

## ESTÓK ÉVA\*

### *Az innováció modelljének változása Rosenberg gazdaságtörténész elemzésein keresztül*

Dolgozatomban azt szeretném bemutatni, hogy hogyan és miért változott meg az innováció szakaszos modellje és alakult át az új, komplex, transzdiszciplináris megközelítést javasoló, az innováció ökológiai modelljébe. Mindezt **Nathan Rosenberg** gazdaságtörténész kérdésfelvetésein keresztül szeretném megvalósítani, amelyekben a neoklasszikus közgazdasági modell technológiai változásra adott magyarázatait vizsgálja, veti el és javasol új innovációelemzési keretet.

#### A NEOKLASSZIKUS KÖZGAZDASÁGTAN TECHNOLÓGIAÉRTELMEZÉSE

A neoklasszikus közgazdaságtan modellje statikus egyensúlyelmélet, a vállalatok profitmaximalizációs és optimális erőforrás-allokációs erőfeszítéseit és egyensúlyra törekvésüket elemzi. A tökéletes verseny állapotában a racionális vállalatok mint atomisztikus piaci szereplők jelennek meg, nem változnak, és nincsenek befolyással a piaci árra. A vállalat a piaci termékár és a termelési tényezők árainak ismeretében határozza meg termelési függvényét és igyekszik profitját maximalizálni. Ha változik valamelyik termelési tényező ára, a vállalat más termelési tényezővel fogja a drágává vált tényezőt helyettesíteni, és más termelési függvényre tér át (mintegy a „polcra veszi le” az új technológiát). A technológia, a fogyasztók preferenciái exogén módon adottak. Csak a megváltozott technológiai feltételek hatását vizsgálja a modell. A technológiai változás csak a tőke és a munka mennyiségének a növekedését eredményezi.

#### AZ INNOVÁCIÓ RÉGI ÉS ÚJ MODELLJEI

Az innováció – a neoklasszikus értelmezésben – új termék, eljárás feltalálásától annak piaci hasznosításáig tartó, időben és térben elkülönülő, egymás után következő kutatási, fejlesztési, termelési és értékesítési szakaszokból álló folyamat. Fontos az, hogy a szakaszok világosan definiálható kezdő és végpontokkal rendelkeznek, és hogy egymás után következnek.

Ezzel szemben az innováció új, ökológiai modellje az egyes szakaszok állandó interakcióit és egymás mellettségét hangsúlyozza. Minden egyes szakasz visszacsatol, kapcsolatban áll a többi szakasszal, minden kutatásból többféle újabb fejlesztés, termelés és értékesítés indul ki. Ennek a modellnek az időszemlélete egyértelműen változó, interaktív fogalmakra és innovációs szakaszokra épül.

\* Budapesti Műszaki Egyetem, Innovációmenedzsment és Technikatörténet Tanszék, 1118 Budapest, Stoczek u. 2. fszt. 9.

## NATHAN ROSENBERG PROBLÉMAFELVETÉSEI

Nathan Rosenberg nem a hagyományos értelemben vett gazdaságtörténész, tehát nem azt vizsgálta, hogy mikor ki talált fel és vezetett be valamely új terméket, és mennyiért tudta értékesíteni azt. Gazdasági fejlődéseket vizsgálva (például az Amerikai Egyesült Államok iparosodását 1840–1880 között) és közgazdászok munkáit elemezve (például **Marx, Babbage, Schumpeter**) kereste szisztematikusan a technológiai változás összetevőit és okait és vetette azokat össze a neoklasszikus gazdaságtudomány elmélet válaszaival.

Kiindulópontja az „örök kérdés”: Mi okozza a technológiai változást (innovációt)? Miért van az, hogy egyes vállalatok, iparágak, régiók vagy országok nagyobb hajlandóságot és képességet mutatnak a technológiai változás befogadására, indukálására és diffúziójára, mint a többi vállalat, iparág, régió vagy ország?

A neoklasszikus modellnek a technológiai változásra adott válaszait vizsgálva megállapítja, hogy a statikus modell egy szűken vett tőke és munka értelmezést ad, rávilágít a tényezőhelyettesítés fontos szerepére, amellyel a vállalat a megváltozott külső környezeti feltételekre „válaszol”. Központi szerepet játszik az optimális erőforrás-allokáció feladata, amely fix termelési tényezőarányokkal és korlátozott természeti erőforrásokkal dolgozik. Túlságosan merev különbséget tesz a vállalat mint termelőegység és a háztartás mint fogyasztóegység fogalma között. Inkább az innováció első szakaszára, az „isteni szikrára” helyezi a hangsúlyt, és nem elemzi kellő részletességgel az innováció további szakaszait, feltételeit.

**Moses Abramovitz** tanulmányát idézve kijelenti, hogy a neoklasszikus gazdaságtan mérési rendszere nem alkalmas az innováció okainak magyarázatára, mert a tőke és a munka mennyiségi növekedése nem mutat rá a technológiai változás eltolódására, annak térbeli, időbeli és minőségi jellemzőire. Abramovitz az vizsgálta, hogy mennyiben felelős a hagyományos értelemben vett tőke és munka mennyiségének növekedése az Amerikai Egyesült Államokban 1869–78 és 1944–53 között az egy főre jutó jövedelem növekedésében. Meglepődve tapasztalta, hogy a négyszeres jövedelemnövekedéssel szemben az egy főre jutó súlyozott tőke és munka indexe csak 14 százalékkal nőtt.<sup>1</sup>

Megállapítja, hogy a közgazdászok – a természettudományos gondolkodást követve – csak az abszolút ismeretekre törekvő tudományos tudást tekintik vizsgálándónak (a lokális és technológiafüggő mérnöki tudást nem), és hogy rendkívül szűkösen és változatlanul tartják a rendelkezésre álló erőforrásokat (holott – a technológiai változás következtében az emberiség folyamatosan tért át egyik erőforrásról a másikra – lehetőleg a nem megújulóról a megújulóra, illetve használ fel egyre kevesebbet az adott erőforrásból). Modelljük nem tartalmaz visszacsatolásokat, amely az embernek mint termelési tényezőnek a háztartás és a vállalat megváltozott feltételeire adott reakcióit tartalmazza (például a háztartások fogyasztási szokásai hogyan befolyásolják a háztartás tagjainak termelési tényezőit). Ezeket az emberi tényezőre adott visszacsatolásokat a közgazdászok azért hagyták ki a modelljükből, mert lényegében rövidtávú problémafelvetésekkel foglalkoztak (a marginális szemlélet az optimális erőforrás-allokációval dolgozott) és mellőzték a gazdasági növekedés hosszú távú elemzését.<sup>2</sup> Ezenfelül nem tekintik a gazdasági növekedést tanulási folyamatnak, melynek során az ember új tudással, ismeretekkel gyarapodik, fejleszti képességeit és készségeit, röviden: a gazdasági növekedés minőségi változásokat eredményez.

Szerinte két további ok miatt nem elemezte a neoklasszikus közgazdaságtan kellőképpen a technológiai változást: 1. a technológiai változás ugyanis egyszerűen rendkívül összetett társadalmi folyamat, és lényegéből adódóan rendkívül nehéz a modellezése is; 2. ez a jelenség több tudományterülethez kapcsolódik, és interdiszciplináris kutatást kíván meg – nevezetesen a közgazdászoknak mérnökökkel és technikatörténészekkel együttműködve kellene feltárniuk az innováció folyamatát, okait, diffúzióját és következményeit.

### AZ INNOVÁCIÓ ÉRTELMEZÉSE NATHAN ROSENBERG SZERINT

*„Gondolkodásunkat az jellemzi, hogy 1. azok a jellemzők, amelyeket az innovációknak tu-*

*lajdonítunk, csak a jelentősebb innovációk velejárói; 2. csak a diszkontinuus folyamatokra szorítokunk, és nem figyelünk az innovációs folyamat folytonos mivoltára; 3. túl nagy jelentőséget tulajdonítunk a tudományos tudásnak, és elhanyagoljuk a mérnöki tudás fontosságát; 4. előtérbe helyezzük az innováció korai fázisait és nem vesszük kellőképpen figyelembe annak későbbi szakaszait.”<sup>3</sup>*

Ezért az igazán jó ötletek azért válnak jelentőssé, hogy gondosan kidolgozzák azokat, majd kritikai ellenőrzésnek vetik alá őket. Csak ezután válnak működési szempontból is hasznossá.

## AZ INNOVÁCIÓ FOLYTONOS TERMÉSZETE

Rosenberg szemléletére alapvetően jellemző a gazdaság egészének **rendszereszmepontú** bemutatása: az elemek egymással összefüggnek. *„Még egy egyszerű gép vagy művelet esetében is található alapvető egyenlőtlenségek azok részei között. A technológiai disequilibrium fogalma segíthet ennek megértésében. Egy rendszer elemei különböző mértékben haladják meg a rendszer egészének teljesítményét, amelyet lényegében egy elem teljesítménye, mint szűk keresztmetszet határoz meg. Az elemek bármely változtatása, függetlenül attól, hogy ez a jelenleg korlátozó elemre vonatkozik-e vagy más elemre, valószínűleg újabb akadályokat szül a nagyobb teljesítmény elérésével szemben. Végül is, az egyedi változtatások létrehozzák a maguk problémáit, amelyek további módosítást és ellenőrzést igényelnek.”<sup>4</sup>* Továbbvive a gondolatot, nem feledve, hogy a végső motívációk gazdasági természetűek, kimondható, hogy a komplex technológiai rendszerek belső feszültségeket és ellentmondásokat tartalmaznak, amelyek meghatározott irányba „vezetik” a kutatásokat. Ezzel összhangban a technológiát mint kumulatív és önmagát erősítő, gerjesztő rendszert írja le. Az innovációs folyamatot pedig egymást követő egyensúlytalan állapotok folyamataként írja le. Ezen a ponton határozottan szembehelyezkedik a neoklasszikus közgazdaságtannal, amely az egyensúlyi állapotot tekinti a kiindulópontjának.

Nemcsak a technológiai rendszer elemei függenek kölcsönösen egymástól, hanem az iparágak is. Az amerikai iparosodás 1840–1880 közötti gazdaságtörténetét vizsgálva Rosenberg arra a következtetésre jut, hogy az iparágak kölcsönös függésének alapja a **technológiai konvergencia**, azaz *„fejlődésükben mind olyan technológiai változásoktól függtek, amelyek meghatározott számú folyamatokkal és bizonyos problémákra adott válaszokkal foglalkoztak – ezek a megoldások és folyamatok pedig később jól szervezett iparágak alapjaivá váltak”<sup>5</sup>* A termelési folyamatok bevezetésének és elterjedésének, a szaktudás átadásának és új iparágak születésének lépéseit a szerszámgépipar példáján keresztül mutatja be. A szerszámgépipar ugyanis különböző gépgyártó iparágak sajátos termelési folyamataiból született, amelyek új specifikációk alapján gyártottak új termékeket – ehhez beruházó tőkére volt szükségük.<sup>6</sup> A hasonló szaktudást megkövetelő folyamatok pedig egyszerre több területen voltak hasznosíthatók, ezért tudtak gyorsan elterjedni más iparágakban is. És ezeket az alapvető megoldásokat az egyes kis gyárak továbbfejlesztették, és ez adta az iparágak növekvő specializációját és bonyolultságát. A fémércek olvasztása, finomítása, majd az öntéshez való előkészítése és végső megformázása például minden fémalapú, fémmegmunkáló iparág alapjául szolgált. Vagy a varrógépgyártás reneszánsza (1850–70) hozzájárult egyben forgácsológépek és egyéb fémmegmunkáló szerszámok működési elvének és szakismeretének az elterjedéséhez is.

Az innovációs változások **először a tőkejavak piacán mérhetők** – ugyanis itt jelennek meg először azok az új termelési elvek és specifikációk, melyek az új termékek, iparágak kialakulásának előfeltételei. Az új termékek hatékonyabb előállításának (olcsóbban, gyorsan) lehetősége pedig kellő ösztönzést nyújtott a gyártóknak ahhoz, hogy ezen új eljárásokkal kísérletezzenek.

Az innováció folyamatszempléletéhez tartozik **az innovációs szakaszok** (feltalálás, tesztelés, fejlesztés, kritikai ellenőrzés) **időhosszainak** értelmezése, illetve a feltalálás és a későbbi fázisok közötti időtartamok meghatározása. Rosenberg szerint a közgazdaságtan indokolatlanul többet hangsúlyozza a feltalálás szakaszát, és ehhez képest szinte elhanyagolja a szisztematikus, hosszantartó (például szabadalmaztatási, értékesítési, továbbfejlesztési) kritikai ellenőrzési szakaszt. A fluoreszkáló lámpa 1859-es, a cipzár 1891-es vagy a radar 1922-es feltalálása ahhoz az évhez kötődik,

amelyben jelentős lépések történtek az elméleti alapok megfogalmazásában. De távol álltak még a végleges technológiai megvalósítástól – ahhoz a technológiai tudás kitartó próbálkozásaira volt szükség.

Rosenberg határozottan állítja, hogy a helyi, technológiához kötött **mérnöki tudás** is ér annyit, mint az abszolút helyes megfogalmazására törekvő tudományos tudás. Ugyanis gazdasági haszna mindkettőnek van, sőt, számos olyan egyedi felfedezés köthető a technológiai (mérnöki) tudáshoz, amely a tudományos tudásnak minden bizonnyal tárgyát sem képezte – például az alacsony fémtartalmú ércek olvasztása, a nagy nyomást elviselő bojlerok kidolgozása, magasabb olvadáspontú ötvözetek kikísérletezése. *„Azok a közgazdászok, akik megvetéssel szemlélték ezeket a problémákat, és nem vizsgálták meg azokat a feltételeket, amelyek ezen sajátos tudás felhalmozásához és alkalmazásához vezettek, szükségszerűen lényegében tudatlanok maradnak a termelékenységnövelés fő forrását illetően.”*<sup>7</sup>

A neoklasszikus közgazdasági modellben – az egyensúlytalan állapot hangsúlyozása mellett – két további fontos feltételt módosít Rosenberg: az egyik a fogyasztói preferenciák, a vállalat és a háztartás összefüggése a fejlődő humántőke révén, a másik pedig a természeti erőforrások szűkös rendelkezésre állása.

A vállalat nem kizárólag termel, és a háztartás nem kizárólag fogyaszt. Mindkettő ugyanis hozzájárul a **humántőke** (a változó mérnöki tudás, képességek, készségek) fejlesztéséhez, termelékenység-növekedéséhez. Röviden: a tanuláshoz. *„A növekedési folyamatnak fontos eleme a fogyasztási és megtakarítási magatartás, a munkavállalási és szórakozási szokások gyökeres megváltozása. Más szóval a fogyasztói preferenciák megváltozása stratégiai elem a gazdasági növekedési folyamatban, mert végső soron gazdasági motivációit és lehetőségeit is meghatározza.”*<sup>8</sup> Másfelől a technológiai változás is szervesen összefügg a humántőke változásával, hiszen a technológia ritkán kínál fel önmagában zárt megoldásokat, általában emberi interakciókra épít, valamely emberi magatartás (esetleg fárasztó) megváltozását is igényli.

A **természeti erőforrások** szűkös rendelkezésre állása és a **tényezőhelyettesítés** kapcsán Rosenberg úgy véli, hogy a technológiai rendszer folyamatosan átértelmezi a tényezők szűkösségét, másrészt pedig a tényezőhelyettesítés lényegében megegyezik az innovációval. *„Napjaink tényezőhelyettesítési lehetőségei a tegnapi technológiai felfedezések eredményeképpen jöttek létre.”*<sup>9</sup> A **Malthus**-i korlátozott erőforrások elméletét (amely a javak optimális elosztásának szükségességét is kiváltotta) ugyanis megcáfolja a gyakorlat: állandóan változik az erőforrások helyettesítésének mintája is, folyamatosan tolódik el a relatíve több, bővebben rendelkezésre álló erőforrások felé. Szerinte ezt a közgazdászok jellemzően nem ismerték fel.<sup>10</sup> Szerinte inkább a **Hayami** és **Ruttan**-féle metatermelési függvény igazolódik be, amely *„olyan határoló termelési függvény, amely a jelenlegi tudással és termelési lehetőségekkel elérhető, a neoklasszikus közgazdaságtan hosszú távú termelési függvénye mögött helyezkedik el. A jelenlegi tudományos tudással megvalósítható termelési lehetőségeket ábrázolja egy adott pontban. Ezeknek a pontoknak bármelyike elérhető, de csak idő és erőforrás feláldozása árán. Ezekhez a pontokhoz nem léteznek előre adott, »blueprint« termelési előírások.”*<sup>11</sup>

Lényegében a tényezőhelyettesítés és a technológiai változás egyaránt a kutatás-innováció eredményeként (külső körülmények nyomására) létrejövő új kombinációk – ezek a külső nyomások lehetnek például háborúk (amikor hirtelen megszűnnek bizonyos nyersanyagforrások), vagy egy megszerzett pozíció megvédése (amikor állandó hatékonyságnöveléssel lehet adott technológiával piacvezető maradni).

Az emberi tényező változása és alkalmazkodása (azaz: kölcsönhatása a technológiai rendszerekkel) jelenti a gazdasági növekedés kulcsát. *„A demográfiai és gazdasági példákat elemezve, ezek a pusztán deduktív közgazdasági modellek figyelmen kívül hagyják az elmúlt 150 évben történt változásokat – azt, hogy az iparosodó társadalom által biztosított változó lehetőségek és korlátozások hatására folyamatosan módosul és változik az emberi magatartás is.”*<sup>12</sup>

Összegzésképpen Rosenberg megállapítja, hogy a társadalomtudományokban az innováció más természetű, mint a természettudományokban: *„A társadalomtudományokban az innováció összetet-*

*tebb folyamat, mint a természettudományokban, mert összefüggés van napjaink problémái és gondjai, illetve a társadalomtudomány (mint a közgazdaságtan) aktuális problémái, kutatásai és válaszai között. Ezek a „külső” problémák folyamatosan befolyásolják és átirányítják tudományos érdeklődésünket – ez a sajátos hatás viszont nincsen jelen a természettudományokban.”<sup>13</sup>*

## IRODALOM ÉS JEGYZETEK

1. Rosenberg, Nathan: Perspectives on Technology, Cambridge University Press, Cambridge, 1976. p. 86. “Abramovitz set out to determine how much of the rise in per capita incomes in the United States between the decades 1869-78 and 1944-53 could be attributed to changes in the capital and labor inputs, as these inputs are conventionally defined and measured. Although his technique was necessarily based on some rather heroic simplifying assumptions, his results were nevertheless startling. It appears that changes in capital and labor inputs can account for only a very small fraction of the quadrupling of per capita incomes which took place during the period which he examined. During a period in which output per capita increased four times over the base decade, a weighted index of capital and labor inputs per capita rose by only 14 per cent.”
2. „These feedback phenomena upon the human agent have been neglected in part because of the long disinterest of the economist with questions dealing with economic growth and their preoccupation with problems of an essentially short-run nature. From the time of the so-called marginal revolution of the 1870’s until recent years the central tradition in economics has been primarily concerned with problems revolving around the conditions of optimum allocation of a fixed stock of resources.” p. 87.
3. „As a result, (1) we confine our thinking about innovations to features and characteristics which are likely to be true only of major innovations, (2) we focus disproportionately upon discontinuities and neglect continuities in the innovative process, (3) we attach excessive importance to the role of scientific knowledge and insufficient importance to engineering and other “lower” forms of knowledge, and (4) we attach excessive significance to early stages in the process of invention and neglect the crucial later stages.” p. 77.
4. „We suggest that, within a single complex machine or operation, even more important imbalances frequently exist among its component parts. A concept of technological disequilibrium may be helpful here. At any time, the component parts of a machine vary in their ability to exceed their present level of performance, which is determined by the capacity of some limiting component. Any important improvement in the operation of a component, whether it be the currently limiting one or not, is likely to create new obstacles, to the achievement of a higher level of performance. Thus single improvements tend to create their own future problems, which compel further modification and revision” p. 29.
5. „The interesting thing about the group of industries discussed here is that they were all dependent, in their development, upon technological changes dealing with a limited number of processes and that the solution to problems posed by these processes eventually became the specialized function of a well-organized industry.” p. 31.
6. p. 13.
7. „Economists who regard such problems with disdain and who fail to enquire into the conditions which influence the rate at which such specific forms of knowledge are accumulated and applied, will necessarily remain dismally ignorant of a major source of productivity growth.” p. 78–79.
8. „As a major component of the growth process is a radical transformation of attitudes toward consumption and saving, and toward work and leisure. The changing structure of consumer wants and preferences, in other words, is itself a strategic variable in the growth process, as the classical economists recognized, since it is an important determinant of individual behavior and shapes the nature of his responses to economic incentives and opportunities.” p. 104.
9. „Today’s factor substitution possibilities, in other words, are the product of yesterday’s technological explorations.” p. 64.
10. „It is the most detailed attempt to date to specify the nature of mechanisms through which technical change and adaptation take place in response to shifting patterns of relative resource scarcities.” p. 238. Economists worked with a conception of natural resources which encompassed the prevailing state of technology but failed to recognize how profoundly technological changes required a redefinition of the economic meaning of the natural environment. p. 242.
11. „This is an envelope curve which goes beyond the production possibilities attainable with existing knowledge and described in a neoclassical long-run envelope curve. It describes, rather, a locus of production possibility points which it is possible to discover within the existing state of scientific knowledge. Points on this surface are attainable, but only at a cost in time and resources. They are not presently available in blueprint form.” p. 237.
12. „In both the demographic and technological realms, such purely deductive models ignore the mass of dramatic evidence of the past 150 years or so that human behavior undergoes continuous modification and adjustment as a response to the changing patterns of opportunities and constraints thrown up by an industrializing society.” p. 245.
13. „Innovation in the social sciences is a more complicated process than in the natural sciences because there is a reciprocal interaction between the corpus of thought of a mature social science discipline like economics and our present day preoccupations and problems. These „external” concerns are continually influencing and refocusing our disciplinary interests in ways which have no clear counterpart in the natural sciences” p.79.