

SEBESTYÉN Tamás

# ADAPTIVITÁS, INNOVÁCIÓ ÉS FEJLŐDÉSI CSAPDA - INTEGRÁLT ELMÉLETI MEGKÖZELÍTÉS

A gyors technológiai fejlődés egyik feltétele, hogy a megjelenő új és új technológiák alkalmazása már a kezdetekben hatékony legyen, ami azonban a munkaerőtől magas szintű adaptivitást követel meg. Ha azonban az adaptivitás kialakulásának forrása éppen a gyors technológiai fejlődés, akkor a gazdaság alacsony adaptivitási szint mellett fejlődési csapdába kerülhet: a technológiai fejlődés hiányában az innovációt ösztönző adaptivitás sem fejlődik. A szerző tanulmányában az adaptivitás, a technológiai haladás és a gazdasági növekedés kölcsönhatásának integrált megközelítését mutatja be egy szimulált gazdasági modell segítségével.

Kevés fontosabb vetülete van a gazdaságelméleti kutatásoknak, mint a tudás, a technológiai fejlődés és a gazdasági növekedés szerteágazó összefüggésrendszerének vizsgálata. Az emberi tőke gazdasági szerepének felismerésétől máig eltelt évtizedekben ez az összefüggésrendszer sokféle új elemmel bővült, egyúttal mind összetettebbé vált. Újabb kutatások az adaptív képességeknek, a változáshoz történő alkalmazkodásnak a gazdasági-társadalmi fejlődésben betöltött szerepét vizsgálják a technológiai fejlődéssel, az innovációval kapcsolatban.

Egy megjelenő új technológia olyan új környezeti feltételeket teremt a gazdasági tevékenység számára, amelyhez a munkaerőnek alkalmazkodnia kell, és ez bizonyos időt vesz igénybe. Az alkalmazkodás időigénye attól függ, hogy a munkaerő milyen gyorsan képes alkalmazkodni a változásokhoz, azaz az új technológiát alkalmazók adaptív képességeitől (Schultz, 1975; Iyigun – Owen, é.n.; Basu – Weil, 1998).

Az adaptivitás az új technológiák kezdeti alkalmazásának hatékonyságát befolyásolja: alacsony adaptivitás mellett az új technológia hosszú ideig nem üzemel hatékonyan. Ha azonban az alkalmazkodási folyamat elhúzódása miatt az új technológiákat csak a tervezettnél alacsonyabb hatékonysággal képesek a termelésben használni, akkor a kutatás-fejlesztésre fordított összegek megtérülése mind bizonytalanabbá válik. Ez azt jelenti, hogy alacsony adaptivitás mellett

a K+F szektor várható profitja csökken, a bizonytalan profitkilátások miatt a K+F beruházások volumene is csökken, s így végül lassul az új technológiák megjelenésének üteme, azaz a technológiai fejlődés.

Iyigun és Owen (1999) ugyanakkor kiemelik, hogy az adaptivitás forrása maga a változó környezet, jelen kontextusban tehát a technológiai haladás, a változás megélése fejleszti ki az egyéneknél az újabb változásokhoz való gyors alkalmazkodás képességét. Mokyr (1992) történeti megfigyelésekre támaszkodva igazolja, hogy az átélt változások adaptívabbá teszik az egyéneket esetleges jövőbeli változásokban, Bils és Klenow (2000) pedig a technológiai haladás és az oktatás között tárnak fel pozitív kapcsolatot.

A technológiai haladás forrása azonban éppen a kutatás-fejlesztés, amely a fenti érvelés alapján az adaptív képességek által ösztönzött. Így tehát egy öngerjesztő folyamat bontakozik ki: a technológiai haladás adaptív képességeket alakít ki, amelyek ösztönzőleg hatnak az innovációs tevékenységre, s így a technológiai fejlődés állandósulhat. Alacsony adaptivitás mellett azonban a K+F szektor tevékenysége is visszafogottabb, s így a gazdaság fejlődési csapdába kerülhet (lásd: Iyigun – Owen, é.n.).

Tanulmányomban egy olyan gazdaság modellezésére teszek kísérletet, amely a fenti jellemzőkkel írható le. A modell technikailag Iyigun és Owen (é.n.), valamint Kosempel (2004) modelljeinek integrálása-

ként fogható fel. Ígyun és Owen elveit követem anynyiban, hogy az adaptivitás mint endogén változó szerepel a modellben, és az oktatás és a technológiai fejlődés kapcsolata explicit módon megjelenik az adaptivitás alakulásában. Kosempel elképzelései jutnak érvényre a termelési függvény megfogalmazáskor, valamint a technológiai szint és az emberi tőke viszonyának az emberitőke-beruházásokra gyakorolt hatásában. Mindkét modellel megegyezik a tanulmányban vizsgált gazdaság annyiban, hogy a technológiai haladás nem a teljes tényezőtermelékenység, hanem a tőkeállomány minőségi dimenziójának javulása révén fejt ki hatását (megtestesült technológiai haladás).

A tanulmány felépítése a következő: a második pontban a modell ismertetésére kerül sor, a harmadik pontban a modell segítségével az egyes változók időbeli alakulását szimuláljuk és a kapott eredmények értelmezését végezzük el, végül a negyedik pontban összegezzük a tanulmány megállapításait.

### A modell

Tekintsünk egy gazdaságot, amely az alábbi termelési függvénnyel jellemezhető:<sup>1</sup>

$$(1) \quad Y_t = \bar{A} \left( \frac{H_t}{Q_t} \right)^\alpha (Q_t K_t)^{1-\alpha},$$

ahol  $Y_t$  a kibocsátást,  $H_t$  az emberi tőke mennyiségét,  $K_t$  a fizikai tőkeállomány mennyiségét,  $Q_t$  pedig a tőkejavak minőségi szintjét jelöli.<sup>2</sup>  $\alpha$  az emberi tőke parciális termelési rugalmassága, és érvényes rá a szokásos  $0 < \alpha < 1$  feltétel. Az  $\bar{A}$  paraméter az aggregált technológiai szint mérésére szolgál, amit a modellben változatlanul feltételezünk. Látható, hogy a tőkejavak technikai színvonalának nemcsak a fizikai tőkejavaknak, hanem az emberi tőke hatékonyságát is befolyásolja, ellenkező irányban. Ez utóbbi összefüggés mögött az a feltételezés áll, hogy a tőkejavak technikai színvonalának javulása (részben) elavulttá teszi a munkaerő tudását.<sup>3</sup>

A gazdaságban képződő jövedelmet fogyasztásra, a tőkeállomány bővítésére, valamint kutatás-fejlesztésre fordítják, azaz fennáll, hogy:

$$(2) \quad Y_t = C_t + I_t + R_t,$$

ahol  $C_t$  a fogyasztást,  $I_t$  a beruházásokat,  $R_t$  pedig a kutatás-fejlesztésre jutó kiadásokat jelöli.

A fogyasztást a mindenkori kibocsátás konstans hányadaként értelmezzük, vagyis

$$(3) \quad C_t = \bar{c} Y_t,$$

ahol  $\bar{c}$  a fogyasztási hányad. A fizikai tőkeállománynak minden periódusban  $\delta$  százaléka amortizálódik,

így a tőkeállomány növekedésének mértékét az alábbi összefüggés határozza meg:

$$(4) \quad \Delta K_t = I_t - \delta K_t,$$

ahol  $\Delta K_t = K_{t+1} - K_t$ . A K+F kiadásokra pedig fennáll, hogy

$$(5) \quad R_t = r_t Y_t,$$

ahol  $r_t$  a teljes kibocsátás K+F-re fordított hányada.<sup>4</sup>

### Technológiai szint és technológiai haladás

Az (1) termelési függvényből látható, hogy a technológiai szintet két tényező is befolyásolja. Egyrészt a konstans  $\bar{A}$ , másfelől pedig a tőkeállomány minőségi szintjeként értelmezett  $Q_t$ . Az előbbi a hagyományosan értelmezett teljes tényezőtermelékenységnek (TFP) felel meg, míg az utóbbi a tőkeállomány technológiai, hatékonysági szintjét jelöli. Mivel a modellben  $\bar{A}$  nem változik, ezért a TFP növekedéséből származó nem megtestesült technológiai haladás itt nem értelmezhető. Ha létezik technológiai haladás, az a tőkeállomány minőségének javulásában jelenik meg, vagyis a modell kizárólag a megtestesült technológiai haladást veszi figyelembe.

Ebben a modellben tehát akkor beszélünk technológiai haladásról, ha javul a tőkeállomány minőségi szintje. Másként fogalmazva a technológiai újítások a tőkejavak hatékonyságát növelik. A technológiai haladás mértéke azonban attól függ, hogy mennyi erőforrást fordítanak a gazdaságban kutatás-fejlesztésre, így a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$(6) \quad \Delta Q_t = \bar{Q} \left( 1 - \frac{1}{R_{t+1}} \right),$$

ahol  $\Delta Q_t = Q_{t+1} - Q_t$ . A (6) összefüggésben azzal a feltételezéssel élünk, hogy a technológiai haladásnak van egy időszaki maximuma, azaz bármekkora összeget is fordítanak kutatás-fejlesztésre egy adott periódusban, a technológiai szint növekménye nem lehet nagyobb  $\bar{Q}$ -nál. A fenti összefüggés egyben azt is jelenti, hogy amennyiben K+F ráfordítások léteznek (akármilyen kicsiny mennyiségben is), akkor (legalábbis minimális) technológiai haladás figyelhető meg, továbbá, hogy a K+F ráfordításoknak csökkenő hozadéka érvényesül a technológiai újítások megjelenésében.<sup>5</sup> Ez a megközelítés Kosempel (2004) modelljéhez áll közelebb, azonban eltér attól annyiban, hogy a K+F ráfordítások itt nem a technológiai haladás ütemét, hanem annak abszolút nagyságát befolyásolják. E megközelítés mögött az a feltételezés áll, hogy a korábbi technológiai újítások a K+F eredményességét érdemben nem befolyásolják, azaz bármely technológiai

szinten ugyanakkora erőfeszítés szükséges a technológiai szint egy egységgel történő növeléséhez.

### Adaptivitás és emberi tőke

Mint a bevezetőben ismertettük, a modellszámítás központi tényezője az adaptivitás. Adaptivitásként a munkaerőnek azt a képességét értelmezzük, amely lehetővé teszi, hogy a változó körülményekhez minél gyorsabban alkalmazkodjon. A változó körülményeket a modellben a technológiai szint növekedése jelenti: az (1) termelési függvényben a  $(H, Q)$  tényező azt a feltételezést fejezi ki, hogy a technológiai szint növekedésével a munkaerő termelési hatékonysága csökken, vagyis tudása elavulttá válik. Kosempel (2004) érvelése alapján ebben az esetben a relatíve szűkössé váló emberi tőke határtermelékenysége relatíve megnő, ami jövedelmezővé teszi az e tőkefajta történő beruházást, így tehát az emberi tőke állománya növekedésnek indul.<sup>6</sup> Az emberi tőke állományának növekedési ütemére azonban modellünkben az adaptivitás is hatással van. Az adaptivitás (fenti definíciója értelmében) az alkalmazkodás sebességét befolyásolja, azaz mivel az alkalmazkodás az előbbieken alapján az emberi tőke állományának a technológiai szinthez történő felzárkózását jelenti, az adaptivitás végső soron az emberi tőke felhalmozási ütemére van hatással. Az eddigiek alapján az alábbi összefüggést írhatjuk fel:

$$(7) \quad \Delta H_t = \frac{G_t}{\bar{G}} \Delta Q_t,$$

ahol  $\Delta H_t = H_{t+1} - H_t$ , továbbá  $\bar{G}$  az adaptivitásnak egy maximális szintjét jelöli. A (7) összefüggés alapján az emberi tőke növekedése a technológiai szint növekedésének függvénye: az emberi tőke növekedését a technológiai szint növekedése váltja ki, s ezt a növekedést befolyásolja az adaptivitás: minél alkalmazkodóképesebb a munkaerő (azaz  $G_t$  minél jobban megközelíti  $\bar{G}$ -t), az alkalmazkodás annál tökéletesebb, gyorsabb. Ha az adaptivitás nullához tart, úgy az emberitőke-beruházás is nullához közelít. A fenti képletből az is kiolvasható, hogy az adaptivitás és a technológiai fejlődés együttes jelenlétére van szükség ahhoz, hogy az emberi tőke állománya növekedjen. Az adaptivitás teljes hiányában ( $G_t = 0$ ) a technológiai fejlődéshez a munkaerő nem tud alkalmazkodni, ha azonban az adaptivitás bizonyos pozitív szintje adott, de a technológia nem javul, úgy a tanulási lehetőségek hiánya szintén az emberi tőke állományának változatlanágát eredményezi.

Felmerül ugyanakkor az a kérdés, hogy mi alakítja a munkaerő adaptivitását. Iyigun és Owen (é.n.) abból

indulnak ki, hogy az alkalmazkodási képességet éppen a változó környezeti feltételek alakítják ki. Az egyének csupán akkor válnak adaptívvá, ha megtapasztalták a változást és a változás során az ahhoz történő alkalmazkodás hatékony eszközeit sajátították el. Így tehát az adaptivitás kialakulásának feltétele egyfelől a változó környezet.

Ugyanakkor (mint arra a bevezetőben kitértünk) általánosan elfogadottnak tekinthető, hogy az adaptivitás az emberi tőke része, amely kifejezetten a gyors változással jellemezhető időszakokban válik produktívvá. Így tehát az adaptív képességek kialakulása nem csupán a változásra, hanem az emberitőke-beruházásokra is visszavezethető. Iyigun és Owen (1999) ezen az alapon az oktatás és az adaptivitás viszonyát vizsgálják, különbséget téve az oktatás (és tanulás) szerepe között attól függően, hogy az statikus vagy dinamikus környezeti feltételek között történik.

Statikus környezetben az oktatás a már meglévő tudás finomítására, fejlesztésére szolgál, vagyis végső soron a korábbi generációk által felhalmozott *emberi tőke továbbadására*. Ezzel szemben dinamikus környezetben az oktatásban hangsúlyosabbá válik az *adaptív képességek fejlesztése*, mivel a korábbi ismeretek fokozatosan elvesztik jelentőségüket és meghatározóvá az új ismeretek gyors befogadásának készsége válik. Tehát amíg az első esetben a korábbi generációk tudásának továbbadásáról van szó, az utóbbiban minőségileg másfajta ismeretek átadása a cél.<sup>7</sup>

Az adaptivitás kialakulása tehát a változó körülmények között zajló emberitőke-felhalmozás függvénye. Ennek alapján az adaptivitás alakulására a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$(8) \quad \Delta G_t = (\bar{G} - G_t) \left( 1 - \frac{1}{(\Delta Q_t)(\Delta H_t) + 1} \right) - \omega,$$

ahol  $\Delta G_t = G_{t+1} - G_t$ ,  $\omega$  az adaptivitás „amortizációját” jelöli, vagyis azt a feltételezést fejezi ki, hogy ha semmi nem hat az adaptivitás növekedésének irányába, akkor az adaptív képességek „felejtődnek”, azaz  $G_t$  periódusról periódusra csökken.<sup>8</sup> A  $\bar{G}$  paraméter továbbra is az adaptivitás maximális szintjét jelöli. A fenti összefüggés alapján a technológiai haladás és az emberitőke-beruházások együttes hatása csökkenő hozaddal bír az adaptivitás növekményében, ugyanakkor az is látható, hogy a technológiai haladás és az emberitőke-beruházások együttes jelenléte szükséges ahhoz, hogy az adaptivitás növekedjen.<sup>9</sup> Így modellünkben Iyigun és Owen (é.n.) elképzelése érvényesül a technológiai fejlődés és az oktatás kölcsönhatásában.

A (7) egyenlettel összhangban a (8) egyenlethez a

$$(9) \quad 0 \geq G_t < \bar{G}$$

kiegészítő feltételt csatoljuk, ami biztosítja, hogy az adaptivitás a technológiai szint és az emberitőke-állomány tartós stagnálása esetén se csökkenjen 0 alá.

### Kutatás-fejlesztés és adaptivitás

A modell felépítése a technológiai haladásban és a K+F-ben Aghion és Howitt (1992) elveit követi annyiban, hogy a technológiai fejlődés a meglévő tőkejavak minőségét javítja, és nem új tőkejavak létrehozásában ölt testet. Ennek megfelelően a K+F szektor célja a minőségi szint javítása.

A (6) egyenletben definiáltuk, hogy a technológiai haladás mértéke (azaz a tőkeállomány minőségi szintjének növekedése) a kutatás-fejlesztésre fordított kiadások függvényeként alakul, nem szóltunk azonban arról, hogy mitől függ ezen kiadások nagysága.

Mind Iyigun és Owen (é.n.), mind pedig Kosempel (2004) az adaptitásnak a kutatás-fejlesztésre gyakorolt hatását hangsúlyozzák. A K+F beruházások megtérülése attól függ, hogy az újításokat milyen hatékonysággal lehet a termelésben felhasználni. Az adaptitás definíciójából és az (1) termelési függvény megfogalmazásából így egyértelműen adódik, hogy az adaptitás jelentős befolyással van a K+F beruházások jövedelmezőségére. Alacsony adaptitás esetén az újításokhoz történő alkalmazkodás és így azok hatékony (jövedelmező) alkalmazása időben kitolódik, és így az innovatív vállalatok várható profitja csökken. Magas adaptitás esetén javul az innováció várható megtérülése, és így több forrást érdemes kutatás-fejlesztésre fordítani. Így tehát a kutatás-fejlesztésre fordított kiadások és az adaptitás szintje között pozitív kapcsolat tárható fel:

$$(10) \quad r_t = (1 - \bar{c}) \left( 1 - \frac{1}{(G_t - \underline{G}) + 1} \right).$$

A már ismert formulában az  $(1 - \bar{c})$  kifejezés azt jelöli, hogy a K+F kiadások maximálisan a nemzeti jövedelemnek a fogyasztási szükségletek kielégítése után fennmaradó részét érhetik el. A (10) összefüggésben  $\underline{G}$  az adaptitásnak azt a minimális szintjét jelöli, amely ahhoz szükséges, hogy a K+F szektor egyáltalán érdemesnek találja az innovációt. Ha a  $\underline{G} = 0$  feltételezéssel élünk, akkor az adaptitásnak bármilyen kicsiny szintje is elegendő ahhoz, hogy a gazdaság pénzt fordítson a kutatás-fejlesztésre.

A modell lezárásához még a fizikai tőkeállomány mozgásegyenletére van szükségünk, amelyet a (2)-(5) egyenleteket felhasználva az alábbi formába írhatunk:

$$(11) \quad \Delta K_t = Y_t(1 - \bar{c} - r_t) - \delta K_t$$

A (6)-(8) és (11) egyenletekbe a megfelelő behelyettesítéseket elvégezve egy négy egyenletből álló, négy változót tartalmazó dinamikus rendszert kapunk:<sup>10</sup>

$$(6') \quad \Delta Q_t = q(Q_t, H_t, G_t, K_t)$$

$$(7') \quad \Delta H_t = h(Q_t, H_t, G_t, K_t)$$

$$(8') \quad \Delta G_t = g(Q_t, H_t, G_t, K_t)$$

$$(11') \quad \Delta K_t = k(Q_t, H_t, G_t, K_t)$$

A fenti egyenletrendszer a

$$(12) \quad Q_0 = \check{Q}, \check{H}_0 = \check{H}, G_0 = \check{G}, K_0 = \check{K}$$

kezdeti feltételekkel kiegészítve kiszámíthatjuk az egyes változók növekedési pályáit.

### Szimuláció és értelmezés

A fenti dinamikus egyenletrendszer analitikus megoldása bonyolultságánál fogva meghaladja e tanulmány kereteit. A modell megfelelő kalibrálásával azonban könnyen elvégezhető egy szimuláció, amely az egyes változók növekedési pályáját mint numerikus adatsort adja eredményül. Ez a módszer ugyan nem alkalmas az egyes paraméterek komplex hatásmechanizmusának pontos elemzésére, számos kvalitatív következtetést azonban levonhatunk, és a paraméterek értékeinek változtatásával az egyes növekedési pályák komparatív elemzése is lehetséges.

A szimuláció során két alapvető eset vizsgálható: (a) a gazdaság növekedése, ha az adaptitás kezdeti értéke nulla, illetve (b) ha az adaptitás kezdeti értéke pozitív. Ezt a két alapesetet vizsgálva elemezzük az egyes paraméterek változásának hatásait. Az elemzés során változatlanul hagyjuk  $\alpha$  és  $\delta$  értékét, amelyeket rendre  $2/3$ -nak és -nek állítunk be, továbbá a kibocsátás kezdeti értékét 1-re normalizáljuk. Minden esetben ötven periódusra végezzük el a szimulációt, ez elegendő az egyes változók időbeli alakulásának vizsgálatához.

### Növekedés adaptitás nélkül

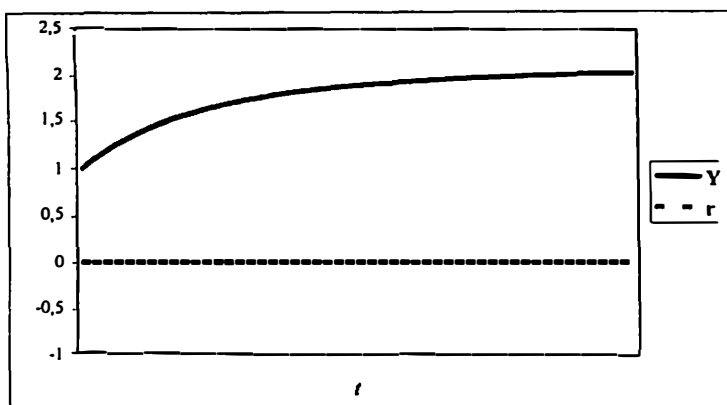
A modell felépítéséből fakadóan, ha a kezdeti feltételek között  $G_0 = 0$ -t állítunk be, akkor a gazdaság növekedése korlátok közé szorul. Ha kezdetben az adaptitás szintje nulla (azaz a munkaerő nem tud alkalmazkodni a változásokhoz), akkor a (10) egyenlet alapján a gazdaságban nincsenek K+F kiadások, így a

technológiai szint sem javulhat. A technológiai haladás hiánya ugyanakkor a tanulási lehetőségek hiányát jelenti, ami azt eredményezi, hogy az emberi tőke állománya sem növekszik. A kibocsátás növekedésének egyetlen forrása így a tőkeállomány mennyiségének növekedése, amit (mivel a K+F-re fordított kiadás zérus) a fogyasztási határhajlandóság határoz meg.<sup>11</sup>

Ebben az esetben a beruházások egy ideig képesek a termelőkapacitás növelésére, azonban a tőkeállomány növekedésével időszakról időszakra nő a pótlási igény ( $\delta K$ , növekszik), és egy idő után a képződő megtakarítások csupán az amortizáció fedezésére lesznek elegendők. Ekkor a fizikai tőkeállomány növekedése megáll, kioltva ezzel a növekedés addigi forrását. A kibocsátásnak ( $Y_t$ ) és a K+F kiadások hányadának ( $r_t$ ) az alakulását szemlélteti a  $G_0=0$  esetben az 1. ábra.

1. ábra

A gazdaság növekedési pályája és a K+F kiadások GDP-n belüli részarányának alakulása adaptivitás hiányában ( $G_0 = 0$ )



Ebben az esetben az adaptivitással összefüggő paraméterek változása értelemszerűen nem hat a modell hosszú távú tulajdonságaira. Mivel  $\Delta G_t = 0$ , az adaptivitás amortizációja ( $\omega$ ) nem csökkentheti az adaptív képességek szintjét (lásd a (9) feltételt), s ugyanígy az adaptivitás elérhető maximális ( $\bar{G}$ ) és a K+F beruházásokhoz szükséges minimális ( $\underline{G}$ ) szintje sincs hatással a modell dinamikájára. Minthogy az adaptivitás szintje és ebből következően a technológiai haladás ( $\Delta Q_t$ ) mindvégig nulla, a fentiekhez hasonlóan a technológiai haladás időszaki maximuma ( $\bar{Q}$ ) sem kerül „kihasználásra”, s így nincsen hatása a hosszú távú kibocsátásra.

A többi változó ( $H_0, Q_0, K_0$ ) kezdeti értékének változása a gazdaság növekedési pályáját jellegében nem, de mennyiségileg megváltoztatja. A fizikai tőkeállomány kezdeti értéke ( $K_0$ ) a hosszú távú kibocsátás nagyságát nem, csak a kibocsátás kezdeti értékét változtatja meg:  $Y_0$  értelemszerűen csökken, ha  $K_0$  csökken, és növekszik az ellenkező esetben.<sup>12</sup>

A technológiai színvonal és az emberi tőke állományának kezdeti aránya ( $H_0/Q_0$ ) mellett, hogy a kibocsátás kezdeti szintjét befolyásolja (hasonló módon, mint  $K_0$ ), annak hosszú távú egyensúlyi szintjére is hatással van. Ha  $H_0/Q_0$  növekszik, nő a kibocsátás kezdeti és egyensúlyi szintje is, ellenkező esetben mindkettő csökken. Minőségi változásról itt sincsen szó, csupán arról, hogy mivel ( $\Delta Q_t = \Delta H_0 = 0$  miatt)  $H_t/Q_t = H_0/Q_0$  konstans, ezért az (1) termelési függvényt egy skallárral meg kell szorozni, ami bármely  $t$ -hez tartozó értékét arányosan megnöveli (csökkenti).

A K+F kiadások nemzeti jövedelmen belüli hosszú távú arányát ( $r_t$ ) értelemszerűen egyetlen paraméter sem befolyásolja.

Így tehát ha a munkaerő nem adaptív, a gazdaság egy speciális fejlődési csapdába kerül: ugyan a kibocsátás növekszik, a növekedésnek azonban korlátot szab a technológiai fejlődés hiánya. A kezdeti időszakban a gazdasági növekedés akár jelentős is lehet, ez azonban nem befolyásolja azt a tényt, hogy hosszú távon a kibocsátás abszolút nagysága felülről korlátozott, s a további növekedés csak a gazdaságot érő külső hatások következtében lehetséges.

### Növekedés adaptivitással

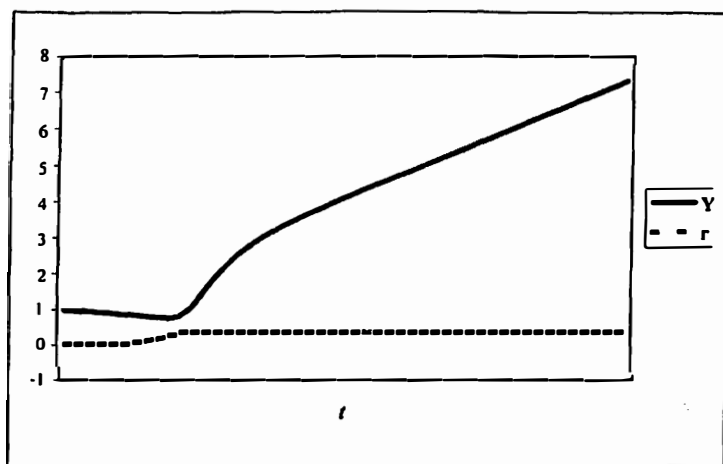
Ha az adaptivitás kezdeti szintje akár csak egy kicsit is meghaladja a kritikus  $\underline{G}$  értéket, akkor a modell dinamikája jelentősen megváltozik. A (10) összefüggés alapján az adaptivitás egy minimális szintjére van szüksége ahhoz, hogy a gazdaság forrásokat áldozzon kutatás-fejlesztésre. Ha az adaptivitás kezdeti szintje a kritikus érték alatt marad ( $G_0 \leq \underline{G}$ ), akkor a kapott növekedési pályák azonosak lesznek az előző pontban elmondottakkal. Ennélfogva itt csak a  $G_0 > \underline{G}$  eseteket vesszük figyelembe.

Ha az adaptivitás pozitív, akkor az adaptivitás amortizációja is értelmezhető. Nyilvánvaló, hogy az adaptivitás hosszú távú alakulása attól függ, hogy az időszakonként megjelenő amortizációt az adaptivitás nettó növekedése képes-e kompenzálni. Ez alapján meghatározható egy kritikus  $\omega^*$  érték, amely azt az amortizációs nagyságot jelöli, ami alatt az adaptivitás növekszik, azonban felette nem.<sup>13</sup> Belátható, hogy csupán a kritikus amortizációs nagyság kezdeti értékének ismeretére van szükségünk, mivel ez meghatározza az adaptivitás további alakulását. A fenti megfontolások alapján három esetet vizsgálunk meg: (i) amikor az adaptivitás nem amortizálódik ( $\omega=0$ ), (ii) amikor az amortizációs nagyság meghaladja a kritikus induló szintet ( $\omega \geq \omega^*$ ) és (iii) amikor az adaptivitás felhalmozódik ( $\omega < \omega^*$ ).

(i) Az adaptivitás amortizációjának hiányában az adaptív képességek akkumulációja elől az akadályok elhárulnak, és a gazdaság a 2. ábrán látható növekedési pályát futja be. A kibocsátás enyhe kezdeti csökkenés után dinamikus növekedésnek indul, majd hosszú távon folyamatosan (bár csökkenő ütemben) növekszik. Ezzel párhuzamosan a K+F-re fordított kiadások eleinte emelkednek, majd hosszú távon egy állandó érték körül alakulnak. A K+F hányad stabilizálódása és a kibocsátás növekedésének megindulása közel egy időben történik, és egybeesik azzal a ponttal, ahol az adaptivitás eléri maximális értékét,  $\bar{G}$ -t. A kezdeti időszakban tehát az adaptivitás ugyan növekszik, de az általa generált technológiai fejlődés kezdetben gyorsabb, mint az emberi tőke felhalmozási üteme.<sup>14</sup> Ennélfogva eleinte a  $H_t/Q_t$  arány csökken, ami azt mutatja, hogy a relatíve gyors technológiai fejlődés miatt az emberi tőke hatékonysága eleinte romlik. A növekvő K+F kiadások a beruházások elől viszik el a forrásokat, emiatt a tőkeállomány növekedése sem elegendő ahhoz, hogy a kibocsátás növekedjen. A fokozatosan felhalmozódó adaptivitás azonban idővel elegendő lesz ahhoz, hogy az emberi tőke felzárkózzon a technológiai szinthez, s hosszú távon az emberi tőke növekedési üteme megegyezik a technológiai szint növekedési ütemével.

2. ábra

A gazdaság növekedési pályája és a K+F kiadások GDP-n belüli részarányának alakulása pozitív kezdeti adaptivitás esetén, az adaptivitás amortizációjának hiányában ( $G_0 = 0, \omega = 0$ )



A 2. ábrán látható növekedési pályát az egyes paraméterek és kezdeti feltételek csak kvantitatív módon változtatják meg: a kezdeti, kibocsátás-csökkenéssel jellemezhető időszak hosszát befolyásolják. Eltérően az adaptivitás nélküli esettől, az adaptivitás maximális szintjének itt van hatása a növekedési pályára: minél alacsonyabb  $\bar{Q}$  értéke, annál rövidebb a 2. ábrán látható stagnáló időszak hossza. Ez abból következik, hogy

az emberi tőke növekedési üteme csak akkor tud felzárkózni a technológiai szint növekedéséhez, ha az adaptivitás kellőképpen megközelíti elméleti maximumát.<sup>15</sup> Ezen kívül  $\bar{Q}$  növekedése  $Y_t$  hosszú távú pályáját „laposabbá” teszi, vagyis csökkenti a kibocsátás hosszú távú növekedésének mértékét. Ennek az az oka, hogy a magasabb maximális adaptivitás hosszú távon magasabb K+F ráfordítási hányadot ( $r_t$ ) jelent, egyúttal kisebb beruházási hányadot. Mivel  $Q_t$  pályája lineáris, ezért a fizikai tőkeállomány alacsony növekedési üteme mellett a kibocsátás is csökkenő ütemben nő. Ha több forrás jut beruházásra, úgy a kibocsátás hosszú távon magasabb (bár még mindig csökkenő) ütemben növekedhet.

Ha a technológiai szint növekedésének időszaki maximuma ( $\bar{Q}$ ) növekszik, akkor csökken a kezdeti stagnáló időszak hossza, mivel a (6) összefüggés alapján ekkor nagyobb mértékű a technológiai szint javulása, ez nagyobb mértékű emberitőke-beruházást és az adaptivitás nagyobb mértékű növekedését jelenti, ami pedig értelemszerűen lerövidíti a  $\bar{G}$  eléréséhez szükséges időt.

A kezdeti feltételekben nyilvánvaló, hogy  $G_0$  növekedése csökkenti a stagnáló időszak hosszát, hiszen a gazdaság eleve magasabb adaptációs szintről indul. A fizikai tőkeállomány kezdeti értékének növekedése a kezdeti időszak hosszát csökkenti, mivel a magasabb  $Y_0$  révén a kutatás-fejlesztésre fordítható összegek abszolút nagysága növekszik, ami a (6) egyenlet alapján növeli a technológiai haladás ütemét, így a fellendülés időszaka hamarabb elérhető. Hasonló megfontolások alapján ugyanez mondható el a  $H_0/Q_0$  arány hatásáról is.

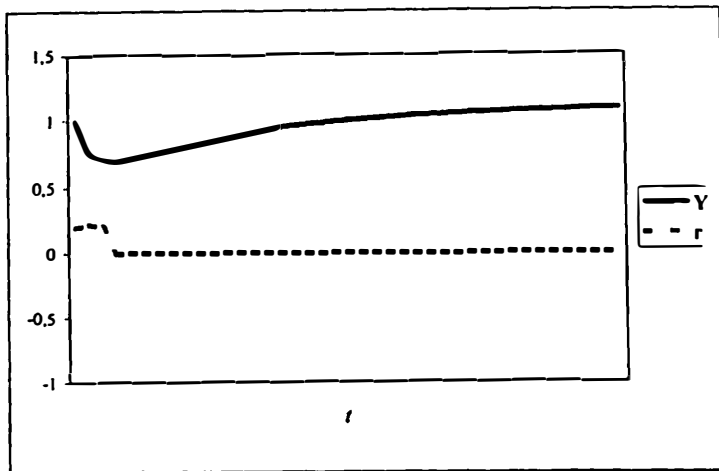
(ii) Ha az adaptivitás amortizációja meghaladja a kritikus értéket, akkor a pozitív kezdeti adaptivitási színvonal ellenére az adaptivitás folyamatosan csökken, majd nullává válik.<sup>16</sup> Ez a folyamat a 3. ábrán látható növekedési pályát generálja.

Az itt látható növekedési pálya az 1. ábrán láthatóhoz hasonlít annyi eltéréssel, hogy a kibocsátás nem azonnal kezd el növekedni, hanem egy kezdeti csökkenő szakasz figyelhető meg. Hosszú távon a kibocsátás növekedése, akár csak a K+F ráfordítások GDP-n belüli hányada, nullához tart.

A kapott eredmény nyilvánvaló következménye az adaptivitás nélküli és a pozitív adaptivitással, de nulla amortizációval jellemezhető esetek kombinálódásának. A rövid távon csökkenő kibocsátás hasonló mechanizmusok eredménye, mint a korábban bemutatott (i) esetben tárgyalt kezdeti kibocsátás-csökkenés. A pozitív kezdeti adaptivitás a technológiai szint valamelykor mértékű növekedését eredményezi, az emberi tőke azonban kisebb mértékben növekszik, az alacsony

3. ábra

A gazdaság növekedési pályája és a K+F kiadások GDP-n belüli részarányának alakulása pozitív kezdeti adaptivitás esetén, ha az adaptivitás amortizációja meghaladja kritikus értékét ( $G_0 > 0$ ,  $\omega \geq \omega_c^*$ )



adaptivitás miatt. A magas amortizációs nagyság miatt azonban az adaptivitás nem növekszik, hanem csökken, így nem az (i) esetben bemutatott „átlendülés” következik be, hanem az adaptív képességek nullára csökkennek. Így innentől már a gazdaság egy új pályára áll, ami teljesen azonos a  $G_0=0$  esetben leírtakkal.

Az egyes paraméterek változása ebben az esetben mind a kezdeti stagnáló szakasz hosszát, mind pedig a kibocsátás hosszú távú egyensúlyi értékét befolyásolja, a korábbiakban leírtakkal analóg módon.

(iii) Ha az adaptivitás amortizációja kisebb a kritikus kezdeti értékénél, akkor az adaptivitás felhalmozása hosszú távon lehetséges. Nem meglepő módon ekkor a gazdaság a 2. ábrán láthatóval megegyező növekedés pályát ír le. Ennek nyilvánvaló oka, hogy (ebben az esetben) az amortizáció ugyan lassítja, de nem állítja meg az adaptív képességek felhalmozását, így a mechanizmusok ugyanazok maradnak, mint a korábban leírt (i) esetben.

Az egyes paramétereket, valamint a kezdeti értéket változtatva is az (i) esetben bemutatott eredményeket kapjuk, ezeket itt nem ismételjük meg.

### Összegzés

A tanulmányban egy olyan gazdaság modellezésére került sor, amelyben a technológiai fejlődés mellett a munkaerő adaptív képessége, vagyis a változó környezeti körülményekhez történő alkalmazkodási képessége a gazdaság hosszú távú növekedési pályáját jelentősen befolyásolja.

A bemutatott eredmények több szempontból is érdekesek. Egyfelől megerősíthető Iyigun és Owen (é.n.)

azon következtetése, hogy a technológiai fejlődés és az adaptivitás együttes hatását vizsgálva kimutatható egy szegénységi csapda, amelyből a gazdaság önerőből nem képes kitörni. Ez a csapda alacsony adaptivitással és alacsony kibocsátással jellemezhető, s ezt az esetet szemlélteti modellünknek az adaptivitás nélküli változata. Ugyanakkor a csapda itt nem a kibocsátás alacsony növekedési ütemében jelenik meg (a növekedés igen magas is lehet a kezdeti időben), hanem a növekedés korlátozottságában: ebben az esetben hosszú távon nem érhető el gazdasági növekedés.

A modell keretei között ahhoz, hogy a gazdaság hosszú távon növekedjen, valamilyen minimális szintű adaptivitásra van szükség. Ennek hiányában nincsen kutatás-fejlesztés, nincsen innováció és így hiányzik a hosszú távú növekedés motorja. Ha azonban a munkaerő képes alkalmazkodni a változó környezeti körülményekhez, akkor megindulhat a technológiai fejlődés, és ezáltal a gazdaság hosszú távú növekedése biztosított.

A modell rámutat arra is, hogy a hosszú távú növekedést rövidebb-hosszabb ideig tartó stagnálás (vagy recesszió) előzi meg. Ez alatt az időszak alatt, a lassú változások hatására a munkaerőben kifejlődik az a szintű adaptivitás, amely ahhoz szükséges, hogy a felgyorsuló technológiai fejlődéshez is képes legyen gyorsan alkalmazkodni. A stagnálást az váltja ki, hogy a technológiai szint néhány lépéssel mindig az emberi tőke előtt jár, s ezért az újítások alkalmazása egy ideig nem hatékony.

A bemutatott modell egy lehetséges kiterjesztése lehet a TFP endogén változóvá tétele: a nem megtestesült technológiai haladás beépítése hosszú távon ellensúlyozhatja a megtestesült technológiai haladás (6) egyenlet által kifejezett korlátozottságát.

### Felhasznált irodalom

- Acemoglu, D. (1998): Why Does New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *Quarterly Journal of Economics* 113 (4), 1055-1089.
- Aghion, P. – Howitt, P. (1992): A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60, 323-351.
- Basu, S. – Weil, D. N. (1998): Appropriate Technology and Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 113 (4), 1025-1054.
- Bils, M. – Klenow, P. J. (1994): Does Schooling Cause Growth? *American Economic Review*, 90 (5), 1160-1183.
- Grossman, G. M. – Helpman, E. (1991): Quality ladders in the theory of growth. *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Iyigun, M. F. – Owen, A. L. (év nélkül): Experiencing Change and the Evolution of Adaptive Skills. Implications for economic Growth. *European Economic Review*, megjelenés alatt
- Iyigun, M. F. – Owen, A. L. (1999): From indoctrination to the culture of change: technological progress, adaptive skills, and the creativity of nations. *International Finance Discussion Papers* 642, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.)
- Kosempel, S. (2004): A Theory of Development and Long Run Growth. *Journal of Development Economics*, 75, 201-220.

- Mokyr, J. (1992): Technological Inertia in Economic History. *Journal of Economic History*, 52 (2), 325-338.
- Schultz, T. W. (1975): The Value of the Ability to Deal With Disequilibria. *Journal of Economic Literature*, 13 (3), 827-846.
- Solow, R. M. (1956): A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65-94.

## Lábjegyzetek

- <sup>1</sup> Modellünkben diszkrét időt veszünk alapul, azaz a periódus-  
elemzés módszerét használjuk. Ennek megfelelően a futóindex  
mindenkor a  $t$ -edik periódust jelöli.
- <sup>2</sup> A minőségi szintekről lásd még: Grossman és Helpman (1991).
- <sup>3</sup> Az emberi tőke és a technológiai szint összefüggéseit később  
részletesebben tárgyaljuk.
- <sup>4</sup>  $\tau$  meghatározásáról később lesz szó.
- <sup>5</sup> Ellentétben a K+F ráfordítások determinisztikus hatásával,  
Iyigun és Owen (é.n.) modelljében a kutatás-fejlesztésre fordít-  
ott források a technológiai szint javulásának *valószínűségét*  
befolyásolják. A technológiai haladás ebben az esetben nem bi-  
zonyos, de mivel a bizonytalan profitkilátásokat ekkor várható  
értékükön vesszük figyelembe, a kapott eredmények hasonlóak.
- <sup>6</sup> Kosempel (2004) ezt úgy értelmezi, hogy a technológiai fejlődés  
új lehetőségeket nyit meg a tanulásra. Amíg a technológiai szint  
állandó (és az emberi tőke állománya ehhez a szinthez alkal-  
mazkodott), addig nem csak a humán tőke határtermelékeny-  
ségének szintje nem jelent ösztönzést, hanem az ismeretek bőví-  
tésének lehetősége is hiányzik.
- <sup>7</sup> Természetesen kérdéses, hogy az oktatási rendszer valóban ren-  
delkezik-e a fenti tulajdonságokkal. Erről a kérdéstről lásd: Iyigun és Owen (1999).
- <sup>8</sup> Eltérően a tőkeállomány esetében megszokottól, az amortizáció  
itt nem az adaptivitás adott értékének egy hányada, hanem min-  
den esetben fix nagyság. Ennek oka, hogy az adaptivitás nem  
elhasználódik, hanem „felejtődik”.

- <sup>9</sup> A (8) formula hiányossága, hogy nem veszi figyelembe azt az  
összefüggést, miszerint, ha nincs is emberi tőke beruházás, de a  
technológia fejlődik, úgy az adaptivitás ugyan nem növekszik,  
de a változó környezet hatására nem is amortizálódik. E feltétel  
matematikai megfogalmazása modellünket csak bonyolítaná és  
az eredményekre nem gyakorolna érdemi hatást.
- <sup>10</sup> Helytakarékosságból nem írjuk fel az explicit egyenleteket  
(ezekre nem is lesz szükség). Könnyen belátható, hogy mivel  $Y_t$   
valamint  $r_t$  a felsorolt változók ( $R_t, H_t, G_t, K_t$ ) függvényei, (10)-et  
és (11)-et a (6)-(8) és (11) egyenletekbe helyettesítve a (6')-(8'),  
(11') dinamikus rendszer adódik.
- <sup>11</sup> Könnyű belátni, hogy a  $G_0 = 0$  eset kisebb módosításokkal meg-  
egyezik a Solow-féle növekedési modellel (Solow, 1956) Az  
emberi tőke állománya könnyen értelmezhető a Solow-modell  
munkaerő-állományaként, amely ez esetben konstans. A techno-  
lógiai szint szintén változatlan, s mivel a fogyasztási hányad exo-  
gén adottság,  $r_t = 0$  miatt a megtakarítási hányad is minden periódusban  
azonos. Így a fenti eset a Solow-modell legegyszerűbb  
esetével ekvivalens, s dinamikája megegyezik az ott leírtakkal.
- <sup>12</sup>  $Y_0$  és  $K_0$  között az összefüggés triviális, míg a hosszú távú egyen-  
súly esetében nyilvánvaló, hogy azt nem a fizikai tőkeállomány  
kezdeti nagysága, hanem az amortizáció miatt egyre növekvő  
pótlási szükséglet határozza meg.
- <sup>13</sup>  $\omega_t^*$  értéke a modell paramétereitől és az aktuális állapottól ( $H_t,$   
 $Q_t, G_t, K_t$ ) függ. Pontos meghatározására itt nem térünk ki.
- <sup>14</sup> Az alacsony adaptivitás az emberi tőke állományának lassú al-  
kalmazkodását eredményezi az induláskor, összhangban a (7)  
egyenlettel.
- <sup>15</sup> Az eredmények lényegileg nem módosulnak, ha az emberi tőke  
teljes alkalmazkodásához az adaptivitás lehetséges maximumá-  
nál kisebb értékre van szükség, vagyis ha a (7) egyenlet  $\Delta H_t =$   
 $(G_t/G^*) (\Delta Q_t)$  alakú, ahol  $G^* < G$ .
- <sup>16</sup> Itt ismét fel kell vetnünk azt a kérdést, hogy ha létezik technoló-  
giai fejlődés, akkor az adaptivitás amortizálódik-e vagy sem?  
Elméleti lehetőségként fenntartva az amortizáció lehetőségét az  
elemzés teljessége érdekében bemutatjuk ezt a lehetőséget is.

## E számunk szerzői

**BÉLYÁ CZ Iván**, egyetemi tanár, akadémikus, a PTE Gazdálkodástani Doktori Iskola vezetője; **SEBESTYÉN Tamás**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **BEDŐ Zsolt** PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **BALLA Andrea**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **TULIPÁN Ágnes**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **HACKLER János**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **DEUTSCH Nikolett**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **DUDÁS Katalin**, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **KOVÁCS Kármén**, okleveles közgazdász, PhD hallgató, PTE – KTK Gazdálkodástani Doktori Iskola; **BERÁCS József**, egyetemi tanár, az MTA doktora, Budapesti Corvinus Egyetem; **Nicolas PAPADOPOULOS**, egyetemi tanár, Eric Sprott School of Business Carleton University, Ottawa, Canada; **Irfan BUTT**, egyetemi tanár, Eric Sprott School of Business; Carleton University, Ottawa, Canada; **Christoph BURMANN**, egyetemi tanár, Head of the Chair for innovative Brand Management (LiM), University of Bremen; **Philip MALONEY**, assistant professor, Chair for innovative Brand Management (LiM) University of Bremen; **Peeter W. J. VERLEGH**, egyetemi tanár, RSM / Erasmus University Rotterdam, The Netherlands; **SZABÓ Katalin**, egyetemi tanár, Budapesti Corvinus Egyetem.