából eredő költségeket, és ezért az optimális minőség hosszabb távon növekedni fog a folyamatos tanulás miatt. A javulás bekövetkezhet indukált és autonóm tanulási folyamat által. Dorroh és társai (1994) olyan modellt dolgoztak ki, mely meghatározza az erőforrások nagyságát, melyeket a megszerzendő

tudásra kell fordítani, de ők még nem foglalkoztak az autonóm tudással, mely egyszerűen a termelési tevékenység folytatása során adódik, minden további erőfeszítés és investíció nélkül. Analízisük fontos eredménye volt, hogy a tudás megszerzés intenzitását különösen a tervezési időszak elején kell növelni, az intenzitás pedig az idő folyamán csökkenni fog. Egy gazdagabb modellstruktúrával Li és Rajagopalan (1998) vizsgálata is arra jut, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységeknek csökkenőnek kell lenni az idő folyamán. Ezzel ellentétben Carillo és Gaimon's (2000) azt állítják, hogy léteznek olyan feltételek, amikor beruházási, fejlesztési tevékenységek növekvők lehetnek időben, viszont modellstruktúrájuk megnehezíti az összehasonlítást. Modelljükben a jövedelem növekedésének forrása a kapacitásokból és a tudásból ered, és a keresletet nem befolyásolja a termék minősége.

Másik oldalról viszont, a gazdaságmodellezők, akik az ár és minőség problémájával foglalkoznak, a minőséget a termék pozícionálásaként fogják fel, és a termék minőségét az attribútumait leíró vektor határozza meg (Karmarkar és Pitbladdo 1997). Ezzel a hangsúly az ellátó oldalról áttevődik a keresleti oldalra, ahol a minőséget a fogyasztó határozza meg. E szerint a minőség a terméknek vagy szolgáltatásnak az a képessége, hogy az mennyire elégti ki, vagy múlja felül a fogyasztó elvárásait (Stevenson 2005). (Ezt a minőség megközelítést nagyon gyakran tekintik teljesítmény centrikus megközelítésnek.) Ebből logikusan következik, hogy a minőség a keresletet befolyásolja, és a keresleti görbében változást hoz a minőség megváltozása. Karmarkar és Pitbladdo (1997) modelljükben mindkét minőség megközelítést alkalmazzák, és az analízist mind tökéletes verseny, mind oligopolisztikus piaci körülményekre elvégzik.

Feltétlenül meg kell említeni Bayus (1995)-ös munkáját, ahol összefüggést találunk a kutatásra és fejlesztésre szánt összeg, és a termék minősége között, továbbá hitet tesz amellest, hogy a terméket és folyamatot innováló tevékenységek függetlenek egymástól. Ugyanakkor már Gaimon (1988a) úttörőnek tekinthető munkájában összefüggésbe hozza az új technológiai eredmények hatását és a termék minőségét. Modellje egy lineáris és dinamikus megközelítés, melyben a kereslet mind az ártól, mind a minőségtől függ.

E tanulmány egy új modellt ad közre, mely vélhetően tovább szaporítja az értéktermelés két legfontosabb ágának, a termelésnek és marketingnek kölcsönös kérdéseivel foglalkozó irodalmat. A területet gyakran nevezik operations-marketing interfésznek (Gaimon 1996), hiszen a megválaszolandó kérdések egyik fele a marketing (pl. ár) birodalmába tartozik, a másik része pedig a termelésé (pl. költség, fejlesztés). Modellünk megkülönböztető jegye abban van, hogy mind a keresleti, mind az ellátási oldalt egyszerre kezeli, és párhuzamosan keresi az optimális költség, minőség, kereslet, és fejlesztési tevékenységek szintjét, melyek a vállalkozás profitját maximalizálják. A tanulmány egyik legfontosabb eredménye, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységek kvázikonvexek, mely tény jelentősen módosítja eddigi ismereteinket a beruházási tevékenységek dinamikájával kapcsolatban. A beruházási tevékenységek dinamikája következtetések levonását teszi lehetővé a termék életciklusával kapcsolatban is, továbbá a tanulmány választ keres arra, hogy a

minőség fejlesztése mikor vezethet eredménytelenséghez.

A következő fejezet a modellt mutatja be, a 3.§ az analízist adja, a 4.§ a következtetéseket foglalja össze.

2 A modell

E fejezetben egy modellt fejlesztünk ki, mely a lehető legáltalánosabban igyekszik megfogalmazni a legelemibb összefüggéseket a kereslet, az ár, a költség, a minőség, a beruházások, a fejlődés és növekedés között. A modellezendő vállalkozásról azt tételezzük fel, hogy sikeres a stratégia megfogalmazásában és megvalósításában. Termékének vagy szolgáltatásának olyan egyedi tulajdonságai vannak, melyeket a versenytársak nem képesek követni, ezért monopolisztikus magatartása lehet a piacon. Következésképpen bizonyos fokú szabadsága van az ár meghatározásában, a kereslet az ár függvénye lesz, és a közgazdaságtanban általánosan elfogadott elv szerint a kereslet az árnak csökkenő függvénye. Ugyanakkor a kereslet nem csak az ártól függ, hanem a termék minőségétől is. Feltételezhető, hogy rögzített ár mellett, a kereslet a minőség növekvő függvénye. Minőség alatt e helyen teljesítmény minőséget értünk, azt tételezzük fel, hogy azonos ár mellett a vevő a jobb minőségű terméket preferálja, és azt vásárolja meg. Egy adott időpontban a kereslet nagyságát kifejező változónk formája így egy $D(p(t), u(t), t)$ függvény lehet, ahol a $p(t)$ a termék ára a t -edik időpontban, $u(t)$ a termék minősége a t -edik időpontban, ugyanakkor — a két változót rögzítve — a kereslet időben is változhat. Így lehetővé válik konjunkturális hatások érvényesítése, vagy azon jelenség figyelembe vétele, hogy egyre több és több versenytárs léphet be a piacra, és a verseny növekedésének hatására a kereslet egyre csökken, ha nem fejlesztjük a minőséget. Vagyis, $\partial D/\partial t = D_t < 0$, továbbá miként a legtöbb ármenedzsmenttel foglalkozó könyv (például Dolan and Simon 1996, Hirshleifer 1984) feltételezi, $D_p < 0$. Ugyancsak feltételezzük, hogy $D(p, 0, t) = 0$ és $D(p, u, t) > 0$ amikor $u > 0$.

A termék minőségével kapcsolatban azt tételezzük fel, hogy az két minőségfaktornak az eredője: az egyik a stratégiai minőség tudás, mely fejlesztéssel és beruházással gyarapítható, és azért stratégiai, mert a piacon nem szerezhető be. A másik minőségfaktor a nem stratégiai elem, mely a piacról beszerezhető, a termékbe viszonylag könnyen beépíthető. A Toyota hibrid autóját, a Priust tekintve például a Toyota egyedül rendelkezik több mint tíz éves termelési tapasztalattal, és értelemszerűen ezt a tudást soha nem adja el a piacon, nem szerezhető be mások által, következésképpen a hibrid faktor stratégiai minőségilem. Amikor a Priust bőrirással vesszük, akkor nem stratégiai minőségfaktortaloldottuk meg az autó teljesítményét. Az tételezhető fel tehát, hogy $u(t) = z(t)h_1 + w(t)h_2$, ahol a h_1 és h_2 pozitív súlyok, továbbá z a stratégiai minőségfaktor, a w pedig a nem stratégiai minőségfaktor. Collis és Montgomery (1995) szerint a fizikai egyediség (például egy kivételes hely), a gazdasági erőfölény (például döntő piaci részesedés) mellett a fejlesztési út az egyik legerősebb stratégiai fegyver. A hosszú évek

során kifejlesztett minőségi tudás ezért stratégiai erő.

Hasonlóképpen stratégiai erő a termelékenységi tudás. A legkiválóbb termelékenységi tudást sem lehet megvenni a piacról, amit már meg lehet venni, az nem élvonalbeli. A termelékenységi tudás a minőségi tudáshoz hasonlóan fejlesztés és beruházás eredménye, és azt tételezzük fel, hogy a minőségfejlesztés hatással lehet a termelékenységre, és az összefüggés fordított is lehet. A termelékenységi tudás növelésére fordított erőfeszítések a minőséget is növelhetik. A McDonald's konyhájában a gépesítés és automatizálás elsődleges célja a konzisztens minőség elérése, annak megvalósítása, hogy az élőmunka teljesítménye ne befolyásolja a termék minőségét. Ennek kellemes mellékterméke az élőmunka termelékenységének növekedése, de egyáltalán nem biztos, hogy a hamburgereket nem lehetne olcsóbban termelni. Hasonlóképpen a JIT lényege a rendkívül termelékeny, problémamentes termelés, melynek elérése kikényszeríti a magas minőségű termék előállítását. Ezek alapján tehát az alábbi tételvezhetjük fel:

$$\begin{aligned}\dot{q}(t) &= a_1y(t) + a_2x(t) \\ \dot{z}(t) &= b_1y(t) + b_2x(t),\end{aligned}$$

ahol $y(t)$ a termelési folyamat fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelenti, $x(t)$ pedig a teljesítményminőség fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelöli a t -edik időpontban. (Mértékegységként használni lehet a fejlesztésre szánt munkaórák mennyiségét, vagy hogy a munkaerő állomány teljes idejéből milyen arányt fordítunk fejlesztésre.) A fejlesztésekre szánt erőfeszítések költségét az $f(y)$, illetve a $g(x)$ függvények mérik a t -edik időpontban. Ezekről feltesszük, hogy növekvők és konvexek, azaz $f_y > 0$, $g_x > 0$, $f_{yy} > 0$, illetve $g_{xx} > 0$, ahol a jelölések a függvények változók szerinti első, illetve második deriváltjait jelölik.

Modellünk nem veszi figyelembe az autonóm tanulás lehetőségét. Ennek elsődleges oka, hogy a mondanivaló szempontjából túlságosan bonyolulttá teszi a modellt, és ezért nem segíti elő mondanivalónk explicitté tételét. Az autonóm tanulás hatásának vizsgálatát elvégzi a szerzőnek egy korábbi tanulmánya, melyet az érdeklődők figyelmébe ajánlhatok (Vörös, 2006).

A felhalmozott termelékenységi és minőségi tudást hasznosítani lehet a tervhorizont lejárta után. A vállalkozás vagy eladja ezt a stratégiai tudást, vagy átvihető a következő termékgenerációba, ahol újra hasznosíthatja. A felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudásnak piaci értéke van tehát, melyet P_1 , illetve P_2 áron értékesíthetünk egységenként a tervezési időszak lejárta után, mely egyébként T időegységnyi. Az alábbi modellt fogalmazzuk meg tehát:

$$\begin{aligned}\max_{p(t), w(t), y(t), x(t)} \int_0^T e^{-rt} [(p - c(q, z, w))D(p, u, t) - f(y) - g(x)] dt + \\ + P_1q(T)e^{-rT} + P_2z(T)e^{-rT}\end{aligned} \quad (1a)$$

amikor,

$$\dot{q}(t) = a_1y(t) + a_2x(t) \quad (1b)$$

$$\dot{z}(t) = b_1 y(t) + b_2 x(t) \quad (1c)$$

$$q(0) = q_0, \quad z(0) = z_0, \quad p(t), w(t), y(t), x(t) \geq 0. \quad (1d)$$

ahol

T = a tervhorizont hossza, $T \in (0, \infty)$

t = időváltozó, $t \in [0, T]$,

$p(t)$ = egy termék eladási ára a t -edik időpontban, döntési változó,

$z(t)$ = a felhalmozott minőségi tudás a t -dik időpontban, állapotváltozó z_0 kezdőértékkel,

$w(t)$ = az alkalmazott nem stratégiai minőségszint a t -edik időpontban, döntési változó,

$u(t)$ = teljesítmény minőségszint a t -edik időpontban, mely két tényezőből áll: $u = zh_1 + wh_2$, ahol h_1 és h_2 pozitív paraméterek,

$q(t)$ = a felhalmozott termelékenységi tudás a t -edik időpontban, állapotváltozó, q_0 kezdőértékkel,

$y(t)$ = folyamatfejlesztési erőfeszítések mértéke a t -edik periódusban, döntési változó,

$x(t)$ = teljesítményminőség fejlesztésével kapcsolatos erőfeszítések mértéke a t -edik periódusban, döntési változó,

$f(y)$ és $g(x)$ = a fejlesztési tevékenységek költsége a t -edik időpontban,

$c(q, z, w)$ = egységnyi változó költség a t -edik időpontban,

$D(p, u, t)$ = kereslet és termelés volumene a t -edik időpontban, amikor az ár p , a minőség szintje pedig u ,

P_1 = egységnyi megmentett termelékenységi tudás értéke a tervhorizont végén,

P_2 = egységnyi megmentett minőségi tudás értéke a tervhorizont végén,

r = konstans diszkont ráta, továbbá

a és b adott paraméterek.

1. táblázat. A jelölések listája

Mint már említettük, a fajlagos termelési változó költségek és a minőség kapcsolatáról eléggé eltérő nézeteket találhatunk az irodalomban, melyek eredője részben Crosby (1979) elhíresült kijelentéséből ered, miszerint a minőség ingyen van ('quality is free'). Léteznek tanulmányok, ahol az egységnyi változó költség a minőségnek csökkenő, és máshol növekvő függvénye. (lásd Kouvelis and Mukhopadhyay 1995, Teng and Thompson 1996, Kouvelis and Mukhopadhyay 1999). E tanulmányban alkalmazott minőségkonceptió segíti az ellentmondás feloldását annyiban, hogy c -ről tételezzük: a nem stratégiai minőségváltozó növekvő függvénye, azaz $c_w > 0$, mi több konvex függvénye, tehát $c_{ww} > 0$. Ennek alapja azzal függ össze, hogy igen nehéz lenne megmagyarázni, egy bőrüléssel Prius miért kerülne kevesebbe, mint a szövetüléssel. Az előbbi természetesen magasabb minőséget jelent a legtöbb fogyasztó megítélésében. A fajlagos változó költség és z viszonyát viszont nem korlátozzuk, esetleg valóban lehet csökkenő a változó költség, miközben a felhalmozott minőségi tudás növekszik. Ehhez tekintsük például a bank automaták esetét. Amikor egy bank a város frekvenciált helyeit teletűzdeli bank automatákkal, a banki szolgáltatások minősége növekszik, a fajlagos változó költségek viszont csökkennek, mert olcsóbb az automatát üzemeltetni, mint a banki alkalmazottakat megfizetni. A forgalmas helyek megszerzése, az automaták üzembe helyezése, a mögötte meghúzódó információs rendszer kifejlesztése viszont komoly beruházást igényel. Ekkor az f és g függvények értéke növekszik, a c viszont csökken. A z értéke kifejezheti például az ezer lakosra jutó ATM-ek számát, a w pedig jelentheti az ATM-ek státuszát ellenőrző szervizelési szintet. Mivel a két minőségfaktor között átjárás, helyettesítés létezik az $u = zh_1 + wh_2$ meghatározás által, ésszerű azt feltételezni, hogy $c_z < c_w h_1/h_2$. Ez

a feltétel azt jelenti, hogy a stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségghatása kisebb, mint a nem stratégiai minőségelem növekedésének (korrigált) marginális költségghatása. A feltételezés ésszerűsége azzal magyarázható, hogy z növekedéséhez még beruházásra van szükség, és ha már a stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségnövekménye eleve nagyobb lenne a nem stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségnövekményénél, a minőségstudásba történő beruházásnak semmi értelme nem lenne.

A feltételezésből az is következik, hogy $c_z/D_u h_1 < c_w/D_u h_2$, vagyis, ha ez nem lenne igaz, akkor a stratégiai minőségstudásba történő beruházásnak nincs értelme, hiszen azt a nem stratégiai minőségelemekkel helyettesíteni lehetne hatékonyabb módon. Legyen $\bar{c}_w = c_w h_1/h_2$, és a későbbiekben ezért feltesszük, hogy $c_z - \bar{c}_w < 0$. Mivel a növekvő termelékenységi tudás csökkenti a termelési költségeket, ezért feltehetjük, hogy $c_q < 0$. A termelékenységi tudásba azért történik beruházás, hogy a fajlagos termelési változó költségek csökkenjenek, és ezt a feltételezést számos tanulmány logikusan hasznosítja (lásd például Fine 1986, Bayus 1995, Teng és Thompson 1996, Chand et al. 1996, Li és Rajagopalan 1998, Carillo és Gaimon 2000). A termelékenységi tudás növekedése ugyanakkor nem csak céltudatos beruházásokon keresztül érhető el, a tanulási effektus a közgazdaságtanban jól ismert. A „gyakorlat teszi a mestert” megfigyelésnek valós tartalma van, és a modellezők is gyakran figyelembe veszik ezt az úgynevezett autonóm tanulási effektust. A legtöbb modellben az autonóm tanulás hatását a kumulatív termelési szinttel arányosítják, lásd például Bayus (1995), Li és Rajagopalan (1998) tanulmányait, és általában az összefüggés lineáris. Amennyiben mi is figyelembe szeretnénk venni az autonóm tanulás hatását, akkor az (1b) feltételt helyettesíthetnénk például a $\dot{q}(t) = a_1 y(t) + a_2 x(t) + a_3 D_t$ feltétellel, vagyis egy időpontban a termelékenységi tudás nem csak a szándékos, indukált fejlesztés által nőne, hanem minden befektetés nélkül, a termelés volumenétől is. A tanulmány fókuszát azonban nem befolyásolja, ha az autonóm tudástól most eltekintünk, viszont eredményeink tisztábbak lesznek (mint fentebb említettük, az érdeklődő olvasó az autonóm tanulás hatását figyelemmel kísérheti a Vörös, 2006 tanulmányban).

Ugyanakkor számos valós eset leírásából, lásd például Plus Development Corporation (Langowitz 1989), vagy Motorola (Gill and Wheelwright 1992), egyértelműen látható, hogy a termelékenységi tudás fejlesztése hat a minőségre, és a minőség tudás fejlesztése hatással van a termelékenységi tudásra, mint fentebb is kifejtettük példák illusztrálásával. Az (1b-c) összefüggések relevanciáját éppen ezek a tények magyarázzák (a feltételekben $dq/dt = \dot{q}(t)$). Megjegyezzük azt is, hogy modellünk nem tartalmaz korlátozást az x , y és a D változókra, vagyis termelési kapacitásaink nem korlátosak. Chand et al. 1996 modellje tartalmaz korlátokat a fejlesztési változókra, ugyanakkor a modell nem tartalmazza a teljesítmény minőség koncepciót, továbbá a felhalmozott tudás megmentett értékét, melyek döntően befolyásolják a közreadandó analízis eredményét.

Az (1) alatt megfogalmazott modell az r rátával diszkontált nettó je-

lenértéket maximalizálja a $[0, T]$ időhorizont felett, melynek végén a felhalmozott tudást értékesíteni lehet. Döntési változóink az ár $(p(t))$, a stratégiai képességeket befolyásoló beruházások nagysága $(x(t), y(t))$, továbbá a nem stratégiai minőségszint $(w(t))$.

3 A modell analízise

Az (1)-es feladat H Hamilton-függvénye az alábbi módon írható fel:

$$H(p, w, x, y, q, z, \lambda_1, \lambda_2) = (p - c(q, z, w))D(p, u, t) - f(y) - g(x) + \lambda_1(a_1y + a_2x) + \lambda_2(b_1y + b_2x), \quad (2)$$

ahol a λ_1 és λ_2 a jelenértékű csatlakozási (current value adjoint) változók. Ekkor az optimum szükséges feltételei Kamien and Schwartz (1991) alapján az alábbi módon írhatók fel:

$$\frac{\partial H}{\partial p} = D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_p = 0, \quad (3a)$$

$$\frac{\partial H}{\partial w} = -c_w D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_w h_2 = 0, \quad (3b)$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} = -f_y + \lambda_1 a_1 + \lambda_2 b_1 = 0, \quad (3c)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -g_x + \lambda_1 a_2 + \lambda_2 b_2 = 0, \quad (3d)$$

$$\frac{\partial H}{\partial q} = -c_q D(p, u, t) = -\dot{\lambda}_1 + r\lambda_1, \quad (3e)$$

$$\frac{\partial H}{\partial z} = -c_z D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_z h_1 = -\dot{\lambda}_2 + r\lambda_2. \quad (3f)$$

Az áthúzó feltételek pedig az alábbiak: $\lambda_1(T) = P_1$, $q(0) = q_0$, $\lambda_2(T) = P_2$, $z(0) = z_0$. Helyettesítve a $(p - c(q, z, w))$ kifejezést (3b)-ben és (3f)-ben, azt kapjuk, hogy

$$-c_w D/D_u h_2 = D/D_p \quad (4a)$$

$$-c_z D/D_u h_1 = (-\dot{\lambda}_2 + r\lambda_2)/D_u h_1 + D/D_p. \quad (4b)$$

Továbbá, D/D_p -t helyettesítve (4b)-ben és (4a)-ban

$$\dot{\lambda}_2 = D(c_z - \bar{c}_w) + r\lambda_2,$$

ahol $\bar{c}_w = c_w h_1/h_2$.

Következésképpen, a szükséges feltételek az alábbi módon összegezhetők:

$$D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_p = 0 \quad (5a)$$

(vagy másként: $p = c(q, z, w) - D/D_p$)

$$-c_w = D_u h_2/D_p \quad (5b)$$

$$f_y = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 b_1 \quad (5c)$$

$$g_x = \lambda_1 a_2 + \lambda_2 b_2 \quad (5d)$$

$$\dot{\lambda}_1 = c_q D(p, u, t) + r \lambda_1 \quad (5e)$$

$$\dot{\lambda}_2 = (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, t) + r \lambda_2. \quad (5f)$$

Az áthúzódo feltételek pedig: $\lambda_1(T) = P_1$ és $\lambda_2(T) = P_2$.

1. állítás. *A nem diszkontált esetben, azaz amikor $r = 0$, az optimális folyamat és minőségfejlesztési erőfeszítések csökkennek időben. Diszkontált esetben azonban, amikor $r > 0$, létezhetnek olyan időintervallumok, amikor e változók növekvők idő szerint. Továbbá, amennyiben a fejlesztési tevékenységek növelésének hatása a marginális változó költségekre (a $-c_q D$ és a $-(c_z - \bar{c}_w) D$) időben csökkenő, akkor a fejlesztési erőfeszítések dinamikáját kvázi-konvex függvények írják le, azaz a fejlesztési erőfeszítések lehetnek*

- csökkenők,
- csökkenők, majd növekvők,
- vagy végig növekvők.

Amennyiben a fejlesztési erőfeszítések növekvők (csökkenők) a T időpontban, az időhorizont kiterjesztése a fejlesztési erőfeszítéseket a t -edik időpontban csökkenti (növeli).

Az állításhalmaz bizonyítását az *A függelék* tartalmazza. A fejlesztési tevékenységek idő szerinti csökkenését az irodalom általában azzal magyarázza, hogy ésszerűbb a tervezési időszak elején befektetni, hiszen akkor ennek gyümölcseit hosszú ideig élvezni lehet, és a tervidőszak vége felé már nincs elég idő a hasznosulásra. Eredményeink azonban azt mutatják, hogy a fejlesztési erőfeszítések mennyiségének változása egyrészt a jelen időszakra gyakorolt hatástól, másrészt azok jövőbeni hasznosulásától függ (lásd a csatlakozási változók deriváltjának kompozícióját). Amikor a befektetések jelenlegi hatása magas, a tudásba történő investíció csökkenő tendenciát mutat idő szerint, amikor viszont a jövőbeni hasznosulás viszonylag magas, növekvő beruházási ütem javasolható. A legfontosabb konklúzió tehát az, hogy a jelenben elvégzett beruházási tevékenységekre lényeges hatással bír azok jövőben remélt hasznossága, és a magas tőkeköltségek a beruházásokat visszafoghatják, azokat a hasznosulás időpontjához igazítják. A jövőbeni hasznosulás mértékét két tényező adja: az akkumulálódott tudáshalmaz hasznosíthatóságának mértéke a tervidőszak végén, továbbá a tervidőszak végéig a költségcsökkenésből eredő haszon. Különösen az utóbbi összefüggés ad érdekes betekintést arra vonatkozóan, hogy a fejlesztési tevékenységek dinamikáját mi mozgatja. A felgyülemlett tudás hasznosulása új termékgenerációk kifejlesztésében, vagy a kedvező konjunktúra várható bekövetkezése a tudás egységárát felfelé hajtja, mert értelmessé teszi a tervidőszak vége felé történő intenzív fejlesztést. A fejlesztési tevékenység dinamikájának e tulajdonsága ellentmond számos irodalmi eredménynek, bár Carillo és Gaimon (2000) már korábban felhívta a figyelmet arra, hogy ez lehetséges kimenet. Azonban ismeretesek empirikus kutatási eredmények is (Ittner et al., 2001), melyek támogatják azon modellek

eredményét, melyek szerint a fejlesztési tevékenységek idő szerinti dinamikája csak csökkenő lehet (lásd Fine 1986, Chand et al. 1996, Li és Rajagopalan 1998).

Eme új eredménynek van további érdekes következménye. Mint a levezetésekéből ez látható, amennyiben a fejlesztési tevékenységek növekszenek a T időpontban, az időhorizont kiterjesztése csökkenti a t -edik időpontban a fejlesztési erőfeszítések ütemét. Ez kisebb gazdasági eredmény elérését vonja maga után, ezért a vezetés számára figyelmeztető jel lehet, amikor olyan stádiumba érkezünk, hogy a fejlesztési tevékenységek üteme növekedni indul. Az időhorizont csökkentésével ilyenkor a t -edik periódusban a fejlesztés intenzitása növekedni kezd, mely erősebb vállalkozást hoz létre, hiszen a termelékenységi és minőségi tudás növekszik. Amikor a fejlesztési erőfeszítések csökkenőek, az időhorizont kiterjesztése tovább hasznosítja a felgyülemlett tudást. Ha megtaláljuk a nyugvópontot az időhorizonttal kapcsolatban, melyet már nem érdemes mozdítani, akkor itt az ideje a termékváltásnak, és célszerű a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást az új termékmodellben hasznosítani. Megemlítjük még, hogy ez az eredmény lényegesen módosítja eddigi ismereteinket az időhorizont megválasztásával kapcsolatban (lásd Li és Rajagopalan 1998 eredményeit).

További összefüggések nyérése érdekében a következőkben néhány feltételezéssel élünk, elsősorban a keresleti függvénnyel kapcsolatban. Azt tételezzük fel, hogy a fogyasztók reakciója a minőség és ár változásával kapcsolatban az időtől független. Formálisan megfogalmazva, azt tételezzük fel, hogy $d(D_u)/dt = 0$ és $d(D_p)/dt = 0$. Feltesszük továbbá, hogy $D_{uu} < 0$ és $D_{pu} < 0$. Ha például $D = D_1(p)D_2(u)$, akkor $D_{pu} < 0$ egyenesen következik. A valóságtól nem jelent elrugaszkodást, amikor azt tételezzük fel, hogy a minőség miatt beállt keresletnövekmény csökkenő ütemű. Hasonló módon, amikor az ár növekszik, akkor feltételezhető, hogy a minőség növekedése miatti keresletnövekmény csökkenő ütemű.

2. állítás. *Ha a termelékenységi és minőségi tudás növekedésének eredményeként a marginális változó költségek csökkennek, azaz amikor $c_{wz} < 0$ és $c_{wq} < 0$, a tudás növekedése elősegíti a nem stratégiai minőségfaktorok növekedését.*

Az irodalomban ismert több olyan eredmény is, melyek végső konklúziója, hogy a minőség csökkenő. Teng és Thompson (1996) eredményei összehasonlíthatóak a mi modellkonstrukciónkkal, és az ellentmondás egyértelmű. A magyarázat a stratégiai és nem stratégiai minőségtényezők szétválasztásában keresendő. A mi összefüggésünkben a minőségi és termelékenységi tudás játssza az alapvető szerepet. Amennyiben a minőségi és termelékenységi tudás növekedése a marginális költségek csökkenését eredményezi, akkor a nem stratégia minőségfaktorok szintje növekedni fog. Az eredmény igen érdekes abból a szempontból, hogy sokszor találkozunk szkepticizmussal a minőség fejlesztésével kapcsolatban. A szkepticizmus abból táplálkozik, hogy a minőséget minden határon túl fejlesztő vállalkozások sokszor csődbe mennek. Eredményünk éppen azt mutatja, hogy ha a minőség túlhasznosítása

éppen olyan dimenziókban történik, melyek nem tekinthetők stratégiaiainak, és a stratégiai minőségelemek fejlesztésére közben nem koncentrálnak, akkor valóban megkérdőjelezhető a minőség növelésének szükségessége. A tétel tehát azt javasolja, hogy a stratégiai képességeket kell elsőként fejleszteni, majd ennek eredménye lesz a nem stratégiai minőségfaktorok növekedése.

A további analízis során csak a $d(D_p)/dt = 0$ feltételezéssel élünk.

3. állítás. *A magas diszkontráta, az intenzív tudásgyarapodás a termelés intenzitásának növekedését eredményezi. A minőség nincs ingyen a fogyasztónak, viszont a termelékenységi tudás növekményének hasznait meg kell osztani a fogyasztókkal.*

Olyan modelleket, ahol az ár, a minőség, a termelési szint döntési változó, számos kutató elemzett már, lásd például Gaimon 1988b, Kouvelis és Mukhopadhyay 1995, Teng és Thompson 1996. A *C függelék* eredményei tovább bővítik ismereteinket e területen. Modellünk eredménye szerint a termék minősége folyamatosan növekszik, és még a nem stratégiai minőségelemek is növekednek, ha a c_{wq} , illetve c_{wz} keresztderiváltak negatívak. Az ár dinamikáját a minőség és a költségek alakulása alakítja, továbbá az, hogy a fogyasztóknak milyen a reagálása az ár és minőség növekedésére. A minőség növekedése az árat növeli, és nincs semmi jele annak, hogy a minőség ingyen lenne a fogyasztóknak. Viszont a tudásnövekedésből eredő költségmegtakarítás felét oda kell adni a fogyasztóknak, akik ennek viszonzásaként többet fognak vásárolni, hiszen az ár csökkenése növeli a keresletet. Gaimonnak (1988b) ismeretesek hasonló eredményei, aki numerikus adatsorok alapján arra a következtetésre jut, hogy olyan új technológia beszerzése, mely csökkenti a fajlagos termelési költségeket, az ár csökkentését eredményezi.

4 Következtetések

A tanulmány elsődleges eredménye, hogy a beruházási, fejlesztési tevékenységek dinamikájáról nem lehet kimutatni, hogy azok idő szerint mindig csökkenőek lennének. Módosításra szorul az elméleti feltételezés, hogy egy tervidőszak elejére célszerű összpontosítani a fejlesztéseket, azokat ott intenzívebbé tenni, mert akkor a fejlesztési erőfeszítések jobban hasznosulnak a vizsgált időhorizont alatt. A tanulmány megmutatta, hogy azok lehetnek csökkenőek, de növekvő fejlesztési intenzitású szakaszok ugyanúgy lehetségesek. Ezek kapcsolatban vannak a jövőbeni várakozásokkal, továbbá azzal, hogy a jelenben végzett fejlesztési tevékenységek miként hasznosulnak a jövőben. Minél nagyobb hangsúlyt kapnak az utóbbiak, annál nagyobb valószínűséggel lesznek fejlesztési tevékenységek növekvő intenzitásúak. Csakhogy a növekvő szakaszban célszerű csökkenteni a tervhorizontot, másként megfogalmazva, célszerű a felhalmozott tudást új termékben vagy új modellben hasznosítani. Ugyanis, a tervhossz csökkentésével a t -edik periódusban ilyenkor a fejlesztési tevékenységek intenzitása növekszik, mely magasabb tudást eredményez. A minőség növekszik, a termelékenység nő, ezért a vállalkozás eredményesebben használja erőforrásait, és eredményesebb lesz versenytársaival szemben.

Választ kaptunk arra a kérdésre is, hogy mi az oka néhány intenzív minőségfejlesztési tevékenységet végző vállalkozás csődjének. A valószínűsíthető okot abban véltük felfedezni, hogy gondosan kell kiválasztani a minőségfejlesztésének faktorait. Amennyiben az egyébként piacon is könnyen hozzáférhető tényezőket fejlesztjük csak, azaz olyan jellemzőkkel látjuk el a terméket, melyek a versenytársak számára is hozzáférhető, az erőfeszítéseknek nem lesz sok köszönete. E faktorok teljesítményét a termelékenységi tudás növekedésének függvényeként kell növelni, a stratégiai képességeket kell tehát elsőként fejleszteni, majd ezt követi a nem stratégiai minőség faktorok szintjének emelkedése.

A tanulmány elemzi azt is, vajon a minőség valóban ingyen jár-e a fogyasztónak. Modellkonstrukciónkban nem találtuk ennek jelét, viszont bizonyítottuk, hogy a minőségért a fogyasztónak fizetni kell. Öröme abból származhat, hogy a jó menedzsmentnek köszönhetően a termelékenységi tudás növekszik, és ennek hasznát meg kell osztani a fogyasztóval. Az ár ennek hatására csökkenni fog, mely növeli a keresletet. Természetesen ekkor a vállalati profit is növekedni fog.

A függelék

Az első állítás belátása érdekében szorozzuk meg (5e) mindkét oldalát e^{-rt} -vel, melyből következik, hogy

$$d(\lambda_1(t)e^{-rt})/dt = e^{-rt}c_qD(p, u, t) .$$

Az integrálját véve ennek az egyenletnek, adódik az

$$\lambda_1(t) = e^{rt} \int_0^t e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau + e^{rt} A ,$$

egyenlet, ahol A konstans. A $\lambda_1(T) = P_1$ áthúzódo feltételt használva $\lambda_1(t)$ értéke pedig a következő lesz:

$$\lambda_1(t) = P_1 e^{r(t-T)} - e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau , \quad (A1)$$

és $\lambda_2(t)$ hasonlóan származtatható:

$$\lambda_2(t) = P_2 e^{r(t-T)} - e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, \tau) d\tau . \quad (A2)$$

Verbálisan megfogalmazva a λ_1 és λ_2 tartalmát azonosító jobb oldalon álló kifejezések a termelékenységi és minőségi tudás t -edik időpontban bekövetkező egységnyi növekedésének jövőbeni hasznát határozzák meg. A jövőbeni haszon két részből áll: egyrészt a tervhorizont végén értékesített tudás jelen értékéből, másrészt a tudásnövekedés révén keletkezett költségmegtakarításból. Ennek alapján a Hamilton-függvény tartalma úgy interpretálható, hogy az a t időpontban megtermelt bruttó profit és a befektetés jövőbeni hasznának

összege, melyből le kell vonni a fejlesztés pillanatnyi költségeit. Mivel $c_q < 0$ és $(c_z - \bar{c}_w) < 0$, A1 és A2-ből az is kiderül, hogy mindkét csatlakozási változó pozitív, melyből az is következik, hogy mindkét fejlesztési változó (y és x) pozitív. \square

Idő szerinti differenciálját véve a csatlakozási változóknak az alábbi kifejezéseket kapjuk:

$$\dot{\lambda}_1(t) = rP_1 e^{r(t-T)} - r e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau + c_q D(p, u, t), \quad (\text{A3})$$

$$\dot{\lambda}_2(t) = rP_2 e^{r(t-T)} - r e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, \tau) d\tau + (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, t). \quad (\text{A4})$$

Az (5c) mindkét oldalát differenciálva idő szerint,

$$f_{yy}\dot{y} = \dot{\lambda}_1 a_1 + \dot{\lambda}_2 b_1, \quad (\text{A5})$$

vagyis, a két csatlakozási változó alapvetően meghatározza a bal oldalt. Az f -ről viszont tudjuk, hogy konvex, melyből egyrészt $f_{yy} > 0$ következik, másrészt az, hogy a beruházási változó idő szerinti alakulása a jobb oldal előjeléből kiolvasható. Így például $r = 0$ -ra mindkét csatlakozási változó előjele negatív, melyből az következik, hogy $\dot{y}(t) < 0$. Hasonlóan következik, hogy $\dot{x}(t) < 0$. \square

Most tekintsük a csatlakozási változók értékét a $t = T$ pontban:

$$\dot{\lambda}_1(T) = rP_1 + c_q D(p, u, T), \quad \text{és}$$

$$\dot{\lambda}_2(T) = rP_2 + (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, T).$$

Mivel c_q , D , $(c_z - \bar{c}_w)$, tovább r véges számok, ezekhez mindig található olyan P_1 és P_2 ár, melyekre mindkét csatlakozási változó pozitív lesz a T időpontban. Ebből viszont egyenesen következik, hogy $\dot{y}(T) > 0$ minden további nélkül előfordulhat, és a folytonosság miatt T környezetében $y(t)$ növekvő lehet idő szerint. Hasonló tulajdonságokat lehet kijelenteni a másik fejlesztési változóra, azaz $\dot{x}(T) > 0$, így $x(t)$ -nek lehetnek idő szerint növekvő szakaszai. \square

Az (5e) és (5f) feltételeket megszorozva sorjában a_1 és b_1 értékekkel, nyerjük az

$$a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2 = (a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D + r(a_1 \lambda_1 + b_1 \lambda_2) \quad (\text{A6})$$

egyenletet, melynek véve az idő szerinti deriváltját kapjuk, hogy

$$a_1 \ddot{\lambda}_1 + b_1 \ddot{\lambda}_2 = d\{(a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D\}/dt + r(a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2). \quad (\text{A7})$$

Most tételezzük fel, hogy az $(a_1 \lambda_1 + b_1 \lambda_2)$ kifejezésnek lokális maximuma van a $t \in (0, T)$ pontban. Ebben a pontban $a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2 = 0$. Felhasználva ezt (A7)-ben a maximumpontra

$$a_1 \ddot{\lambda}_1 + b_1 \ddot{\lambda}_2 = d\{(a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D\}/dt \quad (\text{A8})$$

adódik, azaz $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ konvex lenne azon feltétel mellett, hogy a termelési és minőségi tudással kapcsolatos marginális költségek csökkenőek idő szerint, azaz

$$d\{(a_1c_q + b_1(c_z - \bar{c}_w))D\}/dt > 0.$$

Azonban ez ellentmondás, így az $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ kifejezésnek nem lehet helyi maximuma a tervezési időszak alatt. Következésképpen $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ vagy csökkenő, csökkenő majd növekvő (tehát van minimum pontja), vagy végig növekvő. A kifejezés tehát kvázikonvex. (A5) összefüggést használva kijelenthetjük, hogy ezek szerint $\dot{y}(t)$ negatív, negatív majd pozitív, vagy végig pozitív. Azaz $y(t)$ csökkenő, csökkenő majd növekvő, vagy végig növekvő. Hasonlóan származtathatjuk $x(t)$ tulajdonságait. \square

Az (A1) és (A2) kifejezéseket felhasználva (5c)-ben, majd T szerint differenciálva kapjuk az

$$\begin{aligned} f_{yy}\partial y/\partial T &= a_1[-rP_1e^{r(t-T)} - e^{r(t-T)}c_{q(T)}D(p(T), u(T), T)] + \\ &+ b_1[-rP_2e^{r(t-T)} - e^{r(t-T)}(c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T)] = \\ &= e^{-r(t-T)}[a_1(rP_1 + c_{q(T)}D(p(T), u(T), T)) + \\ &+ b_1(rP_2 + (c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T))] \end{aligned} \quad (\text{A9})$$

összefüggést. Meg fogjuk mutatni, hogy az utolsó kifejezés előjele, következésképpen a $\partial y/\partial T$ kifejezése is $\dot{y}(T)$ előjelétől függ. Néhány ötletet alkalmazva a Li and Rajagopalan (1998) tanulmányból, amikor (5e-f) kifejezést felhasználjuk (A5)-ben, azt írhatjuk, hogy

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1(T)a_1 + \dot{\lambda}_2(T)b_1 &= a_1[c_{q(T)}D(p(T), u(T), T) + r\lambda_1(T)] + \\ &+ b_1[(c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T) + r\lambda_2(T)]. \end{aligned} \quad (\text{A10})$$

A $\lambda_1(T) = P_1$ és $\lambda_2(T) = P_2$ áthúzó feltételeket használva azt láthatjuk, hogy az (A9) utolsó kifejezése azonos az (A10) kifejezéssel. Így ha $\dot{y}(T) > 0$, akkor $\partial y/\partial T < 0$, és ha $\dot{y}(T) < 0$, akkor $\partial y/\partial T > 0$. (A1) és (A2) összefüggéseket felhasználva (5c)-ben, könnyen kapjuk, hogy $\partial y/\partial P > 0$. \square

Mivel

$$\partial\lambda_1/\partial r = (t - T)P_1e^{r(t-T)} - \int_t^T (t - \tau)e^{r(t-\tau)}c_qD(p, u, \tau) d\tau < 0,$$

és $\partial\lambda_2/\partial r < 0$ hasonlóan következik, azt írhatjuk, hogy $\partial y/\partial r < 0$. Hasonló tulajdonságok származtathatók x viselkedésére. \square

B függelék

Tekintsük az (5b) egyenletet. Differenciálva idő szerint, valamint feltételezve, hogy $\dot{D}_p = \dot{D}_u = 0$,

$$(c_{ww}\dot{w} + c_{wq}\dot{q} + c_{wz}\dot{z})D_p = 0, \quad (\text{B1})$$

melyből $c_{ww}\dot{w} = -c_{wq}\dot{q} - c_{wz}\dot{z}$ adódik. Mivel feltételezhető, hogy $c_{ww} > 0$, $\dot{w} > 0$ következik, ha legalább $c_{wq} < 0$, vagy $c_{wz} < 0$. \square

C függelék

Differenciálva (5a) kifejezést idő szerint, és feltételezve, hogy $\dot{D}_p = 0$,

$$D_p \dot{p} + D_u(h_1 \dot{z} + h_2 \dot{w}) + D_t + (\dot{p} - c_q \dot{q} - c_z \dot{z} - c_w \dot{w}) D_p = 0, \quad (C1)$$

és helyettesítve $c_w D_p$ és $c_z D_p$ kifejezéseket (C1)-ben (5b) és (4b) felhasználásával,

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) + D_t + [-c_q \dot{q} - (\dot{\lambda}_2 - r \lambda_2) \dot{z} / D] D_p = 0, \quad (C2)$$

továbbá felhasználva az (1b-c) differenciálegyenleteket, (C2) a következő formát nyeri:

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) + D_t - c_q D_p (a_1 x + a_2 y) + (b_1 x + b_2 y) (-\dot{\lambda}_2 + r \lambda_2) D_p / D = 0. \quad (C3)$$

Egyszerűsítések után, továbbá helyettesítve $\dot{\lambda}_2$ kifejezést (5f)-ből azt kapjuk, hogy

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) = -D_t + c_q D_p (a_1 x + a_2 y) + (c_z - \bar{c}_w) D_p (b_1 x + b_2 y). \quad (C4)$$

(C4) mindkét oldalát elosztva D_p -vel, a

$$2\dot{p} = -2D_u h_1 \dot{z} / D_p - 2D_u h_2 \dot{w} / D_p - D_t / D_p + c_q (a_1 x + a_2 y) - r \lambda_1 a_3 + (c_z - \bar{c}_w) (b_1 x + b_2 y) - r \lambda_2 b_3 \quad (C5)$$

kifejezéshez jutunk. (C5) jobb oldalán a két első kifejezés pozitív, míg az utolsó negatív. \square

Irodalom

1. Bayus, B. L., 1995, Optimal dynamic policies for product and process innovation, *Journal of Operations Management*, 12, 173-185.
2. Carillo, J. E. and C. Gaimon, 2000, Improving Manufacturing Performance Through Process Change and Knowledge Creation, *Management Science*, 46, 2, 265-288.
3. Chand, S., H. Moskowitz, A. Novak, I. Rekhi and G. Sorger, 1996, Capacity Allocation for Dynamic Process Improvement with Quality and Demand Considerations, *Operations Research*, 44, 6, 964-975.
4. Collis, D. J. and C. A. Montgomery, 1995, Competing on Resources: Strategy in the 1990s, *Harvard Business Review*, July-August, 118-128.
5. Crosby, Philip B., 1979, *Quality Is Free*, N.Y. McGraw-Hill.
6. Deming, W. Edward, 1982, *Quality Productivity and Competitive Position*, MIT, Center for Advanced Engineering Study.
7. Dolan, R. J. and H. Simon, 1996, *Power Pricing*, The Free Press.
8. Dorroh J. R., T. R. Gulledge and N. K. Womer, 1994, Investment in Knowledge: A Generalization of Learning by Experience, *Management Science*, 40, 8, 947-958.

9. Fine, H. Charles, 1986, Quality Improvement and Learning in Productive Systems, *Management Science*, 32, 10, 1301-1315.
10. Fine, H. Charles, 1988, A Quality Control Model with Learning Effects, *Operations Research*, 36,3, 437-444.
11. Fine, H. C. and E. L. Porteus, 1989, Dynamic Process Improvement, *Operations Research*, 37, 4, 580-591.
12. Gaimon, C., 1988a, The acquisition of new technology and its impact on a firm's competitive position, *Annals of Operations Research*, 15, 37-63.
13. Gaimon, C., 1988b, Simultaneous and dynamic price, production, inventory and capacity decisions, *European Journal of Operational Research*, 35, 426-441.
14. Gaimon, C., 1996, The price production problem: An operations and marketing interface, in: S. Zions and J. Aronson (eds.), *Operations Research: Methods, Models and Applications*, Quorum Books, Westport, CT.
15. Gill, G. K. and S. C. Wheelwright, 1992, Motorola, Inc.: Bandit Pager Project, *Harvard Business School*, 9-692-069.
16. Hendricks, B. K. and V. R. Singhal, 1997, Does Implementing an Effective TQM Program Actually Improve Operating Performance? Empirical Evidence from Firms That Have Won Quality Awards, *Management Science*, 43, 9, 1258-1274.
17. Hirshleifer, Jack., 1984, *Price Theory and Applications*, Prentice Hall, 3rd ed.
18. Ittner, C. D., V. Nagar and M. V. Rajan, 2001, An Empirical Examination of Dynamic Quality-Based Learning Models, *Management Science*, 47(4), 563-578.
19. Kamien, M. I. and N. L. Schwartz, 1991, *Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*, North-Holland.
20. Karmarkar, Uday and Richard U. Pitbladdo, 1993, Internal Pricing and Cost Allocation in a Model of Multiproduct Competition with Finite Capacity Increments, *Management Science*, 39, 9, 1039-1053.
21. Kouvelis, P. and S. K. Mukhopadhyay, 1995, Competing on design quality: A strategic planning approach for product quality with the use of a control theoretic model, *Journal of Operations Management*, 12, 369-385.
22. Kouvelis, P. and S. K. Mukhopadhyay, 1999, Modeling the design quality competition for durable products, *IIE Transactions*, 31(9), 865-889.
23. Krajewsky J. L., L. P. Ritzman, and M. Malhotra, 2008, *Operations Management*, 9. kiad. Prentice Hall, N. J.
24. Langowitz, Nan S., 1989, Plus Development Corporation (A), *Harvard Business School*, 9-687-001.
25. Li, G. and S. Rajagopalan, 1998, Process Improvement, Quality, and Learning Effects, *Management Science*, 44, 11, 1517-1532.
26. Pine II, B. J., B. Victor and A. C. Boyton, (1993), Making Mass Customization Work, *Harvard Business Review*, Sept-Oct, 108-119.
27. Stevenson, J. William, 2005, *Production/Operations Management*, 8. kiad. Irwin.
28. Teng, J. T. and G. L. Thompson, 1996, Optimal Strategies for General Price-Quality Decision Models of New Products with Learning Production Costs, *European Journal of Operational Research*, 93, 476-489.

29. Vörös, József, 2006, The Dynamics of Price, Quality, and Productivity Improvement Decisions, *European Journal of Operational Research*, 170, 809-823.
30. Watanabe, Katsuaki, 2007, Lessons from Toyota's Long Drive, *Harvard Business Review*, July-August, 74-84.

OPTIMAL PRICE, QUALITY AND DEVELOPMENT ACTIVITIES

The paper develops a dynamic model in which productivity and quality knowledge can be increased by development activities. The net present value profit is maximized where price, quality, and the intensity of development activities are the decision variables. It is pointed out that the dynamics of the development activities are not necessarily decreasing over time as it intuitively would follow, or as the result of some research indicates. The paper also provides insights into the dynamic nature of price and quality.