

VÖRÖS JÓZSEF

A kereslet hatása az árak, a minőség és a fejlesztési döntések dinamikájára

A tanulmány egy nagyon általános modellt fogalmaz meg, és így a vállalkozások igen széles körére tesz megállapításokat. A vizsgálat – amelynek középpontjában a fejlesztési tevékenységek dinamikája áll – 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 szerző fontos megállapítást tesz a termékek vagy termékmodellek váltásával kapcsolatban is: a fejlesztési intenzitás gazdaságmatematikai modell által előre jelzett növekedése azt jelzi, hogy a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást már át kellett volna vinni az új termékbe. Érdekesnek vélhető az az eredmény is, amely meghatározza, hogy a termelékenységi tudásból eredő haszonból mennyit kell átengedni a fogyasztóknak, valamint hogy a minőség költségein miként kell a termelőnek és a fogyasztónak osztozni. *Journal of Economic Literature* (JEL) kód: M11.

A növekedés tényezőinek elemzése a gazdaságtannak mindig is kedvelt területe volt, számos kutató kereste a választ arra a kérdésre, hogy miként lehet egy vállalkozás sikeres. A piaci siker forrása a versenyképesség, ami azt jelenti, hogy a vállalkozás hatékonyabban képes hasznosítani erőforrásait más hasonló terméket vagy szolgáltatást előállító vállalkozásokkal szemben. A versenyképesség jól mérhető a versenyt meghatározó tényezők (*competitive priorities*) mutatóival, amelyek közül legfontosabb a költség, a minőség, az alkalmazkodóképesség, az idő (például az átfutási és teljesítési idő – *lead time*), az ár, a promóció és a megbízhatóság. Ezek közül is az első négy tényező játszik kiemelt szerepet, ugyanis az ezek terén elért versenyelőny igen nehezen utánozható vagy másolható, és ha ezt a versenyelőnyt a fogyasztók méltányolják, megrendeléseikben visszatükrözik, a növekedés fenntarthatóvá válik. Tartós versenyelőny birtoklása monopolisztikus magatartást tesz lehetővé, egészen addig, míg a versenytársak a lemaradást be nem hozzák, vagy mással nem helyettesítik.

A fogyasztók reagálását írja le a keresleti függvény, amelyben legalább két változót szerepeltetünk: az árat és a minőséget. Két változó szerepeltetése a keresleti függvényben módszertanilag nem egyszerű, ugyanakkor elengedhetetlen olyan modell alkotása, mely az analízist közelebb viszi a valós élethez, és a gazdasági élet szereplőinek vélhetően mélyebb betekintést nyújt olyan alapkategóriák dinamikus viselkedéséről, mint ár, minőség, termelékenység és fejlesztés.

A minőség különösen azóta kapott nagy hangsúlyt, mióta a standard termékek fontos

Vörös József Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar.

velejárója lett. A Toyota termelési rendszerének¹ sikeres alkalmazása forradalmasított számos iparágat, és a továbbiakban a költségek csökkentése nem volt elegendő a standard termékek piacán, a magas minőség is ugyanolyan fontos követelménnyé vált (*Pine II és szerzőtársai* [1993]). Azok a japán cégek, amelyek sikeresen alkalmazták a „éppen időre” (*just-in-time*) rendszer vagy a teljes körű minőségirányítás (TQM) elveit, átütő sikereket értek el az 1980-as években. Kétségtelen, hogy ennek hatására mind az amerikai, mind a nyugat-európai autóipar hatalmasat fejlődött, azonban mára a Toyota részesedése az amerikai személygépkocsi-piacon 13 százalékra emelkedett az 1970-ben mért 2 százalékkal szemben, amikor a General Motors részesedése 40 százalék volt, most pedig 26 százalék (*Watanabe* [2007]). Igen figyelemre méltó a tény, hogy a Toyota tőkekapitalizációs értéke 2007. május 10-én 186,7 milliárd dollár volt, ami meghaladja a három nagy amerikai autógyártó cég (Ford, General Motors, DaimlerChrysler) együttes értékét. E mögött minden bizonnyal olyan hajtóerők állnak, mint például az, hogy a Toyota (és Lexus, a Toyota cég luxuskategóriás autói) 15 éve szinte megszakítás nélkül a megbízhatóság, minőség és tartósság tekintetében a J. D. Powers, és más piackutató cégek szerint is, szinte mindig az első (*Watanabe* [2007]). A minőség túlhajtása azonban nem mindig vezetett üzleti sikerhez, és sokan kutatták annak okát, hogy különböző minőségirányítási programok adaptálása ellenére vállalkozások miért váltak veszteségessé (*Hendricks–Singhal* [1997]). Részben a választ abban kereshetjük, hogy sokan elfelejtették: a teljes körű minőségirányítás lényege (kormánykereke, lásd *Krajewski–Ritzman–Malhotra* [2007]) a fogyasztói megelégedettség keresése. A fogyasztók akkor elégedettek, ha értéket kapnak, másként megfogalmazva, amikor minőségi termékhez a lehető legalacsonyabb áron jutnak.

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

A minőség ingyen van – hívta fel már könyve címében is a figyelmet Phillip Crosby, a minőségbiztosítás atyja (*Crosby* [1979]), tovább növelve a gondokat, amelyek jól tükröződnek a kutatók és gazdaságmodellezők munkáiban. Sok gondolatsorban azt találjuk, hogy a minőséggel kapcsolatos tanulás csökkenti a folyamatminőség javításához szükséges költségeket, és a folyamatos tanulás következtében hosszabb távon a minőség optimális szintje növekedik. A javulás bekövetkezhet indukált és autonóm tanulási folyamat által. *Dorroh és szerzőtársai* [1994] modellje meghatározza a megszerzendő tudáshoz szükséges erőforrások nagyságát, de még nem eltekint az autonóm tudástól, amely egyszerűen a termelési tevékenység folytatása során adódik, minden további erőfeszítés és investíció nélkül. A tanulmány szerint a tudás megszerzésének intenzitását különösen a tervezési időszak elején kell növelni, az intenzitás pedig az idő folyamán csökken. Egy gazdagabb modellstruktúrával *Li–Rajagopalan* [1998] vizsgálata is arra jut, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységeknek csökkenőnek kell lenniük az

¹ Sokszor nevezik karcsúsított termelésnek, 6 szigmának, a „kanban” vagy „éppen időre” (*just-in-time*) gyártási rendszernek, vagy éppen teljes körű minőségirányításnak (TQM).

idő folyamán. Ezzel ellentétben *Carillo–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 az adott termék jellemzőinek meghatározásaként fogják fel, azaz a termék minőségét a fő jellemzőit leíró vektor határozza meg (*Karmarkar–Pitbladdo* [1997]). Ezzel a hangsúly a kínálati/ellátási 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 igényeit (*Stevenson* [2005]). (Ezt a minőségmegközelítést nagyon gyakran tekintik teljesítménycentrikus megközelítésnek.) Ebből logikusan következik, hogy a minőség a keresletet befolyásolja, és a minőség megváltozása a keresleti görbében változást hoz. *Karmarkar–Pitbladdo* [1997] modelljükben mindkét minőségmegközelítést alkalmazzák, és az analízist mind tökéletes verseny, mind oligopolisztikus piaci körülményekre elvégzik.

Feltétlenül meg kell említeni *Bayus* [1995]-öt, amely kimutatja az összefüggést a kutatásra és fejlesztésre szánt összeg, valamint a termék minősége között, továbbá rámutat arra, hogy a termék- és folyamatinnováció folyamata független egymástól. Ugyanakkor már *Gaimon* [1988a] úttörőnek tekinthető munkájában összefüggésbe hozza az új technológiai eredmények hatását és a termék minőségét. Lineáris és dinamikus megközelítésű modelljében a kereslet függ mind az ártól, mind a minőségtől. A dinamikus modellek egyik legújabb keletű változata *Mukhopadhyay–Setapura* [2007] tanulmánya, amelyben a termékviszaváltás hatását vizsgálják. Az ár mellett a minőség is befolyásolja a kereslet nagyságát. *Chambers és szerzőtársai* [2006] játékelméleti modell segítségével elemzik két piaci szereplő magatartását az árral és minőséggel kapcsolatos döntésekben, és kimutatják, hogy az ár mellett a minőség ugyancsak szerepet játszik a piaci részesedés meghatározásában.

E tanulmány egy új modellt ad közre, mely vélhetően tovább szaporítja az értéktermelés két legfontosabb ága, a termelés és marketing kölcsönös kérdéseivel foglalkozó irodalmat. A területet gyakran nevezik a marketing és a termelés interfészének (*marketing/operations interface – Gaimon* [1996]), hiszen a megválaszolandó kérdések egyik fele (például az ár) a marketing birodalmába tartozik, a másik része pedig a termelésébe (például költség, fejlesztés). Modellünk megkülönböztető jegye abban áll, hogy mind a keresleti, mind a kínálati/ellátási oldalt egyszerre kezeli, és párhuzamosan keresi a költségek, a minőség, a kereslet és a fejlesztési tevékenységek profitmaximalizáló szintjét. (A vállalkozásról azt tételezzük fel, hogy egyetlen terméket termel.) A modellnek ugyan csak fontos vonása, hogy a többi tanulmányhoz képest igen kevés specifikációt tartalmaz a költség- és keresleti függvényekkel kapcsolatban, ezért nagyon általános következtetések levonását teszi lehetővé. A tanulmány egyik legfontosabb eredménye, hogy beazonosítja azokat a hajtóerőket, amelyek meghatározzák a fejlesztési, beruházási tevékenység dinamikáját. Maga az a megállapítás, hogy a fejlesztési tevékenységek nem szükségképpen csökkennek az idő előrehaladtával, jelentősen módosítja eddigi ismereteinket a beruházási tevékenységek dinamikájával kapcsolatban. A tanulmány megmutatja, hogy a beruházási tevékenységek dinamikájának ismerete elősegíti a termékek ideális életciklusának meghatározását, továbbá az ideális árpolitikára vonatkozó javaslatokat is tesz.

A modell

Ebben a fejezetben egy modellt fejlesztünk ki, amely a lehető legáltalánosabban igyekszik megfogalmazni a kereslet, az ár, a költség, a minőség, a beruházások, a fejlődés és növekedés közötti legelemibb összefüggéseket. A modellezendő vállalkozásról azt tételezzük fel, hogy sikeres a stratégia megfogalmazásában és megvalósításában. Termékének vagy szolgáltatásának olyan egyedi tulajdonságai vannak, amelyeket 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, mégpedig a közgazdaságtanban általánosan elfogadott elv szerint csökkenő függvénye. Ugyanakkor a kereslet nemcsak az ártól függ, hanem a termék minőségétől is. Feltételezhető, hogy rögzített ár mellett a kereslet a minőség növekvő függvénye. Minőségen e helyen teljesítményminőséget értünk, és azt tételezzük fel, hogy azonos ár mellett a vevő a jobb minőségű terméket vásárolja meg. A vizsgált időhorizontot (a tervidőszakot) periódusokra osztjuk, mely T periódusból áll. Egy adott időperiódusban a kereslet nagyságát kifejező mennyiséget a $D^t(p_t, u_t)$ függvény írja le, ahol a p_t a termék ára a t -edik periódusban, u_t a termék minősége a t -edik periódusban, ugyanakkor – a két változót rögzítve – a kereslet időben is változhat. Így lehetővé válik a konjunkturális hatások érvényesítése, vagy annak a jelenségnek a figyelembevétele, hogy egyre több és több versenytárs léphet be a piacra, és a verseny növekedésének hatására a kereslet egyre csökken, esetleg még akkor is, ha a minőség fejlesztésére komoly erőfeszítéseket teszünk. Vagy éppen ellenkezőleg, vállalkozásunk annyira sikeres stratégiájának megvalósításában, hogy termékei iránti kereslet folyamatosan növekszik, mert a versenytársak csak kevésbé hatékonyan képesek erőforrásaikat hasznosítani. Miként a legtöbb árázással foglalkozó könyv (például *Dolan–Simon* [1996], *Hirshleifer* [1984]) feltételezi, $D'_{p_t} < 0$, vagyis a keresleti volumen az ár csökkenő függvénye. A D'_{p_t} a t -edik periódus keresletének ár szerinti parciális deriváltja, azaz $\partial D^t(p_t, u_t) / \partial p_t = D'_{p_t}$. Ugyancsak feltételezzük, hogy $D'_{u_t} > 0$, vagyis a keresleti volumen a minőség növekvő függvénye, tehát a keresleti függvény minőség szerint vett parciális deriváltja pozitív. Könnyen feltételezhetjük, hogy $D^t(p_t, 0) = 0$ és $D^t(p_t, u_t) > 0$, amikor $u_t > 0$, vagy másként, az elfogadhatatlan minőségű termék senkinek sem kell, ezért kereslete nulla. Amikor a terméknek viszont elfogadható a minősége, akkor azt el lehet adni. Megjegyezzük, hogy elemezzük azt az esetet is, amikor az említett két parciális derivált nulla. Az esetek olyan ár–minőség tartományban jutnak szerephez, amikor az ár a minőséghez képest olyan magas, hogy a terméket senki sem veszi. A kereslet ekkor nulla, termelés értelemszerűen nem folyik, hiszen a termelési költségek olyan magasak, hogy még önköltségi áron sem kell a termék senkinek.

A termék minőségével kapcsolatban azt tételezzük fel, hogy két minőségfaktornak az eredője: az egyik a stratégiai minőségismeret/-tudás, amely fejlesztéssel és beruházással gyarapítható, és azért stratégiai, mert a piacon nem szerezhető be. A másik minőségfaktor a nem stratégiai elem, amely a piacról beszerezhető, a termékbe viszonylag könnyen beépíthető. A Toyota hibrid autóját, a Priust tekintve például a Toyota egyedül rendelkezik több mint 10 éves termelési tapasztalattal, és értelemszerűen ezt a tudást sohasem adja el a piacon, nem szerezhető be mások által, következőképpen a hibridfaktor stratégiai minőségelem. Amikor a Priust bővíttetéssel vesszük, akkor nem stratégiai minőségfaktortal toldottuk meg az autó teljesítményét. Az tételezhető fel tehát, hogy $u_t = z h_1 + w h_2$, ahol h_1 és h_2 pozitív súlyok, továbbá z a stratégiai minőségfaktor, w pedig a nem stratégiai minőségfaktor. *Collis–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. *Camillus* [2008] szerint a költséghatékonyság által megvalósított üzemetelési kiválóság, továbbá a technológiai bázisú innovatív különbözőzés a legsikeresebb stratégiai eszközök közé tartozik. A termelékenységi-technológiai 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 élmunka teljesítménye ne befolyásolja a termék minőségét, ami egyben az élmunka termelékenységét is növeli. Hasonlóképpen az „éppen időre” szervezés lényege a rendkívül termelékeny, problémamentes termelés, amelynek elérése kikényszeríti a magas minőségű termék előállítását. Ezek alapján tehát a következőket tételezhetjük fel:

$$q_t = q_{t-1} + a_1 y_t + a_2 x_t$$

$$z_t = z_{t-1} + b_1 y_t + b_2 x_t$$

ahol y_t a termelési folyamat fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelenti, x_t pedig a teljesítményminőség fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelöli a t -edik periódusban. (Mértékegységként használni lehet a fejlesztésre szánt munkaórák mennyiségét vagy azt, hogy a munkaerő-állomány teljes idejéből milyen arányt fordítunk fejlesztésre.) A fejlesztésekre szánt erőfeszítések költségét az $f(y_t)$, illetve a $g(x_t)$ függvények mérik a t -edik periódusban. Ezekről feltesszük, hogy szigorúan 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. Az egyenletben a q_t a t -edik periódusra felgyülemlett termelékenység tudás szintjét mutatja, z_t pedig a minőség tudást. A tervezés kezdetén rendszerünk q_0 , illetve z_0 mennyiséget örököl a múltból, és ezzel a képességekkel indul a jövő felé.

Modellünk nem veszi figyelembe az autonóm tanulás lehetőségét. Az elsődleges ok, hogy a mondanivaló szempontjából túlságosan bonyolulttá teszi a modellt, és ezért nem segíti elő a következtetések könnyed kifejtését. Ennek ellenére röviden kitérünk rá, hogy megmutassuk, a mellőzés főbb következtetéseinkre nincs hatással. (Az autonóm tanulás hatásának teljesebb vizsgálatát – igaz, más modellkörnyezetben – lásd *Vörös* [2006].)

A felhalmozott termelékenységi és minőségi tudást hasznosítani lehet a tervezési szakasz lejárta után. A vállalkozás vagy eladja ezt a stratégiai tudást, vagy átvihető a következő termékgenerációba, ahol újrahasznosíthatja. A felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudásnak tehát piaci értéke van, melyet P_1 , illetve P_2 áron értékesíthetünk egyégenként a tervezési időszak lejárta, a T -edik periódus után. A T -edik periódus után megszűnik a termék vagy szolgáltatás előállítása, amit úgy is értelmezhetünk, hogy a termék kereslete a T utáni periódusokra nulla, azaz $D_t = 0$ minden $t > T$ -re. Megfogalmazhatjuk az (1) modellt:

$$\begin{aligned} \max_{p_t, w_t, y_t, x_t} \sum_{t=1}^T [(p_t - c(q_t, z_t, w_t)) D^t(p_t, u_t) - f(y_t) - g(x_t)] / (1+r)^t + \\ + [P_1 q_T + P_2 z_T] / (1+r)^T \end{aligned} \quad (1a)$$

amikor valamennyi t -re,

$$q_t = q_{t-1} + a_1 y_t + a_2 x_t, \quad (1b)$$

$$z_t = z_{t-1} + b_1 y_t + b_2 x_t, \quad (1c)$$

$$p_t, w_t, y_t, x_t \geq 0, \quad (1d)$$

ahol

T = az időperiódusok száma,

t = a periódus indexe, $t \in [1, T]$,

p_t = a termék eladási ára a t -edik periódusban, döntési változó,

z_t = a felhalmozott minőségi tudás a t -edik periódusban, z_0 kezdő értékkel, függő változó,

w_t = az alkalmazott nem stratégiai minőségsszint a t -edik periódusban, döntési változó,

u_t = teljesítményminőség szintje a t -edik periódusban, amely két tényezőből áll: $u = zh_1 + wh_2$, ahol h_1 és h_2 pozitív paraméterek, függő változó,

q_t = a felhalmozott termelékenységi tudás a t -edik periódusban, függő változó, q_0 kezdő értékkel,

y_t = folyamatfejlesztési erőfeszítések mértéke a t -edik periódusban, döntési változó,

x_t = a teljesítményminőség fejlesztésével kapcsolatos erőfeszítések mértéke a t -dik periódusban, döntési változó,

$f(y_t)$ és $g(x_t)$ = a fejlesztési tevékenységek költsége a t -edik periódusban,

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

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

P_1 = egységnyi átmentett termelékenységi tudás értéke a tervidőszak végén,

P_2 = egységnyi átmentett minőségi tudás értéke a tervidőszak végén,

r = konstans diszkontráta, továbbá

a és b adott pozitív paraméterek.

Mint már említettük, a fajlagos változó termelési költség és a minőség kapcsolatáról eléggé eltérő nézeteket találhatunk az irodalomban, amelyek részben Crosby [1979] híressé vált kijelentéséből ered, miszerint a minőség ingyen van. Léteznek tanulmányok, ahol az egységnyi változó költség a minőségnek csökkenő, máshol növekvő függvénye. (lásd Kouvelis–Mukhopadhyay [1995], Teng–Thompson [1996], Kouvelis–Mukhopadhyay [1999]). A zavar nem akar csillapodni, hiszen mindkettő, a már említett és új keletű Mukhopadhyay–Setapura [2007], illetve Chambers és szerzőtársai [2006] tanulmányában a minőséggel kapcsolatos fajlagos termelési költségeket minőségben növekvő és konvex költségfüggvények határozzák meg. Ez az érvelés viszont adós marad annak magyarázatával, miért tud például az egyik legsikeresebb fapados amerikai légitársaság, a Southwest Airline a távolsági autóbuszárakkal versenyezni magasabb szolgáltatási minőség mellett (lásd erről a kiváló esettanulmányt: Oliva és szerzőtársai [2002]). E tanulmányban alkalmazott minőségfogalom segíti az ellentmondás feloldását annyiban, hogy c változó költségről feltételezzük: 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 bővüléssel Prius miért kerülne kevesebbe, mint a szövetüléssel. Az előbbi természetesen magasabb minőséget jelent a legtöbb fogyasztó megítélésében. A fajlagos változó költség és a z minőségi tudás viszonyát viszont nem korlátozzuk, esetleg valóban lehet csökkenő a változó költség, miközben a felhalmozott minőségi tudás növekszik. Ehhez tekintsük például a bankautomaták esetét! Amikor egy bank a város forgalmas helyeit felszereli bankautomatákkal, 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 (felhalmozott termelékenységi tudás) és g (fejlesztési tevékenységek költsége) függvények értéke növekszik, a c változó költség

viszont csökken. A z (felhalmozott minőségi tudás) értéke kifejezheti például az ezer lakosra jutó bankautomaták számát, a w (nem stratégiai minőségszint) pedig jelentheti a bankautomaták státuszát ellenőrző szervizelési szintet. Mivel a két minőségfaktor között átjárás, helyettesítés létezik az $u = zh_1 + wh_2$ (teljesítményminőség) 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 költséghatása kisebb, mint a nem stratégiai minőségelem növekedésének (korrigált) marginális költséghatása. A feltételezés ésszerűsége azal magyarázható, hogy felhalmozott minőségi tudás (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 sem lenne.

A feltételezésből az is következik, hogy $c_z/D_u h_1 < c_w/D_u h_2$ (minden t -re), vagyis, ha ez nem lenne igaz, akkor a stratégiai minőségstudásba történő beruházásnak nincs értelme, hiszen azt a nem stratégiai minőségelemmel 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 változó termelési költségek csökkenjenek, és ezt a feltételezést számos tanulmány logikusan hasznosítja (lásd például *Fine* [1986], *Bayus* [1995], *Teng–Thompson* [1996], *Chand és szerzőtársai* [1996], *Li–Rajagopalan* [1998], *Carillo–Gaimon's* [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–Rajagopalan* [1998] tanulmányait, és általában az összefüggés lineáris. Ha mi is figyelembe szeretnénk venni az autonóm tanulás hatását, akkor az (1b) feltételt helyettesíthetnénk például a $q_t = q_{t-1} + a_1 y_t + a_2 y_t + a_3 D'$ feltétellel, vagyis egy periódusban a termelékenységi tudás nemcsak a szándékos, indukált fejlesztés által növekedne, hanem minden befektetés nélkül, a termelés volumenétől is. A tanulmány központi kérdésében azonban nem befolyásolja, ha az autonóm tudástól kezdetben eltekintünk, eredményeinket viszont könnyebben tudjuk majd értelmezni. [Megemlítjük, hogy az (1b) és az (1c) feltétel miatt tulajdonképpen a $c(q_t, z_t, w_t)$ kifejezést a következőképpen is írhatnánk: $c(q_t, z_t, w_t) = c^t(y_1, y_2, \dots, y_t, x_1, x_2, \dots, x_t, w_t) = c^t$, amire igaz például, hogy $c_{y_j}^t = c_{y_j}^t$ minden t -nél nem nagyobb i -re és j -re, viszont általában nem igaz, hogy $c_{y_i}^t = c_{y_i}^j$, amikor $i \neq j$ periódusokra hivatkoznak.]

Ugyanakkor számos valós és híres eset leírásából – lásd például *Plus Development Corporation (Wheelwright–Langowitz* [1989]), vagy *Motorola (Gill–Wheelwright* [1992]) – egyértelműen látható, hogy a termelékenységi tudás fejlesztése hat a minőségre, és a minőségstudás fejlesztése hatással van a termelékenységi tudásra, mint már kifejtettük példák illusztrálásával. Az (1b) és az (1c) összefüggések jelentőségét éppen ezek a tények magyarázzák. Megjegyezzük azt is, hogy modellünk nem tartalmaz korlátozást az x , az y és a D változókra, vagyis termelési kapacitásaink nem korlátosak. *Chand és szerzőtársai* [1996] modellje tartalmaz korlátokat a fejlesztési változókra, ugyanakkor a modell nem tartalmazza a teljesítményminőség fogalmát, továbbá a felhalmozott tudás megmentett értékét, amelyek döntően befolyásolják elemzésünk eredményét.

Az (1) modell az r rátával diszkontált nettó jelenértéket maximalizálja az időhorizont felett, amelynek végén a felhalmozott tudást értékesíteni lehet. Döntési változóink az ár (p), a stratégiai képességeket befolyásoló fejlesztési erőfeszítések (x , y), továbbá a nem stratégiai minőségszint (w) nagysága.

A modell elemzése

Az (1) modell ugyan gazdagon írja le a vállalati gondolkodás mechanizmusát, azonban nem egyszerű azt technikailag kezelni. Az elemzés során ahhoz az eljáráshoz folyamodunk, hogy a megállapításokat először egyszerűbb modellstruktúrára tesszük meg, és utána ezt általánosítjuk az (1) modellre. Az egyszerűbb modellstruktúrában azt tételezzük fel, hogy a kereslet független a minőségtől, és a minőség tudás nem játszik szerepet. Az (1) modellben ekkor egyetlen feltétel van, a $q_t = q_{t-1} + a_1 y_t$, az akkumulálódott termelékenységi tudást viszont kifejezhetjük a következőképpen:

$$q_t = q_0 + a_1 \sum_{i=1}^t y_i.$$

Ezt felhasználva, a nettó jelenértékre diszkontált profitot maximalizáló (1a) célfüggvényben, a megoldandó feladat a

$$L = \sum_{t=1}^T [(p_t - c^t(y_1, y_2, \dots, y_t))D^t(p_t) - f(y_t)]/(1+r)^t + \left[P_1 \left(q_0 + a_1 \sum_{i=1}^T y_i \right) \right] / (1+r)^T \quad (2)$$

függvény maximumának keresése. A (2) függvény parciális deriváltjait véve, a függvény maximumának szükséges feltételeit a következő módon foglalhatjuk össze:

$$\partial L / \partial p_t = D^t + (p_t - c^t)D^t_{p_t} = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} \partial L / \partial y_t &= \sum_{j=t}^T (-D^j c^j_{y_t}) / (1+r)^j - (f_{y_t}) / (1+r)^t + a_1 P_1 / (1+r)^T = 0, \\ &t = 1, 2, \dots, T. \end{aligned} \quad (3b)$$

A szükséges feltételeket könnyen átírhatjuk más formára is, ha feltételezzük, hogy minden ár mellett létezik pozitív szintű kereslet. Ekkor a keresleti függvény ár szerinti deriváltja negatív (a keresleti függvény árban csökkenő), és a (3a) feltétel a következőképpen is felírható valamennyi periódusra:

$$p_t - c^t = -D^t / D^t_{p_t}. \quad (4a)$$

A (3b) feltétel mindkét oldalát megszorozva az $(1+r)^t$ kifejezéssel, minden periódusra igaz kell legyen, hogy

$$f_{y_t} = \sum_{j=t}^T (-D^j c^j_{y_t}) / (1+r)^{j-t} + a_1 P_1 / (1+r)^{T-t}. \quad (4b)$$

A kifejezés jobb oldala pozitív, hiszen a fajlagos változó költség (c) a termelékenységi tudás csökkenő függvénye, ezért deriváltja negatív. Mivel valamennyi periódusban a kereslet pozitív, a jobb oldalon álló kifejezés valamennyi tagja pozitív. Ha a szigorúan növekvő és konvex fejlesztési-beruházási költségfüggvény deriváltjainak létezik megfelelően alacsony értéke, akkor a (4b)-nek lesz megoldása, és minden periódusban a fejlesztési tevékenységek szintje pozitív lesz.

1. állítás. (A felező szabály.) *Ha a marginális fejlesztésköltség-függvénynek létezik megfelelően alacsony értéke, akkor a fejlesztési tevékenységek minden periódusban pozitív szinten mozognak, és a fajlagos termelési költségek végig csökkennek. A fajlagos terme-*

lési költségek csökkenéséből eredő jövedelemnek legalább a felét át kell engedni a fogyasztóknak, amikor a keresleti függvény ár szerint csökkenő és konvex, és legfeljebb a felét, amikor konkáv (és csökkenő).

Az állítás bizonyítását a *Függelék A*) része tartalmazza. Szórványosan az irodalomban lehet jeleket találni az összefüggéssel kapcsolatban, és elsőként említendő meg, hogy *Gaimon* [1988b]-nak ismeretesek hasonló eredményei. Numerikus adatsorok alapján arra a következtetésre jutott, hogy olyan új technológia beszerzése, amely csökkenti a fajlagos termelési költségeket, az ár csökkenését eredményezi. Állításunk tartalma azonban jóval több, ugyanis *Gaimon* [1988b]-nak az említett eredményei lineáris keresleti függvényre bizonyítottak, továbbá tételünk konkrét mértékeket említ a keresleti függvény tulajdonságával kapcsolatban. Konvex keresleti függvény esetén a termelékenységi tudás növekedéséből eredő haszon nagyobb részének átengedését javasolja modellünk, amelynek oka abban keresendő, hogy amikor a keresleti függvény konvex, egységnyi árcsökkenés hatására a kereslet növekvő ütemben nő, és a jelentős keresletnövekedés messze kompenzálja a haszonkulcs csökkenését. Konkáv keresleti függvény esetén a rugalmasság alacsonyabb, az árcsökkenés kisebb mértékben növeli a keresletet, ezért a költségcsökkenésből eredő haszonból kevesebbet lehet felajánlani.

Ennek az összefüggésnek az üzletpolitikára váltása több cég esetében is megfigyelhető. Szinte általános jelenség, hogy új, innovatív termékek megjelenésekor a termékfejlesztés a termék funkcióira koncentrálnak elsősorban. Ugyan a termelékenységi tudás is nagyon fontos kérdés, de a termék innovatív tulajdonságai vonzzák a fogyasztókat. Míként a termék érik, funkciói stabilizálóvá válnak, majd a termelékenységi tudás fejlesztése kap elsődleges szerepet. A termelékenységi tudás növekedésével a fajlagos termelési költség csökkennek, és beindul az árerózió. Ez nem jelenti ugyanakkor a profittómegek csökkenését, hiszen ennek maximalizálása a cél. Az utóbbi időkben talán az Apple cég árpolitikája mutat erre kiváló példát, hiszen elsőgenerációs zenei lejátszóit 2005 januárjában 149 dolláros áron dobta piacra, másfél évvel később a második generációs termékét már csak 79 dollárért, és 2008 februárjában ennek árát is 49 dollárra csökkentette. A cég vezetői úgy ítélik meg, hogy a 67 dolláros átlagár 55 dollárra csökken, amelynek eredményeként a kereslet 15 százalékkal fog nőni (*Fortune*, 2008. február 20).

Az ár alakulására, így a termelékenységi tudásból eredő haszon kisajátítására hatással vannak konjunkturális kilátások, továbbá az árrugalmasság alakulása. A *Függelék A*) részének (F3) összefüggése:

$$p_{t+1} - p_t = (c^{t+1} - c^t) + (-D^{t+1} / D_{p_{t+1}}^{t+1} + D^t / D_{p_t}^t).$$

Ezek szerint az ár változását két tényező, a termelékenységi tudás miatti költségcsökkenés és a piaci viszonyok alakulása befolyásolja. Az árrugalmasságot azonosnak feltételezve, a két periódusban az látható, hogy a termelékenységi tudásból eredő haszon kisajátítását befolyásolja a kereslet dinamikus természete, hiszen a jobb oldalon szereplő második zárójelben levő kifejezésekben mindkét periódus kereslete a számlálóban van. Következésképpen, ha stratégiánk sikeressége miatt termékünk egyre kedveltebb, és ezért a t -edik periódusról a $(t + 1)$ -edik periódusra a kereslet növekszik [$D^{t+1}(p) > D^t(p)$], a termelékenységi tudás növekedése és a fajlagos termelési költségek csökkenése ellenére még az ár növekedése is elképzelhető. Amennyiben a termék keresletének árrugalmassága idő szerint növekszik, hasonló hatás figyelhető meg. Ha a termék árrugalmassága nő idő szerint ($D_p^{t+1} > D_p^t$), akkor az árak növekvő tendenciát mutatnak.

A teljesebb kép érdekében szót kell még ejtenünk az autonóm tudásszerzés hatásáról. Autonóm tudás a „gyakorlat teszi a mestert” jelenséggel keletkezik, a vállalatnak nem kell erőforrásokat felhasználnia a termelékenységi tudás fejlesztésére, azt a termelési ta-

pasztalatok szerzése automatikusan növeli. A tanulási effektus név alatt e jelenség régóta jelen van az irodalomban, és ha modellünkben érvényesíteni akarjuk az autonóm tudás hatását, akkor a termelékenységi tudás alakulását a következőképpen modellezhetjük:

$$q_t = q_{t-1} + a_1 y_t + a_3 D^t(p_t),$$

azaz a termelékenységi tudás a termelés (ami most egyenlő a kereslettel) volumenével arányosan nő. A célfüggvény egy kulcsfontosságú eleme a feltételek közé került, ami kétségtelenül bonyolultabbá teszi a modellt, viszont nem teszi lehetetlenné. Az eset elemzésének leírása elterelné a figyelmet a tanulmány fő gondolatmenetéről, ezért csak annyit jegyzünk meg, hogy az autonóm tudásból eredő haszon teljes mennyiségét a fogyasztónak oda kell adni. Természetesen ezt egzakt módon is bizonyítani tudjuk, intuitív módon pedig azért látszik ésszerűnek az állítás, mivel az autonóm tudás nem kerül pénzbe a vállalatnak, és ha ennek hasznát árcsökkenéssel keresztül átengedjük a fogyasztónak – azaz az autonóm tudásból eredő haszonnal csökkentjük az árat –, a kereslet nőni fog, hiszen alacsonyabb áron kínáljuk termékünket. Az alacsonyabb ár elérése pénzbe nem kerül, a haszonkulcs változatlan, az alacsonyabb áron viszont több terméket lehet eladni, és így mindenki jól jár.

2. állítás. *Nem diszkontált esetben, azaz amikor $r = 0$, az optimális folyamat- és minőségfejlesztési erőfeszítések időben csökkennek. Diszkontált esetben azonban, amikor $r > 0$, létezhetnek olyan időintervallumok, amikor e változók időben növekednek. Továbbá amennyiben a marginális teljes termelési költségek ($-D^t c'_y$) csökkennek idő szerint, akkor a fejlesztési erőfeszítések dinamikáját kvázikonvex függvények írják le, azaz a fejlesztési erőfeszítések lehetnek:*

- csökkenők, majd növekvők,
- csökkenők vagy
- mindvégig növekvők.

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

Az állítás bizonyítását a *Függelék B*) része tartalmazza. Az állítások első fele összhangban van számos más irodalmi eredménnyel, azonban az az állítás, hogy a fejlesztési tevékenységek akár növekvők is lehetnek idő szerint, több kutatási irányvonal gondolatmenetét húzza át. A fejlesztési tevékenységek idő szerinti csökkenését ugyanis az irodalom azzal magyarázza, hogy ésszerűbb a tervezési időszak elején befektetni, hiszen ennek gyümölcseit hosszú ideig élvezni lehet. Ha a tervidőszak vége felé válnának intenzívvé a fejlesztések, már nincs elég idő a hasznosulásra. Amikor a tőke költségének ára ingyenes, vagyis a belső diszkontláb r értéke nulla, akkor valóban könnyen érthető az előre hozott fejlesztések szerepe, hiszen akkor hosszabb ideig hasznosíthatók a fejlesztések eredményei. Pozitív diszkontráta esetén azonban megváltozik a helyzet, a jelenben történő befektetések jövőbeli hasznát jelenértékre kell diszkontálni, és a diszkontláb nagysága módosíthatja a fejlesztések dinamikáját. A *Függelék B*) részének kulcseredménye az (F9) összefüggés:

$$f_{y_{t+1}} / (1 + r) = D^t c'_{y_t} + f_{y_t}.$$

Ha a tőkeköltség nulla, akkor a fejlesztés marginális költségei közötti reláció egyértelmű: $f_{y_{t+1}} < f_{y_t}$, ugyanis $D^t c'_{y_t} < 0$. Az $r = 0$ esetén két szomszédos periódus fejlesztési-költség-növekményének különbségét csak a t -edik periódusban már jelentkező hasznosulás magyarázza. A t -edik periódusban a $(t + 1)$ -edik periódushoz képest annnyival intenzívebb a fejlesztési tevékenység, hogy a beruházási-költség-növekmény különböző-

tét a t -edik periódus termelési költségmegtakarítása éppen kompenzálja. Az $r > 0$ esetén a diszkontráta alapvetően befolyásolhatja a fejlesztési tevékenységek dinamikáját, és az (F11) összefüggésből látható, hogy a diszkontráta mellett az átmentett termelékenységi tudásnak van még meghatározó szerepe az említett t -edik periódusbeli $-D'c'_y$ megtakarítás mellett. A formulából következik, hogy ha minél nagyobb az átmentett tudás jövőbeli értéke (jobb piaci kilátások várhatók, vagy egy új termékmodell megjelenésében a felhalmozott tudás jól hasznosítható), vagy minél nagyobb a diszkontráta értéke, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a fejlesztési tevékenység idő szerint nem lesz csökkenő.

Amikor a befektetések azonnali hatása erős, a tudásba történő investíció csökkenő tendenciát mutat idő szerint, amikor viszont a jövőbeli hasznosulás viszonylag nagyfokú, növekvő beruházási ütem javasolható. A legfontosabb következtetés tehát az, hogy a jelenben elvégzett beruházási tevékenységekre lényeges hatással van azok jövőben remélt hasznossága, és a magas tőkeköltsége a beruházásokat a hasznosulás periódusához közelebb viszi, ha a fejlesztés azonnali hasznai nem eléggé nagyok. A jövőbeli hasznosulás mértékét két tényező határozza meg: 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 mi mozgatja a fejlesztési tevékenységek dinamikáját. A felgyülemlett tudás hasznosulása új termékgenerációk kifejlesztésében vagy a kedvező konjunktúra várható bekövetkezése a tudás egységárát felfelé hajtja, ami értelmessé teszi a tervidőszak vége felé történő intenzív fejlesztést. A fejlesztési tevékenység dinamikájának e tulajdonsága elmentmond számos irodalmi eredménynek, bár *Carillo-Gaimon's* [2000] korábban felhívta a figyelmet arra, hogy ez lehetséges. Empirikus kutatási eredmények is (*Ittner és szerződársai* [2001]) ismertek azonban, amelyek alátámasztják azoknak a modelleknek az eredményét, amelyek szerint a fejlesztési tevékenységek idő szerinti dinamikája csak csökkenő lehet (lásd *Fine* [1986], *Chand és szerzőtársai* [1996], *Li-Rajagopalan* [1998]).

Eme új eredménynek van további érdekes következménye. Mint a levezetésekben 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, ami a vezetés számára figyelmeztető jel. Amikor olyan stádiumba érkezünk, hogy a fejlesztési tevékenységek üteme növekedésnek indul, a növekedést az a remény hajtja, hogy hamarosan, jó áron értékesíteni lehet a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást. 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, a fajlagos termelési költségek pedig csökkennek. Amikor a fejlesztési erőfeszítések csökkennek az időhorizont végén, az időhorizont kiterjesztése a fejlesztési tevékenységeket növeli, és tovább hasznosul a felgyülemlett tudás. Ha megtaláljuk a nyugvópontot az időhorizontra vonatkozóan, akkor itt az ideje a termékváltásnak, és célszerű a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást az új termékmodellben hasznosítani, vagy a vállalkozást eladni a modellben szereplő egységáron.

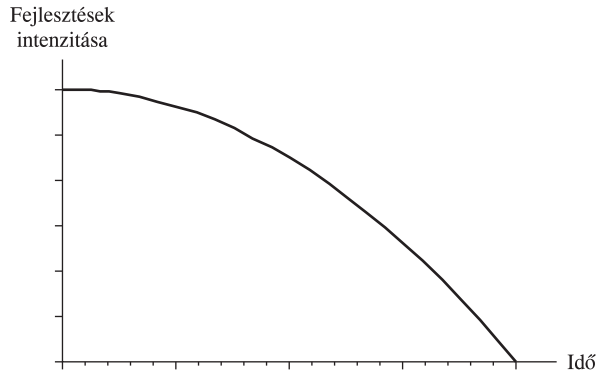
Megemlítjük még, hogy ez az eredmény lényegesen módosítja eddigi ismereteinket az időhorizont megválasztásával kapcsolatban (lásd *Li-Rajagopalan* [1998] eredményeit). Az időhorizonttal kapcsolatos megállapítások illusztrálását az *I. ábra* három része adja.

A fejlesztési tevékenység időbeli alakulását alapvetően befolyásolja a marginális termelési költségek alakulása, amit a $-D'c'_y$ kifejezés dinamikája ír le. Ennek egyik eleme a marginális termelési költség. Mivel a termelékenységi tudás folyamatosan növekszik, és c legnagyobb valószínűséggel konvex, ebből arra következtethetünk, hogy a marginális költség idő szerint növekszik, viszont a növekedés üteme egyre kisebb és kisebb a

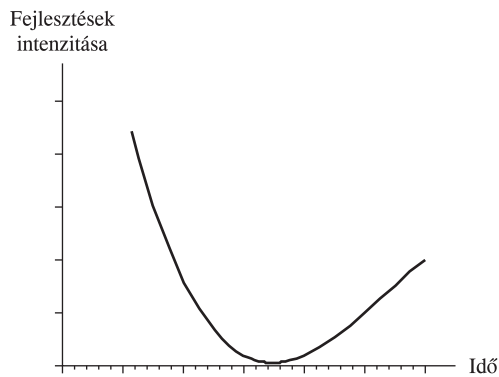
1 ábra

Az időhorizont és a fejlesztések intenzitásának a kapcsolata

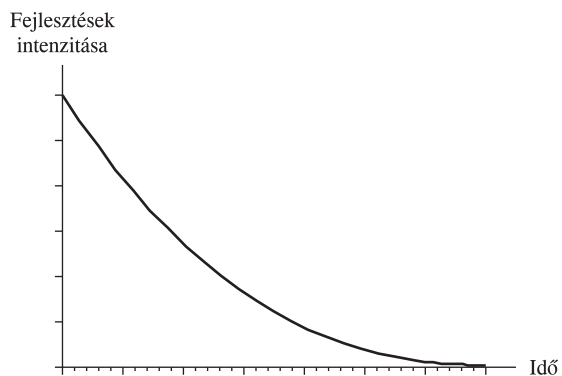
a) Az időhorizont rövid, a befektetések nem eléggé hasznosulnak



b) Az időhorizont hosszú, növekvő fejlesztési dinamikát az átmentett érték hajtja



c) Optimális időhorizont, a termékmodell életciklusának vége. Az időhorizont végén a fejlesztési tevékenységek nem nőnek, nem is csökkennek



költségfüggvény konvex természete miatt. A termelékenységi tudás fejlődése az árakat lefelé nyomja, a csökkenő ár viszont növeli a keresletet. A kereslet alakulását modellkörnyezetünkben három tényező befolyásolja: az ár, a minőség és az idő. Az idő síkján mozogva, az árat és minőséget konstansnak véve, a keresletnek sokirányú mozgása lehetséges. Például ha a versenytársak folyamatosan jobb minőségű termékkel tudnak a piacon megjelenni, mint mi, mert erőforrásaikat jobban képesek hasznosítani, termékünk iránti kereslet folyamatosan csökkenni fog. Fordított irány is elképzelhető: fejlesztési erőfeszítéseink annyira hatékonyak, hogy a versenytársak nem képesek hasonló teljesítményre, ezért a mi termékeink iránti kereslet növekszik, vagy akár valamilyen konjunkturális oknál fogva a termékeink iránti kereslet nő. Ekkor a marginális teljes költségmegtakarítás is nő, vagyis $-D'c'_{y_i}$ nő. A $-D'c'_{y_i}$ kifejezés nagyságának alakulására tehát ellentétes erők hatnak, és a fejlesztési erőfeszítések dinamikájának alakulását a kereslet alakulása alapvetően meghatározza. Ha a kereslet valamilyen oknál fogva folyamatosan csökken, a fejlesztési tevékenységek intenzitása előbb-utóbb növekedni fog. Ekkor eljött az ideje a tervhorizont lezárásának, és a felhalmozott termelékenységi és minőségi tudás értékesítésének.

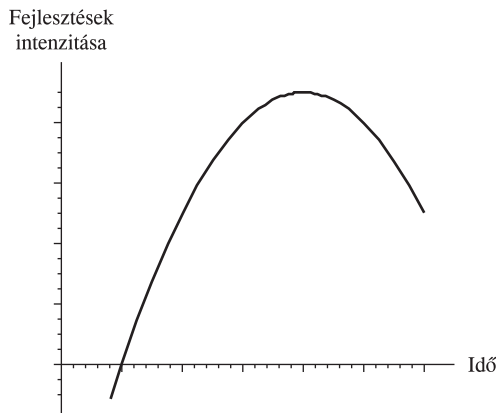
3. állítás. Amikor a marginális teljes termelési költségek folyamatosan növekednek, és a diszkontláb pozitív, akkor a fejlesztési erőforrások lehetnek

- növekvők, majd csökkenők,
- mindvégig növekvők, vagy
- mindvégig csökkenők.

A *Függelék B)* részének végén található az állítás bizonyítása, amely közvetlenül adódik az előző állításból. A 2. ábra egy kvázikonkáv esetet mutat be. Ekkor célszerű az időhorizont bővítése, egészen addig az időpontig, amelytől a fejlesztési tevékenységek már növekvővé válnának. A fejlesztési erőfeszítések kvázikonkáv tulajdonsága akkor következik be, amikor a jövőbeli gazdasági kilátások jók, így a fejlesztések eredménye a jövőben jól hasznosítható, és célszerű a tervhorizont kiterjesztése, hogy a befektetések haszna tovább érvényesüljön.

2. ábra

A fejlesztési tevékenységek kvázikonkáv dinamikája



A harmadik tétel tulajdonképpen komplexsége teszi az elemzést, mivel megmutatja, hogy a fejlesztési tevékenységek dinamikáját alapvetően a kereslet mozgatja. Ha a vállalat stratégiája valóban fenntartható egyedi pozíciót hozott létre, akkor a versenytársak nem képesek a vevőket elhódítani, és hosszú időn keresztül garantálható a nem lanykuló kereslet. A létrehozott termelékenységi tudás hosszú időn keresztül hasznosítható, és nem kell tőle megszabadulni. Kevésbé sikeres stratégia esetén a kereslet csökken, ami előbb-utóbb arra hívja fel a figyelmet, hogy a létrehozott kapacitásokat értékesíteni vagy más termékgenerációkban hasznosítani kell. A megállapításokat a termelékenységgel és minőséggel kapcsolatos marginális költségek időbeli alakulása befolyásolja. Az akkumulálódó termelékenységi és minőségi tudás a fajlagos termelési költségeket lefelé nyomja, a marginális költségek viszont nőnek a költségfüggvények konvex volta miatt. Átütő erejű technológiai innovációk vagy a nyersanyagok éppen napirenden levő árobbanása viszont alapvetően módosíthatja mind a fajlagos, mind a marginális költségfüggvények viselkedését.

A *Függelék C)* része azt mutatja, hogy ezek a megállapítások érvényben maradnak akkor is, ha nemcsak a termelékenységi, hanem a minőségi tudást is bevonjuk az elemzésbe. Állításaink megfogalmazásakor csupán annyit kell módosítani, hogy nem csupán a termelékenységi tudással, hanem a minőséggel kapcsolatos marginális költségeket is meg kell említeni. Vagyis, amennyiben a termelékenységi $(-a_1c_{q_j})$ és minőségi tudás $[-(c_{z_j} - h_1c_{w_j}/h_2)]$ növekedésének marginális teljes összköltsége – azaz a $[-a_1c_{q_j}D^j - (c_{z_j} - h_1c_{w_j}/h_2)D^j]$ kifejezés értéke – idő szerint folyamatosan csökken, akkor a fejlesztési tevékenység dinamikáját kvázikonvex függvény írja le. A dinamikát kvázikonkáv függvény írja le, ha a marginális teljes összköltség növekszik időben.

A következő állításunk az elsőhöz tér vissza, bevonva a minőség szerepét. A keresleti függvény nem redukálódik az árra, a minőség most aktív változó. Az *1. állítás* megfogalmazásában látható volt, hogy a kereslet árrugalmassága alapvetően befolyásolta a „felező” szabály érvényesülésének módját. Ennek kiküszöbölése érdekében, hogy a minőség szerepe tisztán látható legyen az árképzésben, a keresleti függvényről azt tételezzük fel, hogy az időtől független, tehát $D^t(p_t, u_t) = D(p_t, u_t)$, továbbá ár szerint lineáris. $D(p_t, u_t)$ tehát egy adott t -edik periódusbeli minőségszintre felírható a következő formában: $D(p_t, u_t) = \alpha + \beta p_t$. Mivel D minőségben növekvő, ezért $u_t < u_{t+1}$ -ből következik, hogy $\alpha_t < \alpha_{t+1}$.

4. állítás. *A fogyasztónak ugyan nem kell a minőség-növekedésből eredő teljes termelési költség-növekedést megfizetni, viszont extraprofit számolható fel érte.*

Az állítás bizonyítását a *Függelék D)* része tartalmazza. E szerint az árváltozás mértékét a következő egyenlet határozza meg:

$$(p_t - p_{t-1}) = (c^t - c^{t-1})/2 + (\alpha_t - \alpha_{t-1})/2\beta.$$

A stratégiai minőségtudás folyamatos növekedése modellkonstrukciónkból levezethető (bár a növekedés mértéke lehet nagyon alacsony). A termelékenységi tudás növekedésével a fajlagos termelési költségek csökkennek, a nem stratégiai minőségszint növekedése viszont a fajlagos termelési költségeket növeli. Ha a termelési költségek növekednek, ennek csak fele hárítható át a fogyasztóra, viszont az árak biztosan növekednek, ha a minőség növekszik, hiszen ekkor $\alpha_{t-1} < \alpha_t$.

Amikor a termelési költségek csökkennek, ennek felét át kell engedni a fogyasztónak, viszont a fogyasztónak minőségéhségéért fizetnie kell, ha a minőség növekszik. A minőség növekedéséért viszont mindig $(\alpha_t - \alpha_{t-1})/2\beta$ mennyiségű extraprofit számolható fel, amit a fogyasztó megfizet. Talán *Crosby* [1979]-nak mégis igaza van: „a minőség ingyen van”.

Utolsóként az üzemszünetek kérdésével foglalkozunk. Ehhez engedjük meg, hogy a keresleti függvénynek ár, illetve minőség szerinti parciális deriváltjai nulla értéket is felvehessenek, azaz most azt tételezzük fel, hogy $D_{p_i}^i \leq 0$, illetve $D_{u_i}^i \geq 0$. Amennyiben a parciális deriváltak csak nulla értéket vesznek fel, az ár vagy minőség növelése/csökkentése nem változtatja meg a kereslet szintjét, mert az ilyen ár–minőség kombinációknál a kereslet nulla. A termék minőségéhez mérten az ár olyan magas, hogy arra nincs kereslet, és hiába változtatjuk meg bármelyiket is kismértékben, a kereslet nem mozdul el a pozitív tartományba. A *Függelék C*) részének (F20) feltételében $D_{p_i}^i = 0$, és az egyenletnek ekkor csak úgy lehet megoldása, ha a kereslet (ami egyenlő a termeléssel) is nulla, vagyis üzemszünet van. Az ár pedig azért nem tud elmozdulni olyan tartományba, ahol már lenne pozitív kereslet, mert a terméket nem tudjuk elég olcsón adni ahhoz, hogy arra kereslet is legyen. Azért nem lehet alacsonyabb áron adni, mert nem tudjuk olcsóbban termelni a terméket. Ennek oka, hogy fejlesztési tevékenységeink nem eléggé hatékonyak, a fejlesztésköltség-függvények parciális deriváltjai, az f_y és g_x értékek túl nagyok. A fejlesztési költségek olyan magasak, hogy nem termelik ki hasznukat. A fejlesztés rossz irányba megy, a vevők nem hajlandók fizetni a fejlesztés eredményét. Az (F17), (F18), (F19) egyenleteknek nincs megoldása, vagyis az (F22) és az (F23) egyenletekben a bal oldalon lévő kifejezéseknek (a fejlesztés költségeinek) nincs olyan alacsony értékük, hogy a jobb oldalon lévő kifejezésekkel (a fejlesztések hasznával) egyenlők lehetnének.

5. állítás. *A termelékenységi és minőségi tudás nem fejlődik, ha a fejlesztés marginális költségeit nem kompenzálja a marginális teljes termelési költségek csökkenése, vagy az átmentett tudásérték (egységára P_1 illetve P_2). Ha a termelékenységi és minőségi tudás nem elégséges olyan alacsony termelési költségek eléréséhez, amelyet a fogyasztók már hajlandók lennének megfizetni, akkor a termelési szint nulla.*

Gondoljunk arra a szomorú esetre, amikor fejlesztésünk eredményeit a fogyasztók nem hajlandók elismerni, és az (F22) és az (F23) egyenlet jobb oldalán a D (keresleti) változók helyén nulla értékek állnak! Ráadásul, még a fejlesztési eredményeket sem tudjuk eladni (a P paraméterek értéke nulla). Az egyenlet jobb oldala ekkor nulla, és veszteség csak akkor nem lesz, ha nem kezdünk fejlesztésbe. Ugyanis csak ekkor lesz az egyenlet bal oldala is nulla. A termelékenységi és minőségi tudás tehát nem fejlődik, minden marad az induló q_0 , illetve z_0 szinten. Ekkor a fajlagos termelési költség $c(q_0, z_0, w)$ szinten áll. Ha ilyen áron a termék senkinek sem kell, nincs értelme termelni. Minden vállalkozó kerülje el ezt a helyzetet.

Következtetések

A dolgozat néhány újdonságot is tartalmazó komplex vállalati modellt fogalmazott meg. Ezek közül talán az egyik leglényegesebb, hogy az időhorizontot periódusokra bontja, amelyekben a kereslet nemcsak az árak, hanem a minőségnek is függvénye. A termelési költségek a termelékenységi és minőségi tudástól függenek, e stratégiai elemek mellett viszont a minőség nem stratégiai tényezők (melyek a piacon megvásárolhatók) emelésével is növelhető. A termelékenységi és minőségi tudás fejlesztési tevékenységek révén növelhető. Eddigi ismereteink szerint e tevékenységek intenzitása idő szerint csökkenő tendenciát mutat, függetlenül a tőke költségétől. Tanulmányunk megmutatta, hogy a fejlesztési tevékenységek dinamikájának alakulásában három tényező játszik fontos szerepet: az átmentett termelékenységi és minőségi tudás egységára, a tőke költsége, továbbá

a marginális teljes összköltség alakulása. A tanulmány nem csupán megállapította, hogy a fejlesztési tevékenységeknek lehetnek növekvő szakaszai, hanem összefüggést talált a tevékenységek intenzitása és a marginális összköltség között. Ezen összefüggések felfedése rávilágított azon tényezők szerepére, amelyek a fejlesztési-beruházási tevékenységek intenzitását formálják.

A tanulmány másik fontos témaköre volt a termelési és marketinginterfész elemzése. A funkcionális területek sokszor elszigeteltek döntéseik meghozatalában, és nem tekintenek azokra a tényezőkre, amelyek irányítása más funkcionális területekhez tartozik. A tanulmány rávilágított néhány olyan tényezőre, amelyek irányítása tipikus termelési terület, és ezek alakulása alapvetően befolyásolja az alkalmazott árpolitikát. Az így kialakított „felező” szabály lehetővé tette annak tisztán látását, hogy mikor miért kell a fogyasztónak fizetnie, és a termelőnek mikor és mennyit kell feláldoznia ahhoz, hogy profitja mégis maximális legyen.

Hivatkozások

- BAYUS, B. L. [1995]: Optimal dynamic policies for product and process innovation. *Journal of Operations Management*, 12. 173–185. o.
- CAMILLUS, C. J. [2008]: Strategy as a Wicked Problem. *Harvard Business Review*, május, 99–10. o.
- CARILLO, J. E.–GAIMON, C. [2000]: Improving Manufacturing Performance Through Process Change and Knowledge Creation. *Management Science*, Vol. 46 No. 2. 265–288. o.
- CHAMBERS, C.–KOUVELIS, P.–SEMPLE, J. [2006]: Quality-Based Competition, Profitability, and Variable Costs. *Management Science*, Vol. 52. No. 12. 1884–1895. o.
- CHAND, S.–MOSKOWITZ, H.–NOVAK, A.–REKHI, I.–SORGER, G. [1996]: Capacity Allocation for Dynamic Process Improvement with Quality and Demand Considerations. *Operations Research*, Vol. 44. No. 6. 964–975. o.
- COLLIS, D. J.–MONTGOMERY, C. A. [1995]: Competing on Resources: Strategy in the 1990s. *Harvard Business Review*, július–augusztus, 118–128. o.
- CROSBY, PH. B. [1979]: *Quality Is Free*. McGraw-Hill, New York.
- DEMING, W. E. [1982] *Quality Productivity and Competitive Position*. MIT, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.
- DOLAN, R. J.–SIMON, H. [1996]: *Power Pricing*. The Free Press, New York.
- DORROH J. R.–GULLEDGE T. R.–WOMER, N. K. [1994] Investment in Knowledge: A Generalization of Learning by Experience. *Management Science*, Vol. 40. No. 8. 947–958. o.
- FINE, H. CH. [1986]: Quality Improvement and Learning in Productive Systems. *Management Science*, Vol. 32. No. 10. 1301–1315. o.
- FINE, H. CH. [1988]: A Quality Control Model with Learning Effects. *Operations Research*, Vol. 36. No. 3. 437–444. o.
- FINE, H. C.–PORTEUS, E. L. [1989]: Dynamic Process Improvement. *Operations Research*, Vol. 37. No. 4. 580–591. o.
- GAIMON, C. [1988a]: The acquisition of new technology and its impact on a firm’s competitive position. *Annals of Operations Research*, 15. 37–63. o.
- GAIMON, C. [1988b]: Simultaneous and dynamic price, production, inventory and capacity decisions. *European Journal of Operational Research*, 35. 426–441. o.
- GAIMON, C. [1996]: The price production problem: An operations and marketing interface. Megjelent: *Zionts, S.–Aronson, J.* (szerk.): *Operations Research: Methods. Models and Applications*. Quorum Books, Westport, CT.
- GILL, G. K.–WHEELWRIGHT, S. C. [1992]: Motorola, Inc.: Bandit Pager Project. Harvard Business School, 9-692-069.
- HENDRICKS, B. K.–SINGHAL, V. R. [1997]: Does Implementing an Effective TQM Program Actually Improve Operating Performance? Empirical Evidence from Firms That Have Won Quality Awards. *Management Science*, Vol. 43. No. 9. 1258–1274. o.

- HIRSHLEIFER, J. [1984]: Price Theory and Applications. Harmadik kiadás, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- ITTNER, C. D., V. NAGAR–M. V. RAJAN, [2001]: An Empirical Examination of Dynamic Quality-Based Learning Models. Management Science, Vol. 47. No. 4. 563–578. o.
- KAMIEN, M. I.–N. L. SCHWARTZ, ... [1991]: Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management. North-Holland.
- KARMAKAR, U. S.–PITBLADDO, R. C. [1997]: Quality, class and competition. Management Science, Vol. 43. No. 1. 27–39. o.
- KOUVELIS, P.–MUKHOPADHYAY, S. K. [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. o.
- KOUVELIS, P.–MUKHOPADHYAY, S. K. [1999]: Modeling the design quality competition for durable products. IIE Transactions, Vol. 31. No. 9. 865–889. o.
- KRAJEWSKI J. L.–RITZMAN, L. P.–MALHOTRA, M. [2007]: Operations Management, 9. kiadás, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- LI, G.–RAJAGOPALAN, S. [1998]: Process Improvement, Quality, and Learning Effects. Management Science, Vol. 44. No. 11. 1517–1532. o.
- MUKHOPADHYAY, S. K.–SETAPURA, R. [2007]: A dynamic model for optimal design quality and return policies. European Journal of Operational Research, 180. 1144–1154. o.
- OLIVA R.–HOFFER-GITTELL, J.–LANE, D. [2002]: Southwest Airline in Baltimore. Harvard Business School, Boston, MA, Case 602-156.
- PINE II, B. J.–VICTOR, B.–BOYTON, A. C. [1993]: Making Mass Customization Work. Harvard Business Review, szeptember–október, 108–111. o.
- STEVENSON, J. W. [2005]: Production/Operations Management. 8. kiadás, Irwin, Homewood.
- TENG, J. T.–THOMPSON, G. L. [1996]: Optimal Strategies for General Price-Quality Decision Models of New Products with Learning Production Costs. European Journal of Operational Research, 93. 476–489. o.
- VÖRÖS JÓZSEF [2006]: The Dynamics of Price, Quality, and Productivity Improvement Decisions. European Journal of Operational Research, 170. 809–823. o.
- WHEELWRIGHT, S.–LANGOWITZ, N. [1989]: Plus Development Corp. (A). Harvard Business School case, 9-687-001.
- WATANABE, K. [2007]: Lessons from Toyota's Long Drive. Conversation with Katsuaki Watanabe, Thomas A. Stewart, Anand P. Raman. Harvard Business Review, július–augusztus, 74–84. o.

Függelék

A) Az 1. állítás bizonyítása

A (4a) feltételt másként írva:

$$p_t = c^t - D^t / D'_{p_t}, \quad (F1)$$

és ugyanezt értelmezve a $(t + 1)$ -edik periódusra azt kapjuk, hogy

$$p_{t+1} = c^{t+1} - D^{t+1} / D'_{p_{t+1}}. \quad (F2)$$

A két egyenletet egymásból kivonva a

$$p_{t+1} - p_t = c^{t+1} - c^t - D^{t+1} / D'_{p_{t+1}} + D^t / D'_{p_t} \quad (F3)$$

összefüggéshez jutunk. A bal oldalon két szomszédos periódus ára közötti változás nagyságát találjuk, a jobb oldalon pedig a $(c^{t+1} - c^t)$ kifejezésnegatív, ha a termelékenységi tudás fejlődik időben, aminek eredménye a fajlagos termelési költségek csökkenése. Az összehasonlíthatóságért tételezzük fel, hogy $D^{t+1} = D^t$, és a p_{t+1} , illetve a p_t pontokban húzzunk a keresleti görbéhez érintőket. Ezek irántangensei éppen $D'_{p_{t+1}}$, illetve D'_{p_t} értékek lesznek. Az érintők egyenletei pedig legyenek $\alpha_{t+1} + D'_{p_{t+1}} p_{t+1}$, illetve $\alpha_t + D'_{p_t} p_t$, ahol

minkét α pozitív paraméter. A p_{t+1} , illetve a p_t érintőpontokban igaz lesz, hogy $D^{t+1} = D^{t+1} = \alpha_{t+1} + D'_{p_{t+1}} p_{t+1}$, illetve $D^t = \alpha_t + D'_t p_t$, ezért az írható fel, hogy $D^{t+1} / D_{p_{t+1}}^{t+1} = \alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} + p_{t+1}$, illetve $D^t / D'_t = \alpha_t / D'_t + p_t$. Ezeket az összefüggéseket az (F3)-ba behelyettesítve, kapjuk a

$$p_{t+1} - p_t = c^{t+1} - c^t - \alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} - p_{t+1} + \alpha_t / D'_t + p_t$$

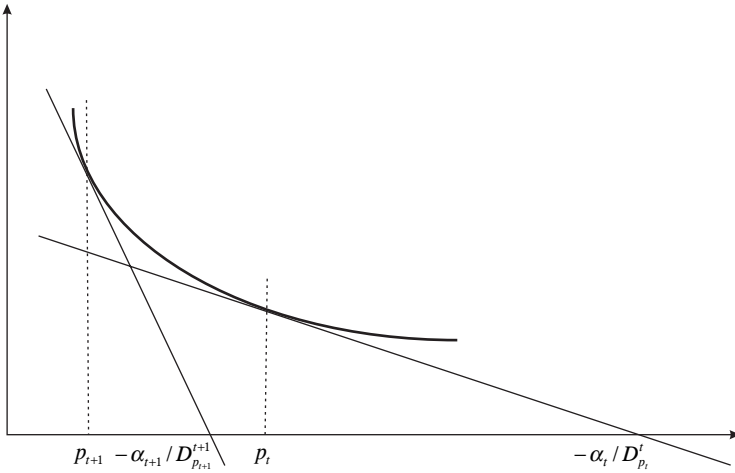
egyenletet, amelyet átrendezve a

$$2(p_{t+1} - p_t) = c^{t+1} - c^t - \alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} + \alpha_t / D'_t \tag{F4}$$

kifejezéshez jutunk. Az elmondottakat az F1. ábra mutatja.

F1. ábra

A keresleti görbe helyettesítése az optimális pontokban



Ha a keresleti függvény lineáris lenne, akkor éppen $\alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} = \alpha_t / D'_t$, ezért $p_{t+1} - p_t = (c^{t+1} - c^t) / 2$, vagyis a költségsökkenésből eredő jövedelemnövekedés felét át kell engedni a fogyasztóknak, és az árak csökkenni fognak. A folytonosság miatt csak az F1. ábrán mutatott eset fordulhat elő, vagyis ha a keresleti görbe konvex az ár függvényében, akkor a $-\alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} < -\alpha_t / D'_t$ összefüggés igaz. Ez azt jelenti, hogy a költségmegtakarítás több mint fele a fogyasztóhoz kerül. Konkáv esetben pedig legfeljebb a fele. Ez a legegyszerűbben úgy látható be, hogy az F1. ábra vízszintes tengelyre vetített tükörképét elemezzük. Ekkor ugyanis $-\alpha_{t+1} / D'_{p_{t+1}} > -\alpha_t / D'_t$, vagyis a termelőhöz most a költségmegtakarításból több kerül. ●

B) A 2. állítás bizonyítása

A (4b) összefüggés a következőt írja le:

$$f_{y_t} = \sum_{j=t}^T (-D^j c_y^j) / (1+r)^{j-t} + a_1 P_1 / (1+r)^{T-t}, \tag{F5}$$

melyet a $(t + 1)$ -edik $(t = 1, 2, \dots, T - 1)$ periódusra felírva

$$f_{y_{t+1}} = \sum_{j=t+1}^T (-D^j c_{y_{t+1}}^j) / (1+r)^{j-t-1} + a_1 P_1 / (1+r)^{T-t-1}. \quad (F6)$$

A (F5) alatti kifejezést a következő módon is írhatjuk:

$$f_{y_t} = -D^t c_{y_t}^t + [1/(1+r)] \left\{ \sum_{j=t+1}^T (-D^j c_{y_t}^j) / (1+r)^{j-t-1} + a_1 P_1 / (1+r)^{T-t-1} \right\}. \quad (F7)$$

Feltételezve, hogy $c_{y_t}^j = c_{y_{t+1}}^j$ minden $j > t$ -re, $t = 1, 2, \dots, T - 1$, (F7) a következő formára hozható (F6) felhasználásával:

$$(1+r)(f_{y_t} + D^t c_{y_t}^t) = f_{y_{t+1}}. \quad (F8)$$

Felírva (F8) kifejezést a $(t + 1)$ -edik periódus helyett a t -edik periódusra, $t = 2, \dots, T - 1$, azt az összefüggést kapjuk, hogy

$$(1+r)(f_{y_{t-1}} + D^{t-1} c_{y_{t-1}}^{t-1}) = f_{y_t}. \quad (F9)$$

Most (F8) és (F9) különbségét véve, a

$$f_{y_{t+1}} - f_{y_t} = (1+r)[(D^t c_{y_t}^t - D^{t-1} c_{y_{t-1}}^{t-1}) + (f_{y_t} - f_{y_{t-1}})] \quad (F10)$$

kifejezéshez jutunk.

Most tételezzük fel, hogy a marginális teljes termelési költség $(-D^t c_{y_t}^t)$ időben csökkenő, és a tőkeköltség pozitív, azaz $(D^t c_{y_t}^t - D^{t-1} c_{y_{t-1}}^{t-1}) > 0$ és $r > 0$. Ha $f_{y_t} - f_{y_{t-1}} > 0$, akkor az (F10) kifejezés bal oldala értelemszerűen pozitív lesz, azaz $(f_{y_{t+1}} - f_{y_t})$ is pozitív lesz. Mivel f szigorúan növekvő és konvex, ebből az következik, hogy $y_{t+1} > y_t > y_{t-1}$, vagyis a fejlesztési tevékenység növekvő lesz idő szerint. Amikor ugyan a marginális termelési költségek csökkennek idő szerint, de ha $(f_{y_t} - f_{y_{t-1}})$ negatív, vagyis $y_t < y_{t-1}$, akkor a $(f_{y_{t+1}} - f_{y_t})$ kifejezés előjele bármi lehet. A fejlesztési tevékenység kezdetben ezért lehet csökkenő is, de ha egyszer növekvő lesz, akkor az is marad.

Hasonló módon látható be, hogy ha egyszer $f_{y_t} - f_{y_{t-1}} < 0$, és a marginális teljes költségek növekvők idő szerint, akkor a $(f_{y_{t+1}} - f_{y_t})$ kifejezés is negatív lesz. Ebből viszont az következik, hogy $y_{t+1} < y_t < y_{t-1}$, vagyis a fejlesztési tevékenység csökken idő szerint. Következésképpen, ha a marginális teljes termelési költségek növekvők idő szerint, a fejlesztési tevékenység lehetnek végig csökkenő, növekvő majd csökkennő, vagy végig növekvő.

Amikor (F6)-ból vonjuk ki az (F5) kifejezést, a fejlesztési tevékenység dinamikáját mozgató erőkről újabb képet kapunk:

$$f_{y_{t+1}} - f_{y_t} = D^t c_{y_t}^t + r \sum_{j=t+1}^T (-D^j c_{y_{t+1}}^j) / (1+r)^{j-t} + r a_1 P_1 / (1+r)^{T-t}. \quad (F11)$$

Ebből rögtön látszik, hogy amikor a tőkeköltség nulla, azaz $r = 0$, akkor a bal oldalon álló kifejezés értéke negatív, mivel a fajlagos termelési költség parciális deriváltja negatív, a kereslet szintje pedig pozitív. A fejlesztési tevékenység ekkor mindig csökken idő szerint.

Az időhorizont hossza T , utána a felhalmozott tudást értékesítjük P_1 fajlagos áron, kapacitásunk nincs, ezért a $(T + 1)$ -edik periódust úgy is tekinthetjük, hogy ott a kereslet és termelés volumene nulla, vagyis $D_{T+1} = 0$. Így ha egy periódussal megnyújtánánk a tervhorizont hosszát, az (F11) alapján írhatjuk, hogy

$$f_{y_{T+1}} - f_{y_T} = D^T c_{y_T}^T + ra_1 P_1, \tag{F12}$$

amelynek értéke P_1 függvényében lehet negatív, vagy pozitív.

Most viszont csökkentsük a tervhorizont hosszát egy periódussal, és számítsuk ki f parciális deriváltjainak értékét. Jelöljük a csökkentett időhorizont fejlesztésiköltség-függvényeinek parciális deriváltjait \hat{f} -pal, (F5) felhasználásával pedig kapjuk, hogy

$$\hat{f}_{y_t} = \sum_{j=t}^{T-1} (-D^j c_{y_j}^j) / (1+r)^{j-t} + a_1 P_1 / (1+r)^{T-t-1}. \tag{F13}$$

(F13)-ből (F5)-öt kivonva adódik, hogy

$$\hat{f}_{y_t} - f_{y_t} = (D^T c_{y_T}^T + ra_1 P_1) / (1+r)^{T-t}. \tag{F14}$$

Ezekből következik, hogy az (F14) és (F12) bal oldalán álló kifejezések előjele megegyezik. Ezek szerint, ha az időhorizont végén a fejlesztési tevékenységek idő szerinti tendenciája növekvő, akkor az időhorizont csökkentése minden periódusban növeli a fejlesztési tevékenységet.

C) A termelékenységi és a minőségi tudás bevonása a modellbe

A függelék e részében az előzőekben bizonyított lényegesebb összefüggéseket terjesztjük ki az eredeti (1) modellre. Az (1b), illetve az (1c) kifejezéseket a következő módon írhatjuk:

$$q_t = q_0 + a_1 \sum_{j=1}^t y_{j,t} + a_2 \sum_{j=1}^t x_j, \tag{F15}$$

$$z_t = z_0 + b_1 \sum_{j=1}^t y_j + b_2 \sum_{j=1}^t x_j. \tag{F16}$$

Ezeket az összefüggéseket felhasználva, (1a)-ba behelyettesíthetjük a q_t és a z_t értékeket, és tulajdonképpen a feladat egy feltételek nélküli szélsőérték-számítási probléma megoldása. Megemlítjük, hogy a helyettesítések alkalmazásával

$$\frac{\partial c^t}{\partial y_t} = \frac{\partial c^t}{\partial q_t} \frac{\partial q_t}{\partial x_t} + \frac{\partial c^t}{\partial z_t} \frac{\partial z_t}{\partial x_t} = c_{q_t} a_1 + c_{z_t} b_1,$$

ahol a c_{q_t} a c^t költségfüggvénynek a q_t szerint vett parciális deriváltja, és $c^t = c(q_t, z_t, w_t)$.

Hasonló módon: $\frac{\partial c^t}{\partial x_t} = c_{q_t} a_2 + c_{z_t} b_2$. Továbbá $\frac{\partial D^t}{\partial y_t} = h_1 b_1 D_{u_t}^t$, és hasonló módon $\frac{\partial D^t}{\partial x_t} = h_1 b_2 D_{u_t}^t$, ahol $D^t = D^t(p_t, u_t)$ és $D_{u_t}^t$ a D^t keresleti függvény u_t szerint vett parciális deriváltja.

Jelölje L az (1a) függvényt az (F15) és az (F16) helyettesítések elvégzése után. Ekkor valamennyi periódusra érvényes:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial y_t} = & - \sum_{j=t}^T [(a_1 c_{q_j} + b_1 c_{z_j}) D^j + (p_j - c^j) h_1 b_1 D_{u_j}^j] / (1+r)^j - f_{y_t} / (1+r)^t + \\ & + (a_1 P_1 + b_1 P_2) / (1+r)^T = 0 \end{aligned} \tag{F17}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_t} = -\sum_{j=t}^T [(a_2 c_{q_j} + b_2 c_{z_j}) D^j + (p_j - c^j) h_1 b_2 D_{u_j}^j] / (1+r)^j - g_{x_t} / (1+r)^t + (a_2 P_1 + b_2 P_2) / (1+r)^T = 0 \quad (F18)$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_t} = -c_{w_t} D^t + (p_t - c^t) h_2 D_{u_t}^t = 0 \quad (F19)$$

$$\frac{\partial L}{\partial p_t} = D^t + (p_t - c^t) D_{p_t}^t = 0. \quad (F20)$$

Az (F19) egyenletből minden t -re írható, hogy

$$(p_t - c^t) D_{u_t}^t = -c_{w_t} D^t / h_2, \quad (F21)$$

és ezeket felhasználva az (F17) és (F18) összefüggésben, miután az egyenletek mindkét oldalát megszoroztuk $(1+r)^t$ -vel, azt nyerjük, hogy

$$f_{y_t} = -\sum_{j=t}^T [a_1 c_{q_j} + b_1 (c_{z_j} - h_1 c_{w_j} / h_2)] D^j / (1+r)^{j-t} + (a_1 P_1 + b_1 P_2) / (1+r)^{T-t}, \quad (F22)$$

$$g_{x_t} = -\sum_{j=t}^T [a_2 c_{q_j} + b_2 (c_{z_j} - h_1 c_{w_j} / h_2)] D^j / (1+r)^{j-t} + (a_2 P_1 + b_2 P_2) / (1+r)^{T-t}. \quad (F23)$$

A bevezetőben tárgyaltaknak megfelelően a $(c_{z_j} - h_1 c_{w_j} / h_2)$ kifejezésről azt tehetjük fel, hogy annak értéke negatív. Ekkor viszont az (F22) és (F23) kifejezésekben a D^j keresleti mennyiséget kifejező függvények együtthatója mindig negatív, és ezért az f függvény deriváltjára, illetve a fejlesztési tevékenységek dinamikájára tett valamennyi megállapításunk ugyanúgy érvényes. A g függvény viselkedése teljesen hasonló. A változás mindössze annyi, hogy nemcsak a termelékenységi tudás marginális teljes költségeit $(-a_1 c_{q_j} D^j)$, hanem a minőségi tudás marginális teljes költségeit $[-(c_{z_j} - h_1 c_{w_j} / h_2) D^j]$ is meg kell említeni.

D) A 4. állítás bizonyítása

Az (F19) és az (F20) felhasználásával kapjuk, hogy

$$(p_t - c^t) h_2 D_{u_t}^t = c_{w_t} D^t, \quad \text{illetve}$$

$$(p_t - c^t) = -D^t / D_{p_t}^t,$$

amiből következik, hogy minden t -re

$$h_2 D_{u_t}^t = -c_{w_t} D_{p_t}^t. \quad (F24)$$

Az egyenlet bal oldalán látható kifejezés azt a profitnövekményt írja le, amely akkor keletkezik, ha a (nem stratégiai) minőségtényezők szintjét és az árat egységnyivel növeljük. Az egyenlet jobb oldala pedig azt a veszteséget határozza meg, ami e lépések nyomán keletkezik. Ha egységnyivel növeljük az árat, akkor a kereslet $-D_{p_t}^t$ mennyiséggel csökken, és ha egységnyivel növeljük a nem stratégiai minőségtényezők szintjét, akkor a fajlagos termelési költségek darabonként c_{w_t} -vel nőnek. Optimumban a marginális értékek egyenlők.

Most tételezzük fel, hogy keresleti függvényünk formája időtől független, vagyis szerkezete és paraméterei nem függenek az időtől, ár szerint pedig lineáris. A (F20) feltételt ekkor a következő módon specifikálhatjuk:

$$p_t = c^t + (\alpha_t - \beta p_t) / \beta,$$

ahol α_t és β pozitív paraméterek. Az egyenletet a $(t - 1)$ -edik időszakra felírva,

$$p_{t-1} = c^{t-1} + (\alpha_{t-1} - \beta p_{t-1}) / \beta,$$

és a két egyenletet egymásból kivonva az adódik, hogy

$$2(p_t - p_{t-1}) = c^t - c^{t-1} + (\alpha_t - \alpha_{t-1}) / \beta. \quad (F25)$$

Tekintettel arra, hogy mind az f , mind a g függvény deriváltjának értékei minden periódusban pozitív értékűek, a fejlesztési változók értéke minden periódusban pozitív. A minőségi és termelékenységi tudás tehát folyamatosan fejlődik, vagyis $q_t < q_{t+1}$, illetve $z_t < z_{t+1}$. Mivel $D(p, u_t) < D(p, u_{t+1})$ minden periódusban és minden p -re, ha $u_t < u_{t+1}$, ezért az következik, hogy $\alpha_t > \alpha_{t-1}$. Amennyiben a minőség növekedése a költségek növekedésével jár, a költségnövekménynek legalább felét a fogyasztóknak kell fizetniük. Minél nagyobb a minőség iránti éhség, az ellátók a minőséggel kapcsolatos költségek annál nagyobb hányadát háríthatják át a fogyasztókra.

Az F2. ábra jól mutatja, hogy megállapításunk nem függ attól, hogy a $(t - 1)$ -edik periódus ára miként viszonyul a t -edik periódus árához.

F2. ábra
Két egymás utáni periódus keresleti függvénye

