Alkalmazott Matematikai Lapok **37** (2020), 181–194.
DOI: 10.37070/AML.2020.37.2.04

TECHNIKAI HALADÁS A KÖZEPES FEJLETTSÉG CSAPDÁJÁBAN

BESSENYEI ISTVÁN

Azt vizsgáljuk, hogy egy kevésbé fejlett gazdaság miként kerülhet ki a közepes fejlettség csapdájából, s juthat el a fejlett gazdaságokra jellemző, stabil növekedési pályára. A termelési lehetőségek modellezéséhez mindenekelőtt megkonstruálunk egy a csapdahelyzet megjelenítésére alkalmas termelési függvényt. Bevezetve ezt a neoklasszikus növekedési modellbe, számba vesszük a csapdahelyzetből történő kikerülést akadályozó tényezőket. Szakítva a főáramú közgazdaságtannal, szemügyre vesszük, hogy a bevezetett termelési függvény miként alapozható meg a lineáris tevékenységelemzés modelljében. Ezáltal lehetővé válik annak tisztázása, hogy milyen jellegű technikai haladás vezeti ki a növekvő gazdaságot a közepes fejlettség csapdájából. A cikk legfontosabb eredménye annak megmutatása, hogy a csapdahelyzetből való kikerüléshez nem a legfejlettebb gazdaságokban alkalmazott termelési technológiák fejlesztésére van szükség, hanem azon kevésbé korszerű termelési alapeljárásokat kell fejleszteni, melyek elérését a közepes fejlettség csapdájában működő vállalatok számára a mindenkor rendelkezésre álló beruházási források reálisan lehetővé teszik.

1. Gazdasági növekedés és a közepes fejlettség csapdája a neoklasszikus alapmodellben

Jelölje Y a GDP nagyságát, K a termelés rendelkezésére álló tőke, L pedig a munka mennyiségét! Ezek időben változó, rendszerint növekvő nagyságok. Azt a tényt azonban, hogy ezek az idő függvényei, az egyszerűbb írásmód érdekében, általában nem jelöljük. Ekkor a gazdaság rendelkezésére álló termelési technológiát az $Y = F(K, L)$ termelési függvény írja le. Reális és a főáramú közgazdaságtannal megegyező feltevés, hogy $\frac{\partial F}{\partial K}, \frac{\partial F}{\partial L} > 0$ és $\frac{\partial^2 F}{\partial K^2}, \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0$. A neoklasszikus alapmodell fölteszi továbbá, hogy a GDP konstans, s hányada kerül megtakarításra, és minden megtakarítás automatikusan beruházássá válik, azaz a tőkeállományt növeli. Ekkor a tőke mozgásegyenlete: $\dot{K} = \frac{dK}{dt} = s \cdot Y - \delta \cdot K$, ahol δ a tőkejavak amortizációs rátája. Feltesszük továbbá, hogy a gazdaság rendelkezésére álló munka mennyisége demográfiai tényezők által meghatározott γ exogén konstans ráta szerint növekszik, azaz $\hat{L} = \frac{\dot{L}}{L} = \gamma$.[1]

Követve a főáramú közgazdaságtant feltesszük, hogy a technikai haladás a munka hatékonyságát növeli, ezért bevezetjük a hatékonysági egységekben mért munka jelölésére az $\bar{L}$ szimbólumot. Feltesszük azt is, hogy a technikai haladás a gazdaság egyéb történéseitől független, exogén folyamat, mely a munka hatékonyságát μ konstans ráta szerint növeli, így $\gamma = 0$ esetén $\hat{\bar{L}} = \mu > 0$. Ha $\mu > 0$, akkor a termelési technológiát az $Y = F\left(K, \bar{L}\right)$ termelési függvénnyel írjuk le. Vegyük észre, hogy amennyiben $\dot{K} = 0$ és $\dot{L} = 0$, akkor $\mu > 0 \;\Rightarrow\; \dot{Y} > 0$.

Gyakran definiálják a technikai haladást a fenti észrevétel felhasználásával úgy, hogy változatlan tőke és munkafelhasználás mellett nő a kibocsátás. Mi azonban ezt nem tesszük, mert a következő szakaszban egy másik definíciót adunk.

Bevezetünk egy olyan változót, melynek értéke az egyensúlyi növekedési pályán konstans:

1.1. Definíció. Hatékony tőkeintenzitásnak nevezzük a $\bar{k} = K/\bar{L}$ hányadost.

Tovább követve a főáramú közgazdaságtant feltesszük, hogy az $Y = F\left(K, \bar{L}\right)$ függvény mindkét változójában lineárisan homogén, ekkor felírható a következő, intenzív forma: $\bar{y} = \frac{Y}{\bar{L}} = F\left(\frac{K}{\bar{L}}, 1\right) = f\left(\bar{k}\right)$.

1.1. Tétel. *(Solow [14]) A hatékony tőkeintenzitás mozgásegyenlete:*

$$\dot{\bar{k}} = s \cdot f\left(\bar{k}\right) - (\mu + \gamma + \delta)\bar{k} \tag{1}$$

1.2. Definíció. Akkor mondjuk, hogy a gazdaság egyensúlyi növekedési pályán van, ha $\dot{\bar{k}} = 0$.

Legyen az egységnyi munkára eső kibocsátás, illetve tőke $y = \frac{Y}{L}$, illetve $k = \frac{K}{L}$, az életszínvonal indikátoraként is értelmezhető, egységnyi munkára eső fogyasztás pedig: $c = \frac{(1-s)Y}{L} = \frac{C}{L}$. Ekkor:

1.1. Következmény. *Egyensúlyi növekedési pályán $\hat{Y} = \mu + \gamma$, továbbá $\hat{y} = \hat{k} = \hat{c} = \mu > 0$.*

Az utóbbi időben tapasztalható demográfiai folyamatok következtében számos gazdaságban $\gamma < 0$ áll fenn. Ebből azonban csakis abban az esetben következik $\hat{Y} \leq 0$, ha az exogén technikai haladás nem elég gyors ütemű, azaz $\mu \leq -\gamma$. A gazdasági növekedés demográfiai folyamatok általi meghatározottságát γ és μ endogenizálása mellett Jones [8] tanulmánya vizsgálja.

Az egyensúlyi növekedési pálya egzisztenciájának, unicitásának és stabilitásának vizsgálatához szükségünk lesz az alábbi definícióra:

[1] A változó fölé írt pont annak idő szerint vett deriváltját, a kalap pedig a növekedési rátáját jelenti.

1.3. Definíció. (Inada [7]) Akkor mondjuk, hogy az $f\left(\bar{k}\right)$ intenzív termelési függvény jól viselkedő, ha

1. $\forall \bar{k} \geq 0: \; f'\left(\bar{k}\right) > 0$ és $f''\left(\bar{k}\right) < 0$.
2. $\lim_{\bar{k}\to\infty} f'\left(\bar{k}\right) = 0$ és $\lim_{\bar{k}\to 0} f'\left(\bar{k}\right) = \infty$
3. $f(0) = 0$ és $\lim_{\bar{k}\to\infty} f\left(\bar{k}\right) = \infty$

1.2. TÉTEL. *(Burmeister és Dobell [5]) Ha az $f\left(\bar{k}\right)$ intenzív termelési függvény jól viselkedő, akkor fennáll az egyensúlyi növekedési pálya egzisztenciája, unicitása és stabilitása*[2].

Könnyen ellenőrizhető, hogy $0 < \alpha < 1$ esetén az

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot \bar{L}^{1-\alpha} \tag{2}$$

Cobb-Douglas típusú termelési függvényből levezethető $\bar{y} = A \cdot \bar{k}^{\alpha}$ intenzív termelési függvény jól viselkedő. Ugyanakkor már Solow [14] cikke bemutatta az intenzív termelési függvény több olyan lehetséges formáját, melyek esetén az egyensúlyi növekedési pálya egzisztenciája, unicitása, vagy stabilitása nem áll fenn. Cikkünk szempontjából a több egyensúlyi növekedési pálya létezésének esete a legfontosabb.

1.4. Definíció. Ha a $\bar{k}_1 < \bar{k}_2 < \ldots < \bar{k}_m$ hatékony tőkeintenzitásokra az (1) differenciálegyenlet szerint $\dot{\bar{k}} = 0$, akkor a $\bar{k}$ legalacsonyabb értékéhez tartozó, stabil növekedési pályát a közepes fejlettség csapdájának nevezzük.

1.2. KÖVETKEZMÉNY. *A közepes fejlettség csapdájában $\hat{y} = \mu > 0$ csakúgy, mint bármelyik másik egyensúlyi növekedési pályán. Csakhogy a közepes fejlettség csapdájába ragadt gazdaságban az egy főre eső GDP és fogyasztás alacsonyabb és a lemaradás szintén a technikai haladás rátája által meghatározott, μ ütemben növekszik.*

Megjegyzendő, hogy az elnevezés tekintetében az irodalom nem egységes. Erről tanúskodik például Nelson [11] cikke, mely a lehetséges okokat is részletesen vizsgálja, vagy az a tény, hogy Snowdon [15] szegénységi csapdának nevezi. Jelen tanulmány az elnevezést a Magyar Nemzeti Bank [10] Növekedési Jelentéséből vette át. E jelentés idézi Agénor és Canuto [1] cikkét, melyben a szerzők megmutatták, hogy a közepes fejlettség csapdája a neoklasszikus növekedési modellnél kifinomultabb együttélő nemzedékek modelljében is megjelenhet. Maradva az eddigiekben ismertetett modell keretei között, a (2) termelési függvényből kapott $\bar{y} = A \cdot \bar{k}^{\alpha}$ intenzív termelési függvény helyett most egy olyan intenzív termelési függvényt

[2] Ebben a tanulmányban stabilitáson mindig lokális aszimptotikus stabilitást értünk.

vezetünk be, mely lehetővé teszi a közepes fejlettség csapdájának megjelenítését. Legyen ez az intenzív termelési függvény az alábbi:

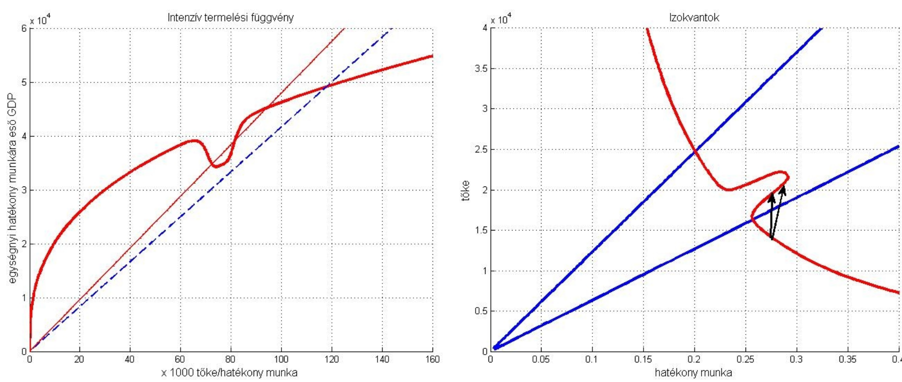
$$f\left(\bar{k}\right) = A \cdot \left[\bar{k}^{\alpha} - \frac{b}{c + \left(d \cdot \bar{k} - \bar{k}_0\right)^{2n}}\right], \tag{3}$$

ahol b, c, d, $\bar{k}_0 > 0$ paraméterek, és n természetes szám. Könnyű látni, hogy $b \to 0$ esetén a (3) függvény a (2)-ből adódó $\bar{y} = A \cdot \bar{k}^{\alpha}$ formához tart, és ugyanaz a helyzet, ha $\left|\bar{k} - \frac{\bar{k}_0}{d}\right| \to \infty$. Utóbbi esetben a konvergencia annál gyorsabb, minél nagyobb n.

Az (1) differenciálegyenletbe $\hat{\bar{k}} = 0$-t helyettesítve kapjuk, hogy egyensúlyi növekedési pályán az

$$f\left(\bar{k}\right) = \frac{\mu + \gamma + \delta}{s}\bar{k} = g\left(\bar{k}\right) \tag{4}$$

egyenlőségnek kell fennállnia, ahol a lineáris $g\left(\bar{k}\right)$ függvényt csupán az egyszerűbb hivatkozás érdekében vezettük be. Az 1.2. tétel szerint az $f\left(\bar{k}\right) = A \cdot \bar{k}^{\alpha}$ intenzív termelési függvény jól viselkedő volta biztosítja az egyensúlyi növekedési pálya egzisztenciáját, unicitását és stabilitását. A (3) intenzív termelési függvény bevezetése esetén azonban nem teljesül az 1.3. definícióban adott 1. feltétel, így az egyensúlyi növekedési pálya unicitása nem biztosított. Ezt mutatja be az 1. ábra bal oldala, ahol a (4) egyensúlyi feltétel bal oldalán álló (3) intenzív termelési függvényt és a jobb oldalon álló, lineáris $g\left(\bar{k}\right)$ függvényt tüntettük fel. Utóbbit szaggatott vonallal a fejlettebb gazdaságokra jellemző magasabb megtakarítási hányad mellett, folytonos vonallal pedig s kevésbé fejlett gazdaságokra jellemző, alacsonyabb értéke esetén.



1. ábra

Tekintsük most azt, az ábra bal oldalán bemutatott esetet, amikor a (4) feltétel a hatékony tőkeintenzitás $\bar{k}_1 < \bar{k}_2 < \bar{k}_3$ értékei mellett teljesül! Az (1) differenciálegyenletből következik, hogy ha $f\left(\bar{k}\right) > g\left(\bar{k}\right)$, akkor $\bar{k}$ növekszik, ellenkező esetben csökken. Így a $\bar{k}_1$ melletti, stabil fixponthoz tartozó egyensúlyi pályán növekvő gazdaság a közepes fejlettség csapdájában van. Az ábrán a meredekebb egyenes és az $f\left(\bar{k}\right)$ függvény paramétereinek kalibrálása során egy a közepes fejlettség csapdájában lévő (magyar) és egy fejlettebb, (osztrák) gazdaságra jellemző értékeket vettünk alapul. Ennek megfelelően a $\left(\bar{k}_1,\, f\left(\bar{k}_1\right)\right)$ értékek a közepes fejlettség csapdájában lévő, míg a $\left(\bar{k}_3,\, f\left(\bar{k}_3\right)\right)$ értékek a fejlettebb gazdaság egyensúlyi növekedési pályáját határozzák meg (Pl: $y_3(t) = f\left(\bar{k}_3\right) e^{\mu t}$). Feltételeztük továbbá, hogy egyik gazdaság sincs egyensúlyi növekedési pályán, de a stabilitás miatt mindkettő közelíti azt. Figyelembe véve az 1.2. következményt, azt vizsgáljuk, miként kerülhet ki a közepes fejlettség csapdájába ragadt gazdaság ebből a helyzetből, s növelheti a hatékony tőkeintenzitás egyensúlyi értékét $\bar{k}_3$-ra. Ennek során azt használjuk ki, hogy az (1) differenciálegyenlet által előírt dinamikus rendszer bifurkál. Adottnak tekintve a termelési technológiát, a (4) feltételben szereplő $g\left(\bar{k}\right)$ függvény paramétereit kell megvizsgálni, hisz ezek az 1. ábra bal oldalának tanúsága szerint bifurkációs paraméterek. Célunk a fixpontok számának $g'\left(\bar{k}\right)$ mérséklése révén történő csökkentése. Erről az alábbiakat mondhatjuk:

s növeléséhez a fogyasztás visszafogására lenne szükség, ami politikai szempontból nehezen vállalható már csak azért is, mert mint azt például Romer [13] megmutatja, a megszorítások eredménye csak több évtized elteltével várható.

δ műszaki-technológiai feltételek által meghatározott, csökkentésére a szakpolitikáknak nincs lehetőségük.

γ csökkentése alkalmas népesedéspolitikai intézkedések révén lehetséges, ez azonban a népesség további elöregedését vonná maga után, ezért nem járható út.

μ csökkentése a technikai haladás lassítását jelenti, ami az 1.2. Következmény szerint az egy főre eső GDP és fogyasztás egyensúlyi növekedési rátáját csökkentené.

Ezek szerint a közepes fejlettség csapdájából $g'\left(\bar{k}\right)$ csökkentése révén történő kikerülés súlyos nehézségekbe ütközik. Felmerül ugyanakkor a kérdés, hogy vizsgálódásainkat nem korlátozza-e az a főáramú közgazdaságtanból átvett megközelítés, mely a termelési technológiát a (2) termelési függvény segítségével írja le. Ez esetben ugyanis az exogén technikai haladás nem jelent egyebet, mint azt, hogy a folyamat az $Y = F(K, L)$ termelési függvény teljes felületét az alapsíktól folyamatosan egyre távolabbra, egyre feljebb tolja. Feladva ezt a koncepciót, a következő szakaszban a technikai haladást egymást követő technológiai sokkok sorozataként fogjuk értelmezni.

2. A technikai haladás iránya

A jelen szakaszban feltesszük, hogy $\mu = 0$, s a technikai haladást más módon fogjuk megjeleníteni. Mindenekelőtt jegyezzük meg, hogy $\mu = 0$ esetén $\bar{k} = \frac{K}{\bar{L}} = \frac{K}{L} = k$, ezért a továbbiakban az egyszerűbb jelölést alkalmazzuk. Folytatva annak tisztázásával, hogy az irodalomban szokatlan (3) függvény alkalmazása – túl azon, hogy céljainknak megfelel – miként indokolható, a technológiai sokk főáramú közgazdaságtantól némileg eltérő értelmezése szükséges:

2.1. Definíció. Technológiai sokkról akkor beszélünk, ha a termelési technológiát az $y = A \cdot f(k)$ termelési függvény helyett az

$$y = A \cdot \left[f(k) + \frac{b}{c + (d \cdot k - k^0)^{2n}} \right] \tag{5}$$

intenzív termelési függvénnyel írhatjuk le, ahol $b \neq 0$, c, $d > 0$, n pedig természetes szám. Pozitív technológiai sokk esetén $b > 0$, negatív technológiai sokk esetén fordított a helyzet.

A sokkot tehát a szögletes zárójelben álló második tag reprezentálja. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a definícióban nem kötöttük ki, hogy $f(k)$ jól viselkedő. A $k^0 > 0$ paraméter azt a tőke/munka arányt reprezentálja amelyik esetén a technológiai sokk hatása a legerősebb.

Atkinson és Stiglitz [2] nyomán feltesszük, hogy a technikai haladás egymást véletlenszerűen követő technológiai sokkok eredményeként megy végbe. Ezek során az (5) függvény b, c, d, j és k^0 paraméterei véletlen változók. Ekkor az 1.1. következmény empirikusan nem igazolható, tény azonban, hogy $\hat{k} > 0$. Hogy ez továbbra is teljesüljön, szükséges feltenni, hogy $E(b) > 0$, azaz várhatóan több és/vagy erősebb a pozitív sokk, mint a negatív. Feltesszük, hogy az esetek többségében olyan termelési eljárások fejlődnek, melyek alkalmazása épp az aktuális tőke/munka arány mellett történik. Mivel hosszabb időhorizonton k növekedése empirikusan igazolható[3], reális feltevés, hogy a technológiai sokkok által legerősebben érintett tőke/munka arány növekvő tendenciát mutat. Ezzel szemben a magyar gazdaság számára jelenleg elérhető műszaki technológiai színvonal szempontjából két nagyobb technológiai sokknak van meghatározó jelentősége:

(i) A tervezett gazdaság évtizedei során az értelmiség bérmunkásként történő kezelése nem támogatta, esetenként kifejezetten meggátolta a termelési technológiák fejlesztését, vagy a fejlettebb technológiák külföldről történő átvételét. Másrészt mivel a vállalatok költségvetési korlátja puha volt, Kornai [9] szerint azok erőforrásigénye majdnem kielégíthetetlen mértékűre duzzadt. A termelési erőforrások halmozása pedig gyakran műszaki szempontból nem hatékony technológiák alkalmazásához vezetett.

[3]Például Barro és Sala-i.Martin [3].

(ii) A rendszerváltást követő fejlesztések jelentős része pályázati forrásokból történt, ami Bessenyei [4] szerint gyakran szuboptimális tőkestruktúrát eredményezett, ugyanakkor megnyílt a lehetőség a fejlett piacgazdaságokban már régóta alkalmazott, korszerű termelési technológiák átvételére.

A fenti tényezők együttesen eredményezték a (3) intenzív termelési függvénnyel leírható technológiai feltételek kialakulását. Időközben a technikai haladás folyamata lelassult[4], a pozitív technológiai sokkok egyre ritkábbak, a klímaváltozás és az ennek lassítására tett erőfeszítések pedig egyre több negatív technológiai sokkot eredményeznek, így a (3) intenzív termelési függvény megmerevedni látszik.

A mikroszinten jelentkező következmények felméréséhez szükségünk lesz az 1. ábra bal oldalán bemutatott intenzív termelési függvény alapjául szolgáló termelési függvény szinthalmazainak, vagy izokvantjainak vizsgálatára. $\mu = 0$ esetén az (3) intenzív termelési függvény az alábbi termelési függvényből származik:

$$Y = F(K, L) = A \cdot \left[K^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha} - \frac{b \cdot L}{c + \left(d \cdot \frac{K}{L} - k_0\right)^{2n}} \right].$$

2.1. Következmény. *A technológiai sokk az $Y = F(K, L)$ termelési függvénynek csupán egy darabját tolja el $\epsilon \neq 0$-nál jelentősebb mértékben.*

Ennek a függvénynek egy izokvantját, azaz szinthalmazát mutatja be az 1. ábra jobb oldala. Mivel termelési függvényünk homogén, az izokvantok egymáshoz hasonlóak, a hasonlóság középpontja pedig az origó. Az ábrán elhelyezett nyilak jól mutatják, hogy a közepes fejlettség csapdájában lévő gazdaságra jellemző, alacsonyabb $k_1 = K/L$ arány esetén nem feltétlenül érdemes a tőkeállományt bővíteni, mert előfordulhat, hogy a bővítés eredményeként a termelés nem növekszik. Mint látható, ez még abban az esetben is igaz lehet, ha a tőkeállomány bővítését a mellette felhasznált munka mennyiségének növelése kíséri. És az empirikus adatok arról tanúskodnak, hogy a hazai vállalatok (elsősorban a nemzeti tulajdonban lévő közepes és kisvállalatok) ténylegesen tartózkodnak is a tőkeállomány bővítésétől.[5] Pedig az (1) differenciálegyenlet szerint csakis ennek révén kerülhet ki a gazdaság a közepes fejlettség csapdájából.

A továbblépéshez szemügyre kell vennünk, hogy milyen mélyebb technológiai adottságok húzódnak meg a (3) intenzív termelési függvény mögött. A lineáris tevékenységelemzés modelljének felhasználásával Zalai [17] megmutatja, hogy a folytonos $F(K, L)$ termelési függvény koncepciója az alábbi parametrikus lineáris programozási problémán alapul:

$$Y = \sum_{i=1}^{m} x_i \to \max \tag{6}$$

[4] Ennek okait részletesebben veszi számba Williamson [16].
[5] A jelenség további okait elemzi Parente és Prescott [12].

feltéve, hogy $\mathbf{x} \geq 0$, és

$$\mathbf{R}\mathbf{x} = \begin{pmatrix} K \\ L \end{pmatrix}. \tag{7}$$

Feltesszük, hogy a kibocsátás m különféle technológiai alapeljárás alkalmazása révén állítható elő. Mivel aggregált modellünkben csupán egyetlen fajta végtermék, a GDP kerül előállításra, az egyes alapeljárások x_j-vel jelölt alkalmazási szintjét mérhetjük az általuk előállított végtermék mennyiségével. Az $\mathbf{R} \in \Re^{2\times m}$ mátrix egyes oszlopai az egyes alapeljárások egységnyi alkalmazási szinten történő működtetésének tőke-, illetve munkaigényét, azaz a tőke és munkakoefficienseket tartalmazzák. Az egyenlőségfeltétel szerepeltetését a fenti (ii) pontban említett szuboptimális tőkestruktúra mellett, elsősorban az (i) pontban említett halmozási tendencia indokolja. Az egyszerűbb tárgyalásmód érdekében rendezzük az $\mathbf{R}$ mátrix oszlopait úgy, hogy $\frac{r_{21}}{r_{11}} \leq \frac{r_{22}}{r_{12}} \leq ... \leq \frac{r_{2m}}{r_{1m}}$ teljesüljön!

Az 1. ábra jobb oldala arról tanúskodik, hogy számos, műszaki szempontból nem hatékony alapeljárás is létezik. Ezek azonos kibocsátást több tőke, vagy munka felhasználása révén állítanak elő, mint a műszaki szempontból hatékony alapeljárások. A közepes fejlettség csapdájának fennállása esetén ezekre teljesül, hogy: $k_3 < \frac{r_{2i}}{r_{1i}} < k_3$. E vállalatok működtethetnek ugyan műszaki szempontból hatékony, és nem hatékony alaptechnológiákat is, de amennyiben a termelés rendelkezésére álló kapacitásokat teljes mértékben kihasználják, a (6) célfüggvény nem teszi lehetővé, hogy meglévő termelési erőforrásaikat k_1-nél magasabb tőke/munka arány mellett alkalmazzák.

Megmutatható (pl: Zalai [17]), hogy a (6)-(7) problémának minden nemnegatív K-ra és L-re egy és csak egy megoldása van. Ezt használja ki az alábbi definíció:

2.2. Definíció. Legyenek K és L a (6)-(7) lineáris programozási probléma paraméterei, ekkor az $Y = F(K, L)$ termelési függvény az optimális megoldások felhasználásával adódik.

2.2. Következmény. *A 2.2. definíció szerint kapott termelési függvény lineárisan homogén, így izokvantjai hasonlók, s a hasonlóság centruma az origó.*

A termelési függvény 2.2. definíciója lehetőséget teremt arra, hogy a technikai haladás fogalmát az alábbi definícióra alapozzuk:

2.3. Definíció. Akkor beszélünk a j-edik alaptechnológia fejlesztéséről, ha a (7) feltételben szereplő $\mathbf{R}$ mátrix r_{ij} eleme csökken.

Atkinson és Stiglitz [2] nyomán figyelembe vesszük egy alaptechnológia fejlesztésének más alaptechnológiákra gyakorolt kisugárzó hatásait is. Jó példa erre a mikroprocesszorok kifejlesztése, ami elsősorban a számítástechnikát érintette, de jelentős hatást gyakorolt például a telekommunikációra is. Feltesszük tehát, hogy egy alaptechnológia fejlesztése rendszerint további, hasonló paraméterekkel jellemezhető alaptechnológiák fejlődését is maga után vonja. Így a lineáris tevékenységelemzés modelljét alapul véve, a 2.1. definíciót az alábbival helyettesítjük:

2.4. Definíció. Pozitív technológiai sokkról akkor beszélünk, ha a (7) feltételben szereplő $\mathbf{R}$ mátrixot az $\tilde{\mathbf{R}}$ mátrix váltja fel olymódon, hogy

1. $\tilde{r}_{i,j} = \rho_0 r_{i,j}$ $(i = 1, 2)$, ahol $0 < \rho_0 < 1$,
2. $\tilde{r}_{i,j+k} = \rho_k r_{i,j+k}$, illetve $\tilde{r}_{i,j-k} = \eta_k r_{i,j-k}$, ahol $\eta_0 = \rho_0$ és a ρ_n és η_n sorozatok monoton növekedőek, továbbá $\rho_n, \eta_n \to 1$.

Azt mondjuk továbbá, hogy a pozitív technológiai sokk elsősorban a j-edik alaptechnológiát érintette.

Ezek szerint pozitív technológiai sokk esetén a sokk által elsősorban érintett alaptechnológia egységnyi szinten történő működtetésének tőke-, illetve munkaigénye a sokk előtti érték ρ_0 részére csökken. Ha a ρ_n, vagy η_n sorozatoknak nem mindegyik eleme 1, akkor a technológiai sokk nem csupán a j-edik alaptechnológiát érinti, hanem az $\mathbf{R}$ mátrix szomszédos oszlopai által reprezentált alaptechnológiákat is. Ebben az esetben az elsősorban a j-edik alaptechnológiát érintő sokk a ρ_n és η_n sorozatok által meghatározott mértékben a $j{\pm}1$, $j{\pm}2$, ... alaptechnológiákra is kisugárzik.

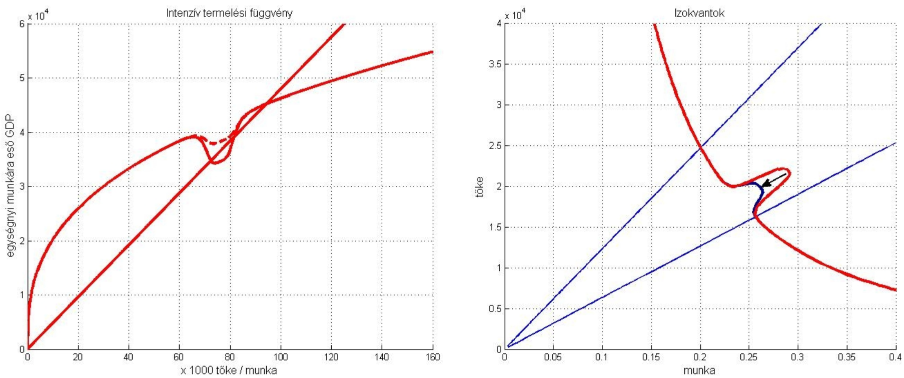
Hasonlóan értelmezhetjük a negatív technológiai sokkot, amennyiben $\rho_0 > 1$, és a ρ_n és η_n sorozatok monoton csökkenők. A sokk mértéke ekkor $1 - \rho_0$, az általa elsősorban érintett alaptechnológia javulásának (vagy romlásának) kisugárzását pedig a ρ_n és η_n sorozatok határozzák meg.

Érdemes felfigyelni rá, hogy technológiai sokk iménti értelmezése szerint $\dot{K} = 0$ és $\dot{L} = 0$ esetén a pozitív technológiai sokkból nem $\dot{Y} > 0$, csupán $\dot{Y} \geq 0$ következik. Abban az esetben marad a kibocsátás változatlan, ha a technikai haladás során egy olyan alapeljárás javul, melyet a vállalatok nem használnak. Jó példa erre a Trace Gas Orbiter űrszonda Mars körüli keringőegységében található egyik műszerhez az MTA Wigner FK kutatói által készített szoftver, ami kétségkívül jelentős technológiai fejlesztésnek tekintendő. Ugyanakkor ez a javulás a hazai vállalatok termelési technológiáját nem érinti, így változatlan tőke és munkafelhasználás mellett azok kibocsátása sem nő.

Szemügyre véve még egyszer az 1. ábrát úgy tűnik, hogy a közepes fejlettség csapdájából való kikerüléshez elegendő a műszaki szempontból nem hatékony alapeljárások fejlesztése. Valóban, az ilyen technológiákat leíró elemek nagyságát az 1. ábra alapjául szolgáló $\mathbf{R}$ mátrixban mintegy 1 - 7%-kal javítva megnyílik a kiút a csapdahelyzetből. Megmutatható ugyanis[6], hogy a 2.2. definíció alkalmazása esetén, amennyiben kevés alaptechnológia létezik, a termelési függvény szinthalmazai

[6] Pl: Zalai [17].

az origóra konvex poligonok. Nagyszámú alaptechnológia létezése esetén a poligonok töréspontjainak száma is növekszik, s azok mindinkább a 2. ábra jobb oldalán bemutatott görbét közelítik. Itt egyetlen izokvantot tüntettünk fel az említett technológiai fejlesztés előtt és azt követően. A technológiai fejlesztés eredményeként az izokvant egy darabja elmozdul, az elmozdulás irányát nyíllal jelöltük. Mint látható, a kismértékű ($\rho_0 = 0.93$) fejlesztést követően is maradnak műszaki szempontból nem hatékony alaptechnológiák, de a 2. ábra bal oldalán látható intenzív termelési függvény mégis elégséges mértékben tolódik el (Lásd annak szaggatottal jelölt darabját!) ahhoz, hogy az (1) differenciálegyenlet által leírt, neoklasszikus egyensúlyteremtő mechanizmus a gazdaságot a közepes fejlettség csapdájából a magasabb, k_3-as egyensúlyi tőke/munka arányhoz vezesse.



2. ábra

Eredményeinket az alábbi tétel foglalja össze:

2.1. Tétel. *Ha $k_1 < k_2 < k_3$ tőke/munka arányokkal jellemezhető egyensúlyi növekedéi pályák esetén a k_2 melletti pálya instabil, a másik kettő pedig stabil, akkor létezik olyan $\rho_0 < 1$ mértékű, és ρ_n, η_n kisugárzású pozitív technológiai sokk, melynek eredményeként egyetlen, stabil fixpont marad. Továbbá k^*-gal jelölve az ehhez tartozó tőke/munka arányt, $k_3 \leq k^*$.*

Az is látható a 2. ábrán, hogy a közepes fejlettség csapdájában megrekedt gazdaság számára már kiutat jelentő pozitív technológiai sokk mértéke abban az esetben a legkisebb (ρ_0 akkor lehet a legnagyobb), ha ez a sokk elsősorban a műszaki szempontból legkevésbé hatékony technológiai alapeljárást érinti. Ezt az alapeljárást tekinthetjük a közepes fejlettség csapdájának elhagyását eredményező technikai haladás legjobb irányának. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a legjobb irány követése nem mindig lehetséges. Ilyenkor célszerű olyan alaptechnológiát fejleszteni, melynek kisugárzása a legjobb irányt képviselő alapeljárásra maximális.

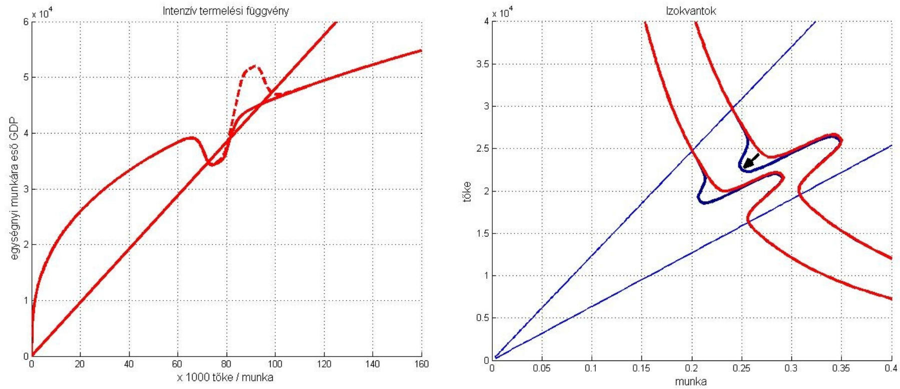
Figyelembe véve továbbá, hogy az (1) differenciálegyenlet bal oldalán álló változó az alkalmazkodás sebességét méri, az is látható, hogy az egy főre eső GDP annál gyorsabban növekszik, minél nagyobb az $f(k) - \frac{\gamma+\delta}{s}k$ különbség. Így a felzárkózási pálya kezdetén a növekedés gyors, majd lelassul, ezt követően ismét gyorsul, majd az immár egyetlen stabil fixponthoz közeledve egyre lassul.

3. Záró megjegyzések

Azt vizsgáltuk, hogy miként kerülhet ki egy gazdaság a közepes fejlettség csapdájából. Tanulmányunk egyik fő eredménye a (3) intenzív termelési függvény megkonstruálása, mely lehetővé teszi a csapdahelyzet neoklasszikus növekedési modellbe történő bevezetését. Ennek felhasználásával számba vettük a felzárkózás előtt álló nehézségeket. Másik fő eredményünket a 2.1. tétel mondja ki, melyet a (3) intenzív termelési függvény alapjául szolgáló lineáris tevékenységelemzési modell felírása révén kaptunk. Ezt felhasználva beazonosítottuk azokat a technológiai alapeljárásokat, melyek fejlesztése szükséges a közepes fejlettség csapdájából történő kikerüléshez. Azt találtuk, hogy ezek nem azok az alaptechnológiák, melyeket az utolérni szándékozott gazdaság alkalmaz, hanem annál alacsonyabb tőke/munka arány mellett működtethető, műszaki szempontból nem hatékony, ugyanakkor a közepes fejlettség csapdájában működő vállalatok számára reálisan elérhető eljárások.

A 3. ábrán bemutatjuk, mi történik abban az esetben, ha a technikai fejlesztés – eredményeinket figyelmen kívül hagyva – a legfejlettebb technológiákat érinti. A jobb megjelenítés érdekében ezúttal két izokvantot tüntettünk fel, mindegyiket két példányban, ugyanakkor nem jelöltük k_1, k_2 és k_3 egyensúlyi értékeit. A fejlesztés ezúttal is az izokvantok egy-egy darabjának origó irányába történő elmozdulását eredményezte. Az egyensúlyi növekedési pályát továbbra is a $g(k)$ egyenes és az $f(k)$ görbe metszéspontjai határozzák meg. Utóbbit a technikai fejlesztés előtt – a 2. ábrához hasonlóan – ezúttal is folytonos vonallal jelöltük, a technikai fejlesztés után pedig szaggatottal. Mint az ábra bal oldalán látható, a fejlesztés ellenére a gazdaság a közepes fejlettség csapdájában maradt.

Comin és Hobjin [6] tanulmánya szerint az új technológiák térhódítása az utóbbi évszázadok során felgyorsult. Míg a gőzhajózás széleskörű elterjedéséhez közel 120 év kellett, a mobiltelefon, vagy az MRI esetében kevesebb, mint fél évtizedre volt szükség. A jelen tanulmány fő következtetése ugyanakkor arra figyelmeztet, hogy egyes új technológiák, vagy az azokat hordozó termékek használatának gyors elterjedése ellenére, a közepes fejlettség csapdájában megrekedt gazdaságokban racionális számos elavult, műszaki szempontból nem hatékony technológiát is működtetni, és fejleszteni. Ezek hatékonyabbakkal történő felváltásához pedig szükséges az elégtelen tőkeállomány bővítése, melynek folyamatát az (1) differenciálegyenlet írja elő. Szakítva a főáramú közgazdaságtan által előszeretettel alkalmazott



3. ábra

jól viselkedő intenzív termelési függvény és a minden alapeljárást egyformán érintő technikai haladás koncepciójával, a tőkeállomány bővítése előtt álló akadályok láthatóvá válnak csakúgy, mint a közepes fejlettség csapdájából kivezető út.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Programja finanszírozta, a Pécsi Tudományegyetem 4. - A hazai vállalatok szerepének növelése a nemzet újraiparosításában - tématerületi programja keretében.

A szerző ezúton mond köszönetet a két anonim lektornak, akik gondos megjegyzéseikkel javítottak a cikken.

Hivatkozások

[1] Agénor, P. R. and Canuto, O.: *Middle-Income Growth Trap*, The World Bank, Policy Research Working Papers, 6210, (2012). DOI: 10.1016/j.rie.2015.04.003

[2] Atkinson, A. B. and Stiglitz, J. E.: *A New View of Technological Change*, Economic Journal, pp. 573-578 (1969). DOI: 10.2307/2230384

[3] Barro, R. and Sala-i-Martin, X.: *Economic Growth*, MIT Press, Cambridge, p. 12 (2004).

[4] Bessenyei I.: *Gazdasági növekedés és fenntarthatóság*, Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács, Műhelytanulmányok, Vol. **20** (2014).

[5] Burmeister, E. and Dobell, A. R.: *Mathematical Theories of Economic Growth*, Collier-Macmillan, New York pp. 25-29 (1970).

[6] Comin, D. A. and Hobjin, B.: *An Exploration of Technology Diffusion*, Harvard Business School Working Papers 08-093. (2008). DOI: 10.1257/aer.100.5.2031

[7] Inada, K.: *On a Two-Sector Model of Economic Growth: Comments and Generalization*, Review of Economic Studies, Vol. **30**, pp. 119-127 (1964). DOI: 10.2307/2295809

[8] Jones, C. I.: *The end of economic growth? Unintended Consequences of a declining population*, NBER Working Paper Series, 26651, (2020). DOI: 10.3386/w26651

[9] Kornai, J.: *A hiány I. Alkalmazkodás árak nélkül*, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 115-118. o. (1980).

[10] Magyar Nemzeti Bank: *Növekedési jelentés*, 44-47. o. (2018).

[11] Nelson, B. B.: *Growth Models and the Escape from the Equilibrium Trap: The Case of Japan*, Economic Development and Cultural Change, pp. 378-388 (1960).

[12] Parente, S. and Prescott, E.: *Barriers to the Riches*, MIT Press, Cambridge, MA, (2000). DOI: 10.1257/aer.89.5.1216

[13] Romer, D.: *Advanced macroeconomics*, McGraw-Hill Irwin, pp. 24-26 (2006).

[14] Solow, R. M.: *A Contribution to the Theory of Economic Growth.* Quarterly Journal of Economics, Vol. **70**, pp. 65-94 (1956). DOI: 10.2307/1884513

[15] Snowdon B: *The Solow model, poverty traps and the foregin aid debate*, History of political economy, Vol. **41**, pp 241-262 (2009). DOI: 10.1215/00182702-2009-026

[16] Williamson, S. D.: *Makroökonómia*, Osiris, Budapest, 213. o. (2009).

[17] Zalai, E.: *Matematikai közgazdaságtan I. Általános egyensúlyi modellek és mikroökonómiai elemzések*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 313-320. o. (2011).

1984-ben szerzett programozó matematikusi oklevelet a szegedi József Attila Tudományegyetemen, 1992-ben pedig közgazdász diplomát a pécsi Janus Pannonius Tudományegyetemen. PhD fokozatát 2003-ban szerezte a Pécsi Tudományegyetemen, értekezésének címe: A megtakarítások és gazdasági növekedés viszonyának néhány elméleti kérdése. Ugyanitt habilitált 2011-ben. 2010 óta a Szigma matematikai-közgazdasági folyóirat foszerkesztője. Pécsi egyetemi oktatómunkája mellett 2008 óta rendszeresen tanít a kolozsvári Babes-Bolyai Tudományegyetemen is. Nős, három felnőtt lánya van.

BESSENYEI ISTVÁN
Közgazdaságtan és Ökonometria Intézet
Gazdaságtudományi Kiválósági Központ
7622 Pécs, Rákóczi út 80. - B 110
bessenyei.istvan@ktk.pte.hu

TECHNICAL PROGRESS IN THE MIDDLE-INCOME GROWTH TRAP

István Bessenyei

This paper examines how a less developed economy can escape from the middle-income growth trap by achieving an another stable growth path with a higher level of GDP per capita. To represent the technical possibilities of this economy, first we construct a production function that is capable of representing also the case of the middle-income trap. Introducing this function in the neocalssical growth model, we point out the obstacles to emerge. In contrast to the mainstream economics, we examine how this production function derives from the linear activity analysis model. This way we can clarify the right direction of technical progress for to escape from the middle-level income trap. Our main finding is to show that the improvement of those basic production technologies which are used in the most developed economies will not set this economy on its way towards a higher level of GDP per capita. Bypassing the middle-income growth trap requires the improvement of some of the older, less capital intensive technologies that companies of this economy can access, taking into account also the investment sources.