

Jánossy-örökség és rendszer- elméleti asszociációk

Vámos Tibor

Jánossy Ferenc örökségének egyik legfontosabb összetevője a mérnöki gondolkodás és a gazdaságról való elmélkedés összekapcsolása. Erről írtam a *Közgazdasági Szemle* májusi számában. Igyekszem ezt folytatni, abban a Jánossyra tekintő szellemben, hogy a közben elmúlt idő eredményei és változásai töltsék ki az elméletek keretét, illetve az elméleti keret legyen vizsgáztatva a változó tények tükrében.

A mérnöki gondolkodást ma inkább – talán túl divatosan is – rendszerelméleti megközelítésként kezeljük. Ez a rendszerelméleti módszer élesen szétvált egy verbális, ésszerű irányzatra és egy szigorú, matematikailag fogalmazott diszciplínára. A verbálisak is elágaznak, van közöttük egyszerűsített struktúrákra, közérthető, de sokszor keveset mondó gráfokra bontás, és az ehhez hozzátartozó fogalmi láncok ismertetése. Ennél kevésbé tűnik szigorúnak, de mélyebb az az igazi ésszerű gondolkodás, amely közelebb áll Jánossy munkáinak jellegéhez.

A mérnökihez még erősebben hasonlít a matematikai formalizmussal dolgozó. Ebben a mérnöki tudomány is sokat haladt, részben jobban kapcsolódva a fizikai alapokhoz és már kevésbé a tiszta empiriához. Segített ebben a fizikai alapok sokkal előrehaladottabb ismerete, így a félvezető-technikában a kvantumelméleti megalapozás, a kémiában a reakciókinetika és egyéb fizikokémiai folyamatok számítása, legfőképpen a számítástechnika, ami lehetővé tette a korábban csak általános képletekkel leírt, de nem számítható folyamatoknak a pontos követését és így számítógépes szimulálását. Kitűnő példa erre a szélcsatornák szimulálása, az autópályák virtuális valósággal való útvonaltervezése és a mesterséges intelligencia módszereket alkalmazó gyógyszerkutató és a lehetséges molekulák tengerében.

A közgazdaságtan matematikai modellezése némileg hasonló úton jár. Nem teljesen azonos a történet. A közgazdaságtani elméletek matematikai modellezése jó kétszáz éves múltat tekint vissza, némileg meg is előzve a mérnöki tudományokat. Ez az előzés sok tekintetben folytatódott, igen jelentős matematikusok érdeklődése fordult a gazdaság feltételezett törvényszerűségei felé; számos lényeges gondolatot, főleg a bizonytalanságok kezelésében és a sokváltozós folyamatok optimumainak keresésében gazdasági vagy ahhoz kötődő problémák ösztönöztek.

A matematikai rendszerelmélet erős összekötő tudomány, hiszen minden esetben a folyamatok dinamikájának, a dinamikus egyensúlyoknak és a sokváltozós, egymásra ható tényezőkkel, elemekkel működő rendszereknek a problémái váltak érdekessé. Ez abból is adódik, hogy e változások, átalakulások és átalakítások menete fölgyorsult. Gyorsan változnak a termékek, és részben ezzel a technológiagyorsulással összefüggően gyorsan változik maga a gazdaság. A technológiai és gazdasági változások egyik fő jellemzője a bonyolultság fokozódása. Így a kérdések egy fontos csoportja mindkét területen valóban

rendszerelméleti jellegűvé vált, sőt, ami azzá vált, az lényegében véve azonos is lett tartalmában. A gazdasághoz kapcsolódó eredmények – mint például az operációkutatás címet viselő módszercsoport – átöröklődtek a technikába, a nemlineáris mechanika eredményei és fogalmi rendszere a közgazdaságtanba. Ha ma megnézzük egy-egy színvonalas elméleti tankönyvet akár egy technikai, akár egy közgazdasági egyetemen, ugyanazokkal a fejezetekkel és ugyanolyan részletesebb tartalommal is találkozunk.

Ezek közül emelek ki néhányat, amik ma bennünket, műszaki rendszerelmélettel foglalkozókat különösen izgatnak, és amikre a gazdaságtanból is keresünk modelleket és megoldásokat, de legfőképp inspirációt. A problémákat azok gyökere fogja össze, ez a metrika vagy – máshonnan nézve – a dinamikus folyamat terének, sőt tereinek sajátos volta. Az írás vége felé visszatérünk az esszé és a formalizmus viszonyához, sőt ennek egy szép, új aspektusához.

Induljunk ki a változások tartalmi jellegéből! A statikusabb idők statikusabb gazdaságtana stacionárius folyamatokat látott maga előtt, így ugyan egyszerűsítve, de hosszú időn keresztül ugyanazokat az adatsorokat, jelenségeket vizsgálhatta. Így hasonlítottak össze sokáig évszázadokat átfogó adatokat az arany ára alapján. A mai hatalmas *stock*- és *flow*-adatsorok is hasonló, bár kevésbé föltűnő gyengeségben szenvednek: az összehasonlításra kerülő faktuális adatok tartalma radikálisan változik, mást bír el egy tonna mai acél, mint a tegnapi, radikálisan más egy mai kórházi ágy, mint akár tíz éve, más a kabát, a korcsolya, a hanglez, sőt, az étel is. Ez triviális, de azok a transzformációs mátrixok, amelyek a bonyolult termokémiai folyamatokhoz hasonlóan lennének ezeket a módosulásokat, még nem léteznek, holott a technikai rendszerelmélet állapotátviteli mátrixaihoz hasonlóan a differenciaegyenletekkel történő mintavételes állapotleíráshoz ma már körülbelül egy évtizedes mintavételi periódussal elengedhetetlenek lennének. Ezek az állapotátviteli mátrixok tükrözik a gazdasági struktúrák módosulásait, a mindennapi élet struktúráitól a rendszer működésének struktúrájáig. Ez utóbbi megjelenik például a rendszer földrajzi határaiban (az export-import értelmezésében is, nemcsak méreteiben), a tényezők kapcsolódásainak módosulásában, így szabályozási, irányítási vonatkozásai is vannak. Ezek az állapotátviteli mátrixok egyébként az első lépések azoknak a lényeges nemlinearításoknak a kezelésében, amelyek a metrika alapkérdéseire nyúlnak vissza. Nem véletlenül ilyen nehéz ez a feladat, nem a közgazdászok felkészületlenségén múlott, hogy olyan lassan halad előre.

A dinamika másik fontos kérdése az egyensúlyoké. Egy korábbi nézetvilág – saját, lassan mozgó tapasztalatát is általánosítva – az egyensúlyok szükségességének törvényszerűségeiből indult ki. Ez valahol az eredeti newtoni szemléletnek felel meg, ha már névhez akarjuk kötni. A mechanika már a 18. századra érlelni kezdte a dinamikus egyensúly fogalmát, azaz a változó folyamatokba rejtett olyan tényezőket, amelyek a változások során nyilvánvalóan létrejövő, sőt, azokat létrehozó egyensúlytalanságokban mégis megteremtik az egyensúlyt. A fizikában a 19. századra már teljesen megérett ez a szép nézet, leggyönyörűbben a Hamilton- és a Maxwell-egyenletekben. Az ezekben mintegy virtuális tényezőként megfogalmazott dinamikus hatás, mint például az impulzus vagy az eltolási áram gyorsan olyan fizikai értelmet is nyert, amely mérhető és a gyakorlatban is alkalmazható. A *stock* és a *flow* fogalomrendszerére mondható, hogy ennek első közelítése, hasonlóan mindazok a nehezen mérhető szociológiai, szociálpszichológiai és kulturális tényezők, amelyek egy-egy társadalom legfőbb tartalékait, dinamikus egyensúlyi tényezőit adják, elég különös módon tehetetlenségi és mobilitási tartalékként egyaránt mindenképpen a potenciálfüggvények valamiféle analógiája gyanánt. A szolgáltatás és infrastruktúra egyre mélyebben egymásba nyúló tényezőkomplexuma is e körbe tartozik. A potenciálfeületek analógiája már elvissz bennünket a térleírások geometriai reprezentációja felé is. E várhatóan fejlődő leírásokban bizonyára szerepelni fognak a dinamikus egyensúlyok és állapotátviteli mátrixmegfelelések olyan összefogó szimmetriaformái, mint a Lee-algebrának ma már univerzálisan, még a kvantummechanikában is használt szép formulái.

A harmadik, ide kapcsolódó kérdéscsoport a nemlinearitásoké. Korábban, mivel csak linearitásokat tudtunk számolni, lineáris modellekben gondolkodtunk. Ezek ma is hatnak, így hasonlíthatunk össze nemzeti össztermékeket, növekedési mutatókat, árakat, a termékek természetes fizikai egységmutatóit. Kétszer annyi étel kétszer lakat jól, ha gyomorrontást okoz is, a kétszer gazdagabb ember minden fillért fele olyan gondon néz meg.

Még arról sincs sok fogalmunk, hogy ezek a nemlinearitások milyen természetűek, ezért is nyúlt Jánossy olyan szívesen az egyszer és kétszer logaritmikus papírhoz. Nem véletlenül, hiszen a Weber–Fechner-összefüggés azt mutatja, hogy az emberi érzékelés, még hozzá nemcsak az egyszerű hő- és hangérzékelés, hanem az öröme, a bánata is valahol logaritmikus; ez a fizika alapvető növekedési összefüggéseiből is adódik, hiszen a differenciálhányadosok állandóságaira utal.

A nemlinearitások következnek a struktúramódosulásokból is, nemcsak az érzékelésből. Ez az érzékelés sem teljesen szubjektív tényező, mivel végső soron emberi fogyasztás, felhasználás a cél, így az érzékelés a gazdaság önszabályozó hatásláncában a természetes visszacsatoló elem. A struktúramódosulások jelentkezők az egyes termékek belső struktúrájában, erről már volt szó. A technológiai változások során egyetlen termék sem ugyanaz, más az óra, a műsorszórá, a cipő és a kenyér is.

A struktúraváltás érinti az árak hagyományos számítási alakulását; a termelés globalitása, a munkaerő mozgása a korábban zárt számítási struktúrákba olyan elemeket visz be, amelyek korábban idegenek, elszigeteltebbek voltak. Ford még nem számolt a koreai munkaerő árával.

A virtuális pénznek a klasszikus pénzfunkciókat betöltő pénzzel szembeni túlaradása újabb, még nehezen belátható strukturális tényező, árakban, gazdasági változásokban, egyensúlyok számításában bizonyosan nemlineáris, hiszen messze túllépi a linearitási tartományokat.

A nemlineáris jelenségekből fakadó dinamikai hatások elég régen foglalkoztatják a rendszerek matematikai vizsgálóit, így a közgazdászokat is. Ezek közül a jelenségek közül a kaoszt elemezték a legalaposabban: azaz a kis hatásokra történő nagy érzékenységnek trajektóriákat (azaz például struktúrákat) módosító nagy hatása sztochasztikusnak tűnő, de valójában determinisztikus és határaiban számítható jelenség. A radikális átalakulási folyamatok, mint például a mostani évtized hazánkban és széles környékén, valószínűleg leírhatók ilyen módon, és láthatóan számítható is, hogy egyik-másik gazdaság milyen mélyre süllyedhet, és hogyan emelkedik ki, hol, milyen lökés indítja a kaosz fluktuációját, hogyan stabilizálódik az új trajektória, hol és miért helyezkednek el a jelenség attraktorai. Ugy tűnik e jelenségek *post festa*, sőt, néha *post mortem* elemződnek, de nem baj, az utólagos leírás is lényeges tanulságokkal fog szolgálni.

Izgalmas kutatni fraktálok után, hol képezik le a makrojelenségek a mikrókat, a régió az országét, az ország a belső régiókat, csoportokat, családokat, egyéneket. E vizsgálat kulcsot is szolgáltat az idézett humán, szociológiai, szociálpszichológiai és kulturális átalakulási mátrixokhoz.

Itt érkeztünk el a metrika gyökerproblémájához – bár végig ott is voltunk!

A legfontosabb következtetés, ami érik is már, hogy a korábban használt statikus és lineáris metrikák használhatatlanok: gazdaságunk, sőt, egész életünk tere dinamikusan változó és nemlineáris. Itt még azt is meg kell jegyezni, hogy nem konzervatív, hanem forrásokkal és nyelőkkel zavart tér, azaz csak közelítőleg és megszorításokkal tekinthető normális potenciáltérnek. Ez ellentmondana némi előző megjelölésnek, de ott is csak metaforáról volt szó, itt viszont a nemlineáris állapottér értelemben: ha valamit haladunk a metrikákban, kezelhetővé is válhat ez a fajta állapottér.

A mérték, mint látjuk, elég bizonytalan dolog: némi segítség azért akad. Az érzékelésről már volt szó, sőt arról is, hogy ez a szubjektív, szociológiai eszközökkel mérhető valami miért objektív is. A másik az állapotátviteli mátrixok elemzése. Bár jó állapotátviteli mát-

rix nincs megfelelő mérték nélkül, valamiféle konvergáló rekurzió azért lehetséges, azaz a mátrix változásai egyben mértéket is jelölnek. Az árakkal kevesebbet lehet kezdeni, azok a dolgok bonyolódása, a pénzvilág virtualitásai miatt egyre jobban távolodnak a valós mértékektől. Az árak változási tendenciái már többet mondanak (itt is a differenciálhányadosok a jelentősebbek), utalnak a struktúraváltozásokra és ezzel a változások sebességére is.

Korábbi munkákban igyekeztünk három összefoglaló fogalommal érzékeltetni egy társadalom dinamikus állapotát: ezek a kifinomultság (szofisztikáltság), a mobilitás és az adaptivitás. A kifinomultság talán legfontosabb mérőszáma két elég egyszerű adatsorból is levezethető; a finomtechnológiák mikronban és annak tört részeiben kifejezett minősége és az anyagfinomságok tisztasági sztenderdjei. Ezek mögött rengeteg humán tényező húzódik meg, a tanultság, a professzionalitás, a szervezés, a társadalom rend- és tisztaságérzékenysége is. A mobilitás ma nem annyira földrajzi mozgás, mint a foglalkozási struktúrák változási sebessége, az adaptivitás pedig a különböző befogadási készségek, új technológiáké és új struktúráké – mindez persze a társadalom különböző mélységeiben vizsgálva.

Van egy olyan rendszerelméleti-matematikai, sőt, elsősorban fizikai fogalom, amely a további tájékozódásban segíthet: ez a sajátirányok, sajátértékek rendszere.

Eddig a térről gondolkodtunk és ebben a potenciálfelületeknek megfelelő egyenstátusú felületekről. A gazdasági rendszerek az e terekben mozgó és alakjukat változtató testek. Ez az absztrakt test annyi dimenzióban létezik, amennyi jellemzővel leírja a statisztika – manapság sok százzal. Ha ennek a furcsa, sokdimenziós testnek a saját vektorait és saját értékeit keressük, akkor képet kapunk a változások és változatlanságok fő irányairól, azaz azokról a jellemzőkről, amelyek vezető paraméterként határozzák meg a gazdasági-társadalmi állapot–test jellegét. Különösen jól lehetne mindezt érzékelni a különböző átlagokra redukált mértékek összehasonlításával, tehát időben, csoportban azonos mértékek szerint arányosítva a testeket.

Ez az a többlet, amelyet a mai számítástechnika a mértékek és változások értékeléséhez adni tud. Hogy örült volna Jánossy ennek, ő, aki a kétdimenziós papír és a ceruza fogságában volt kénytelen mindezt láttatni. A háromdimenziós ábrázoláshoz hozzáadódnak a forgatás szabadságfokai, a változó színek sokasága, a számítógépes grafika rengeteg gyönyörűsége, ami mind jól kezelhető, közvetlenül az adatbázisokból is, jelentősen kiterjesztve azt, amit a sokdimenziós statisztikai analízisből eddig összefoglaló eredményként láttatni és ezért értékelni tudtunk. Nem véletlenül tér vissza újra meg újra a matematika a geometriai szemléletekhez.

Rengeteg tanulságot remélhetünk ebből. Különösen izgalmas azoknak a vezető változóknak a dolga, amelyek a sajátirányokból adódnak. Gondoljuk meg, a redukált mértékkel minden átlagtest egy sokdimenziós gömb, amely elkezd az átlagtól való eltérések révén egyéni alakot felvenni. A sajátirányok valaha egyszerűbbek voltak, a marhák száma, gabona- és bortermés, arany, ezüst, só, a hajók úrtartalma ezt meghatározta. Néhány évtizede még az energiafogyasztás volt az ilyen, majd minden többit jellemző tényező. A mai információs társadalom bonyolultabb, bár maga az információ, alapértékeivel jellemezve, valószínűleg igen erős mérték, de ehhez járul az életminőség egyre fontosabb, egyre bonyolultabb, nehezen mérhető viszonyrendszere.

Végül az esszé és a matematikai leírás viszonyáról – rendszerelméleti szemmel. Az esszé szemantikai és prognosztikai jelentést hordoz, a matematikai leírás a jelenségek grammatikáját. Így a kettő egymás nélkül kevés, egymást támogatja. A jelentés nélküli formalizmus hamar elfut egy olyan világba, amelyben a valódi jelenségek már alig értelmezhetők, főleg nem azok valamiféle hasznosság szintjén. Az esszé viszont a tág értelemben vett hasznosság instrumentális erejét nélkülözi, akár bizonyításra, akár némi predikcióra gondolunk. Persze, nem mindenki elég erős mindkettőben. Jánossy mérnöki szemlélete ezt a szintézist igyekezett a maga akkori eszközeivel elérni.