

## HIRONSZKY IMRJE\*

### „Technológiai paradigmák”

„A determinisztikus dinamóktól a hibátlan szövedékű rendszerekig” című híres tanulmányában írja a neves technikatörténész, *Th. P. Hughes*: „A technológia új történetírása megmutatja, hogy akik uralni kívánják a technológiai változást, azoknak alaposan meg kell tanulni a társadalmi, a politikai és a gazdasági tényezőket ugyanúgy, mint a technikaiakat, megmutatja, hogy a mérnöki cselekvés területe társadalmi-technikai rendszert képez.”<sup>1</sup> Hughes metatörténeti áttekintéséből azonban hiányzik a „technológiai paradigmák” koncepciója.

A „technológiai paradigmák” létezését a tudománytörténet paradigmáira vonatkozó analógia sugallta. Mit értett *Kuhn* tudományos paradigmán?<sup>2</sup> Kuhn szerint a tudomány fejlődése „forradalmi” és „normál szakaszok” váltakozásából áll. A „normál szakaszban” a tudományos kutatók közössége közös mintát, „paradigmát” követ kognitív vizsgálódásai során. Ez a paradigma a kor valamely alapvető tudományos vívmánya. Ilyen volt a 17. század végétől *Newton* mechanikai munkássága, a 19. század elejétől – Kuhn szerint – a kémiai atomelmélet, vagy pl. a 20. század második negyedétől a kvantummechanika. A paradigma, a mintául szolgáló alapvető tudományos vívmány, kognitív elemek hálóját, rendszerét jelenti, amelyben konkrét problémafelvetések és -megoldások, elmélet(elemelek), kodifikált kísérleti eszközök és metodikák, eljárási technikák állnak össze egységes közelítésmóddá, amely közelítésmód egy átfogó nézőpontot és gyakorlatot s ezzel „világot” definiál. Adott paradigmának elkötelezettek közössége átfogó irányításnak veti alá magát, amely a problémafelvetés módjára, a kezelés heurisztikájára, illetve a megoldások értékelésére egyaránt vonatkozik, s amely működteti mind az ún. „hallgatólagos”, mind az explicite meglevő elméleti elemeket.<sup>3</sup> Kuhn tehát mintakövetésen alapuló, sajátos, közösségileg kodifikált gyakorlatnak láttatja a tudományos megismerést, amely gyakorlat „normál” szakaszában a kutató tudni véli, hogy milyen elemekből áll az a világ, amit vizsgálni kíván és hogyan kell azt vizsgálni. Pl. a newtoni mechanika világában mozogva a kutatásai apróbb-nagyobb elemekkel járulnak hozzá e (!) „világ” előrehaladó, egyre teljesebb és pontosabb megismeréséhez. Pl. felállítja a súrlódásmentes folyadékok modelljét

\* Budapesti Műszaki Egyetem

<sup>1</sup> *H. E. Sladovich (ed.): Engineering as a Social Enterprise*, National Academy Press, Washington, D. C., 1991. A könyv mintát ad mérnökök, közgazdászok, technikatörténészek együttműködésére transzdiszciplináris technika fejlődési kérdések megvitatására.

<sup>2</sup> *Th. S. Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago Press, Chicago, első kiadás 1962, magyarul: *A tudományos forradalmak szerkezete*, Gondolat, Budapest, 1984.

<sup>3</sup> A „hallgatólagos tudással (tacit knowledge) kapcsolatban ld. *M. Polányi: Personal Knowledge*, Chicago, The Univ. of Chicago Pr., 1985, ill. magyarul: *Polányi Mihály filozófiai írásai I–II*, Budapest, Atlantisz, 1992.

és számításokat végez rajta stb.<sup>4</sup> Kuhn kifejezésével élve ekkor egyfajta „rejtvényfejtésről” van szó. Ez a „rejtvényfejtés” a paradigma által körvonalazott térkép részleteinek kidolgozását és az e részletekhez vezető út megtalálását jelenti olyan megoldások esetében, amelyeknek legalább a létezése joggal feltételezhető, bár néha a legfinomabb részletek is előreláthatóak a paradigma által kínált szemléletmód alapján s amely megoldásokhoz a paradigma eszköz- és értékelőrendszert kínál.<sup>5</sup>

A paradigma koncepcióval Kuhn a tudományfejlődés mechanizmusát kívánta feltárni. Ez a mechanizmus paradox jellegű. A kutatók a tudományfejlődés normál szakaszaiban, adott világon belül mozogva, előfeltételezik azt. A kutatómunka így nem a rendszer kipróbálására irányul, hanem a paradigma részletezésére. Ugyanakkor, előbb vagy utóbb, az elvárttal ellenkező tapasztalatokhoz is eljutnak e munka során, „anomáliák” keletkeznek. Ezen „anomáliák” egyike-másika ellenáll a paradigmán belüli kiküszöbölési törekvéseknek és a megismételt megoldási kísérletek elmélyülő válságot eredményeznek. Így a tudományfejlődés „normál szakaszai” lényegében szükségszerűen, de nem előreláthatóan (!), elvezetnek e tevékenységnek a paradigmában rögzülő korlátai felismeréséhez is és lehetővé teszik a paradigmaváltást, új paradigmára való áttérést, új „rejtvény” felállítását. Pontosabban: a kutatók egy csoportja, számára eléggé jó érvek alapján úgy dönt, hogy a válság megléte és adott foka számára elég meggyőző ahhoz, hogy elforduljon a régitől és új paradigmát hozzon létre. A kuhni modell szerint ezután ismét egy normál fejlődési szakasz következik, a már említett jellemzőkkel.

Sok tudományfilozófiai kérdés vetődött fel a paradigma koncepcióval kapcsolatban. Kuhnt irracionálizmussal, relativizmussal is megvádolták. Az utóbbit vállalta, az előbbi ellen a leghevesebben tiltakozott – szerintünk teljes joggal. Egyáltalán nincs itt helyünk a tudományfilozófiai vita ismertetésére, de amit mindenképpen meg kell említenünk, az természetesen az annak magját képező ún. inkommenzurabilitási tétel. Eszerint lényegében arról van szó, hogy a régi és az új paradigma egymással szigorú értelemben véve összemérhetetlen, mert más-más „világgal” foglalkozik, mint pl. a klasszikus mechanika és a relativitáselmélet. Azaz: vagy newtoni világban „élünk”, azzal állunk tudományos gyakorlati és elméleti kapcsolatban, vagy a relativitáselméletnek megfelelőben.

Kuhn a paradigma koncepcióval akarta megmutatni azt is, hogy miben áll a tudományfejlődés autonómiája, ha a korábbi tudományfilozófiai paradigma, ami persze mindennapi meggyőződésként is működött valamilyen formában a gyakorló tudósok, sőt a tudománytörténészek számára is, amely szerint a tudományos módszer egyedülállósága a kognitív autonómia alapja és igazolója, alaposabb történeti vizsgálatban tarthatatlannak mutatkozik. Szerinte a paradigma közösség végső instanciaként működik a paradigmán belül felmerülő kérdések megítélésében, és ez még a normál tudományos szakaszokban sem jelenti egy mindenkire kötelező tudományos módszer követését. A paradigmaváltás idején pedig a tudományos közösség az, amely bizonyos általános kognitív értékek alapján viszonyul, nem feltétlenül elfogadóan, az új paradigmához. Ennek az új paradigmának mintegy társadalmi sikere azután abban áll, hogy új paradigmaközösség verbuválódik, amely ennek a paradigmának kötelezi el magát. Ez konverzió, amelynek kialakulásában érvek ugyan nagyon fontos szerepet játszanak, de mégis szubjektív döntés, állásfoglalás és elköteleződés jellegű. Kuhn ezzel a válasszal megőrzi a tudomány autonómiáját, de azt nem a módszer kötelező jellegére alapozza, ahogy azt a naiv indukcionizmus, Carnap filozófiája vagy Popper falszifikacionizmusa próbálta, hanem a tudományos közösség autonómiájára, arra, hogy ők a legavatottabbak annak megítélésére, hogy mikor minek kötelezik el magukat.

A paradigmaváltás nem egyszerű magába foglalás, hiszen új „világ” jön létre. Inkább az az általános eset, hogy bizonyos, a régebbi paradigmának fontos részét képező kérdések érdektelenné válnak vagy legalábbis zárójelzödnek és az új paradigma, miközben megoldja a régi anomáliáinak

<sup>4</sup> Kuhn egyik saját példája a legjobb arra, hogy mi az „adott világ”. Eszerint egy arisztotelianus az eső követ látja ott, ahol a modern fizika ingamozgást állapít meg. Ennek megfelelően más-más jellegzetességeknek megfelelően alakítják ki.

<sup>5</sup> Túl messze vezetne arról elmélkedni, hogy a paradigma ismerete, legalábbis Kuhn szerint, előírja-e a paradigma részleteit, hogy rátalálásról vagy éppen feltalálásról, a részletek egy lehetséges módozatának kidolgozásáról van-e szó.

legalábbis nagy részét, egyben lehetővé teszi eredetien új kérdések felvetését is.<sup>6</sup> Szociológiailag tekintve a paradigmaváltás általában nemzedékváltás is.<sup>7</sup>

A paradigma koncepció legalább három szempontból hozott lényegesen újat a tudománytörténet tárgyalásába. Az egyik az volt, hogy ez a koncepció szakított a tudomány történetének kisebb és nagyobb növekedéseken keresztül való, folytonos induktív fejlődésként elképzelt magyarázatával, ami jól összeegyeztethető volt az individuális felfedező modelljével, az így megírt történetekkel.<sup>8</sup> Helyette a figyelmet a tudomány történetében végbemenő felhalmozódások és forradalmi változások, az érdeklődés irányváltásainak egymást követő folyamatára irányította. A másik az volt, hogy szükségszerű szerepet adott a tudományos közösségnek mint végső megismerő instanciának. Ez a közösség, mint láttuk, amennyiben tudományos megismerésről van szó, Kuhnál a kognitív ítélőképesség végső birtokosaként működik. Ezért adott történeti közösségek szociológiai értelemben vett szerkezete és kialakuló kognitív hagyománya tudományelméleti struktúrájának és dinamikájának összefüggése lett az új, metatörténetírási szinten paradigmaváltó kérdésfeltevés. Végül a paradigma koncepció egyfajta tudományfejlődés elméleti esszenciája volt annak a lecsapódott tapasztalatnak, hogy a tudomány története során nézetrendszerek, a világhoz való tudományos közelítésmódok paradigmái váltják egymást, de ezek, egymásból kifejlődésük ellenére sem köthetőek össze egyszerűen egy, a mához vezető lineáris haladás zsinórával.<sup>9</sup>

A tudománytörténet-írók között Kuhn vegyes fogadtatásra talált. Egy részük, mint pl. a Kuhn popperiánus számonkérésének locusaként elhíresült kötetben *P. Williams*, a koncepciót nem találta eléggé konkrét ahhoz, hogy konkrét tudománytörténeti helyzetekre közvetlenül alkalmazni tudja.<sup>10</sup> Az elismerten kiemelkedő profi tudománytörténésznek tartott Kuhn (erről gondoskodtak korábbi munkái), nem kívánta létrehozni a tudományos megismerés fejlődésének könnyen a történet legkülönbözőbb eseteire ráhúzható modelljét. Modellje olyan történeti absztrakció, Kuhn a *Max Weber*-féle értelemben vett ideáltipikus képet alkotott, amely csak kiindulópont lehet mind az általánosító igény számára, mind a tudománytörténeti ténykutatáshoz, nem pedig eredmény. A céhbeli történészek viszont semmiféle értelemben nem akarták feladni egyedi esetek mind részletesebb feltárására vonatkozó beállítódásukat, „a világ mind pontosabb megismerésének”, azaz a történet mint individuális esemény egyre teljesebb leírásának igényét. Így nem hajlottak arra, hogy miközben célkitűzést változtatnának, keresve a történelem általánosítható „mechanizmusát”, rögtön belekezdjenek a célhoz vezető eszköz, a paradigma koncepció fejlesztésébe, precizírozásába, belső alternatíva lehetőségeinek feltárásába is. A kuhni címadásban („A tudományos forradalmak természete”) benne rejlő realiztikus felhang túl erős volt, így hát védekezni kezdtek, legalábbis óvatosságra intettek a leegyszerűsítő történeti alkalmazással szemben. Ugyanakkor az a néhány, elsősorban tudományfilozófiai indíttatású tudománytörténész, aki Kuhnt történeti példákra alkalmazta, kimerült a példagyűjtés iskolás gyakorlatában s mintegy megtestesítette azt, ami ellen az óvatosabb történészek érveltek. Sajnálatos viszont, hogy Kuhn koncepciója heurisztikaként is kevésbé működött, nem tudta az általánosítástól ódzkodó tudománytörténészeket arra terelni, hogy közösségi struktúrákat, kognitív hagyományokat s más kuhni indíttatásokat lássanak meg és tárjanak fel az egyedi esetek eddig nem vizsgált részleteiben.

Közismert, hogy a paradigma fogalom, a szenvedélyes tudományfilozófiai vita szelétől hajt-

<sup>6</sup> A klasszikus kémia daltoni paradigmája, ha nem is a Kuhn által feltételezett Pallas Athéné formában, azzal jött létre, hogy zárójelként az elmélet számára az ötvözetek, a kémia őseredeti problémájának elméleti értelmezését. Így megnyílt az út egy olyan közelítésmód felé, amely az állandó és többszörös súlyviszonyokon alapult és heurisztikát kapott az atomokból álló világ képéből.

<sup>7</sup> A régi paradigma hívei a *Max Planck* által feltételezett „trajektóriát” követik, azaz – előbb-utóbb – kihalnak, de mindenképpen a perifériára kerülnek.

<sup>8</sup> Amelyek viszont jól kiszolgálni látszottak az „eleink dicséretének” elnevezhető funkciót, a történelmi legendárium tudománytörténeti változatát.

<sup>9</sup> E vonatkozásban a paradigma koncepció arra szólított fel, hogy a történész ne engedjen annak a csábításnak, hogy a történetet „az igazság felismerésének szükségszerű történeti folyamataként”, a ma érvényesnek tekintett ismeretekből, mint etalonból kiindulva, egyszerűen a „tévedésektől való megszabadulás” zarándokútjaként mutassa be, hanem mindenkor mint kora termékét ábrázolja a mindenkori tudást.

<sup>10</sup> In: *I. Lakatos and A. Musgrave* (eds.): *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, Cambridge Univ. Pr., 1970.

va, mégis világhódító utat tett meg. Sőt a hatvanas évek közepétől a paradigma szó a sznob nagyközönség kedvenc hívószavává vált és alacsonyodott le. Analógiaként azonban a paradigma koncepció megtermékenyítő hatású volt egy sor területen, a történelemről való gondolkodástól a művészet történetéről való elmélkedésig, függetlenül attól, hogy *G. Gutting* megállapítását elfogadva, a koncepció eközben sokszor gyorsan ki is üresedett, azaz az alkalmazók nemcsak más területre alkalmazták Kuhn koncepcióját, hanem alkalmazás közben egyszerűen elfeledkeztek a kuhni építmény sok lényegi eleméről, sablonként ráhúzható trivialisokra redukálva nézetét.<sup>11</sup>

A technológiára, a technika fejlődésének vizsgálatára a paradigma koncepciót akkor vették elő, a nyolcvanas évek elején, amikor már az alkalmazás divathulláma lefutott.<sup>12</sup> Technika- és gazdaságtörténészek, gazdaságelméleti szakírók lényegében egymás mellett találtak rá erre a lehetőségre. A technikatörténet-írásban talán *E. W. Constant II.* nagy jelentőségű könyve a gázturbinás repülőgépek forradalmáról a legfontosabb, a gazdaságtörténetben pedig az ún. evolucionista közgazdaságtan kifejlesztői találtak a paradigma koncepcióban fogalmi segédeszközt.<sup>13</sup> (Egyes tudományfilozófusok, keresve a technológia és a technológiai megismerés feltételezett autonóm racionalitásának helyét, mint pl. *R. Laudan*, próbálták ösztönözni a „technológiai paradigmák” és a paradigmaközösségek kutatását. Olyan technikasociológusok is kényszerültek szembesülni ezzel az ajánlattal, mint pl. *P. Weingart*, aki kezdettől fenntartásokat is hangoztatott a paradigma koncepció technikára való alkalmazhatóságával szemben.)<sup>14</sup>

E rövid tanulmányban csak utalhatunk az evolucionista gazdaságtanban kialakult koncepcióra és Constant nézetét foglaljuk össze, aki nagyon fontos elemzésben tárta fel a repülés történetének a húszas évektől induló kb. húsz évét. Ebben az egy konkrét folyamatot mesterien elemző és rekonstruáló munkában, *Constant* igényt tartott bizonyos általánosításra is. Eszerint a technika történetében hagyományok és közösségek azonosíthatók, amelyek irányt adnak a fejlesztői tevékenységnek: a műszaki gyakorlatnak közösségi szerkezete van.<sup>15</sup> E hagyományok apró javítása az, amit haladásnak hívnak. Ez a munka analóg a kuhni értelemben vett „normális tevékenységgel”, abban az értelemben, hogy a problémák azonosítása, a megoldások keresése és kiértékelése a hagyomány által jelölődik ki. A „normális gyakorlatba” bekapcsolódó egyének rendszerint közös képzési háttérrel rendelkeznek és hasonló karrier elvárásaik vannak éppúgy, mint a „normális kutatásnak” elkötelezett tudósoknak. Közösségbe integrálódásuk döntő része a csinálás útján való megtanulás éppen úgy, ahogy Kuhnnál. A közösségi gyakorlat tehát itt is egy kognitív univerzumot definiál, a technikai objektumok létrehozhatóságára és működésére vonatkozó tudást.<sup>16</sup> Ennek a kognitív univerzumnak a fejlesztése során bizonyos alkalmakkor a technológiák értelmezésében „anomáliákat” azonosítanak.

*Staudenmaier* „A technológia mesemondói”-ban kitűnően foglalja össze Constant definíciójának három fő aspektusát.<sup>17</sup> Először, hogy ő a technológiai hagyományt elsődlegesen kognitív valóságnak tekinti. „Ez a technológia észrevételének (perceiving) sajátos módja, amely értelmes egészzé, egy »irányító koncepcióvá« integrálja az odaillő eszközöket és technikákat. Mint ilyen, e

<sup>11</sup> Vö: *G. Gutting* (ed.): *Paradigms and Revolutions*, Notre Dame, Univ. of Notre Dame Pr., 1980.

<sup>12</sup> A technika, technológia, műszaki szavakat általában egymással felcserélhetőként használom.

<sup>13</sup> *E. W. Constant II.*: *The Origins of the Turbojet Revolution*, The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore and London, 1980.

<sup>14</sup> *R. Laudan* (ed.): *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?*, Dordrecht, Reidel, 1984.

<sup>15</sup> „A technológiai paradigma a műszaki működés elfogadott módja, ... Ez a hagyományos rendszer, ahogy azt a technológia gyakorlóinak közössége meghatározza és elfogadja. A technológiai paradigma nemcsak eszköz vagy folyamat, hanem hasonlóan a tudományos paradigmához, racionálé, gyakorlat is, eljárás, módszer, instrumentáció és a technológia egy halmazának sajátosan közös észlelési módja. Megismerés... A technológiai paradigmát a gyakorlat hagyományaként továbbítják, az aspiránsoknak a közösségi tagságra való előkészítésében” *E. Constant*: *A model for technological change applied to the turbojet revolution*, *Technology and Culture*, V.14. n.4. 555. old. Majd később: „Technológiai forradalom létrejöttével azonban a közösségi paradigma megváltozik.”

<sup>16</sup> Az analógia alkalmazásának alapja tehát a technológiai cselekvés tudásháttérének mint a műszaki objektumok működőképességét kutató szemléletmódoknak, a műszaki objektumok működőképességre vonatkozó kognitív modelleknek és ezek gyakorlati megváltoztatásának az összevetése a tudományos cselekvéssel mint kognitív modellek kidolgozásával: az igazságra és a funkcionálásra vonatkozó tudás párhuzamba állítása. A referenciatévesztés lehetősége azonban kísértőnek bizonyult: a különböző írások technológiai objektumokat, stb. referálnak és vetnek össze a tudományos tudással.

<sup>17</sup> *J. M. Staudenmaier*, *S. J.*: *Technology's Storytellers, Reweaving the Human Fabric*, SHOT and MIT Press, Cambridge/Mass and London, 1985.

koncepció fontosabb a hagyomány számára, mint annak bármely eleme. Másodszor, a kormányzó koncepció radikálisan függ a gyakorlók közösségétől, akik közösségnek ismerve fel magukat, megalkotják a kormányzó koncepciót, pontosan azért, mert meg kell határozniuk azokat a normákat, amelyeket az aspirálóknak ki kell elégíteniük, hogy a közösség tagjai lehessenek. Harmadszor, a kormányzó koncepció úgy határozható meg, mint az egyik generációtól a másiknak átadott tudástest.” Tehát, ahogy Staudenmaier kitűnően látja, Constant technológiai paradigmáinál az eszközök adott technológiai hagyományban való jelentésének, valamint a kognitív és egyéb kánonoknak az e hagyományt megtestesítő közösség által való meghatározásáról van szó. A technológiai tevékenység paradigmája egy-egy hagyományban kondenzálódó jelentésvilágon és az ezzel való bánás kánonjain alapuló gyakorlat.<sup>18</sup>

Ahogy Constant megmutatja, a húszas években még a dugattyús motorok fejlesztése volt napirenden. Adott fajta motor mint minta széles körű fejlesztésre ad alkalmat. A technikai objektum tervezésében vétett hiba „működési hibaként” jelentkezik. Ahogy Constant állítja, a „működési hiba” bizonyos esetben analógnak tekinthető a normál tudományban bekövetkező anomáliával, s a kialakuló válsággal: a normál technikafejlesztői gyakorlat szerint a gépnek működnie kellene, de nem működik. Bizonyos esetekben az adott paramétereket kielégítő működés új technikai rendszer és új paradigma kialakítását követeli meg. Más esetekben, Constant kifejezésével, „vélelmezett hiba” léphet fel. Ez úgy állhat elő, s ezt tekintette mint esetté általánosítást a saját felismerésének a technikatörténet és technikaelmélet számára, hogy adott technikai gyakorlatban még esetleg kiválóan működő technikai rendszerek esetében az elmélet már rámutathat arra, hogy a „normál gyakorlat” alapját képező technikai objektum bizonyos fokozott feltételek mellett működésképtelenné válik. Az elmélet rámutathat arra is, hogy más elveken felépítendő objektum viszont megfelelhet ezeknek a követelményeknek. Így a „vélelmezett hiba” felismerése stratégiai jelentőségű, hiszen már akkor áttöréshez vezető fejlesztésre ösztönözhet, amikor még a korábbi hagyománynak megfelelő normális gyakorlat tartalékainak kiaknázása folyik.

Nézzük meg kicsit részletesebben. Működési hiba különböző típusú esetekben jelentkezhet. S itt nem egyszerűen arról van szó, hogy adott műszaki objektum izoláltan, *de facto* nem működik. Felléphet olyan, a műszaki objektumok rendszer jellegéből következő helyzetekben, mint a „műszaki egyensúlyvesztés”, vagy a „fordított kiszögellések” keletkezése miatt is „működési hiba”.<sup>19</sup> De működési hiba léphet fel a nagy műszaki rendszerek rendszerfejlesztési követelményei miatt is, pl. a „műszaki koevolúció” követelményeként.<sup>20</sup> Más esetekben az anomáliák „vélelmezettek”. Adott tudományos elmélet, esetleg azok együttese alkalmas arra, hogy bizonyos projektált feltételekre kimondja, hogy a hagyományos technika ott kudarcot vallana, vagy egy másik megfelelőbb lenne. Ahogy Constant részletesen elemzi, a turbinahajtású repülőgépek kifejlesztésének gondolatához úgy jutottak el, hogy az új aerodinamika azt sugallta, hogy nagy magasságon, hangsebesség közeli repülésnél a dugattyús motorokhoz és a propellerhez alternatívát kell találni.

Constant szerint a tudomány és a technika paradigmái között három fő differencia állapítható meg. Ezek: először a műszaki gyakorlat sokkal erőteljesebben hierarchikus jellege, mint a tudományé,

<sup>18</sup> Staudenmaier, 1985, 65–66. old. Ami a kánonokat illeti, Constant kiemeli, hogy a műszaki tesztelhetőség, illetve a reprodukálhatóság állnak a hierarchia különösen magas fokán ebben a kognitív kánonrendszerben, de a műszaki közlésre vonatkozó előírások is különös fontosságúak.

<sup>19</sup> „Műszaki egyensúlyvesztés” lép fel, ha adott rendszer, pl. egy hajó konstrukciójában a fát pl. vassal cserélik fel, de más, ezzel szoros kapcsolatban levő elemek még nem kerültek átalakításra, noha fahajókon ezek továbbra is működőképesek. Más példát mutat N. Rosenberg a *Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840–1910* című cikkében, *Journal of Economic History*, 23. (1963), 414–446. „Fordított kiszögellés” Th. P. Hughes rendszerszemléletű történetírása szerint akkor jön létre, ha egy új rendszer, bizonyos szükséges elemek hiánya miatt, alkalmatlan arra, hogy működjön vagy optimalizálja működését. Hughes példája a „fordított kiszögellés” megszüntetésére Sperry munkássága a giroszkópon. A rendszerszemlélet előnyeinek megértésére Hughes joggal hangsúlyozza, hogy az internalista történetírás csak leírja a komplex eszközt, hozzájárulását a navigáció haladásához, míg rendszerszemlélettel érdekes, fontos más összefüggések is megmutatkoznak. Vo: T. P. Hughes: *Elmer Sperry: Inventor and Engineer*, Baltimore, John Hopkins Univ. Pr. 1973.

<sup>20</sup> A biológiai analógia mintájára „műszaki koevolúciónak” nevezhetjük azt a jelenséget, mikor adott rendszerben, esetleg különben önállóan is fejlődőképes műszaki objektumok egymás számára egymás legfontosabb környezeti elemeit képezik, amelyek így kölcsönös feltételrendszert képeznek. Constant példája szerint gőzturbinák és elektromos generátorok képezhetnek ilyen rendszert. in.: R. Laudan, 1984, 31. old.

másodszer az „áldozathozatal” eltérő módja,<sup>21</sup> és végül a gazdasági és társadalmi kritériumok eltérő szerepe.

Ahogy Constant erre rámutatott, a műszaki gyakorlat hierarchikus jellege terminus legalább három dologra vonatkozik. Először, hogy a műszaki rendszerekben, a működés megvalósításának kényszere miatt az interfész kényszerek különösen szigorúak. Ugyanakkor az ebből adódó tervezési problémák „hierarchikusan lebonthatóak”. Ebből következően viszont, a rendszer jelleg követelményének állandó jelenléte a specialista közösségek közötti állandó interakciót követeli meg, azaz a tervezésnek állandóan egymásra tekintettel kell folynia.

Az interfész kényszerek a rendszer holisztikus jellegét testesítik meg. Ezért érvényes az az ökölszabály, hogy a rendszer optimuma nem a rendszer elemeinek optimális működéséből adódik össze. Constant találóan mutatott rá, hogy e holisztikus jelleg miatt követel a tervezés inkább szintetikus, mint analitikus és kompromisszum alkotási képességet. Fontos, hogy a tervezés során létrejöjjön a specialista közösségek közötti állandó interakció. (Pl. anyagtudományi, turbinatervező stb. specialistáknak kell egymásra tekintettel tervezniük a repülőgépek fejlesztésében.)<sup>22</sup>

Constant szerint eltérő az „áldozathozatal módja” is: az „elég jó” a tudományban és a technikában eltérően definiálódik. A technológia ugyanis közvetlenül és nem „helyettesítő módon” (vicariously) vizsgálja a természetet: a repülőgépek leesnek, a gépek felrobbannak stb. Ezért a technológusok olyan „szabadságot” engednek meg maguknak, amit a tudósok általában nem tehetnek meg, a mérnökök ugyanis kétség esetére pl. túlterveznek. Lényegesen különbözik az is, hangsúlyozza Constant, hogy mit fogadnak el legitim leegyszerűsítésnek. A mérnökök legtöbbször megelégedhetnek pl. a fenomenologikus termodinamika használatával.

Constant úgy látta, hogy a műszaki gyakorlatban világosan megkülönböztethető közösségek és hagyományaik mutathatók ki, noha a határok nem olyan élesek, mint a tudományos diszciplína vagy szakközösségeknél. A közösségek megléte nem jelent azonban azonos, hanem csupán jól szelektált irányulást.<sup>23</sup>

A tudományos paradigmák cseréje új „világgal” cseréli fel a régit, a már nem érvényes ismeret csak technikai közelítésként, csak instrumentális funkcióban maradhat fenn. Más a helyzet azonban a meghaladott technológiai paradigma esetében. Noha a technológiai „paradigmaváltásnál” is teljes szemléletváltás jön létre, hiszen a technológiai paradigmaváltás újradefiniálja, hogy mit tekintenek „működőképesnek” az új gyakorlatban az annak megfelelő kritériumok szerint, a régi mégis működőképes marad azok számára, s ebben az értelemben megőrzi érvényességét (esetleg előnyeit is), akik esetleg csak korlátozott időre és térben továbbra is csak a régi világban akarnak élni: a működések világa heterogén maradhat. Ez egyértelmű nem-analógia tudomány és technika fejlődése között.<sup>24</sup>

Nem-analógia áll fenn abban is, hogy – Constant sejtésben általánosított megfigyelése szerint – technológiai paradigmaváltás esetében általában új, kívülről jött nemzedékre van szükség annak felismeréséhez és véghezviteléhez. Constant indoka az, hogy „vélelmezett anomáliát” új elmélet alapján kell kidolgozni, s ehhez új szereplők kellene, akik már ezt az elméletet tanulták.<sup>25</sup>

Constant eredetileg „működési” és „vélelmezett anomáliákat” vélt jellemzőnek a technológiai tudás fejlődésére. 1981-ben már jól látta azonban azt is, hogy a technológia fejlődésében általa elemzett két anomália típus csak részhalmaza a lehetséges anomáliáknak. Ekkor már arról ír, hogy

<sup>21</sup> Az „áldozathozatal” terminussal kapcsolatban emlékeztetünk a kibernetikus *H. Simon* munkásságára, aki bevezette ezt a terminust.

<sup>22</sup> Szerinte a természettudományokban is megtalálhatók a sok diszciplínában hasznosuló speciális ismeretek, mint amilyen például a spektroszkópia. Ki kell azonban emelnünk, hogy a „technológiai közösségek” mint kognitív közösségek azonosítása nem ezért igazán problematikus, hanem azért, mert, ahogy ő is látja, a „technológiai közösségek” heterogének.

<sup>23</sup> Constant a Honda és az Oldsmobile kocsikat hozza fel példának a finom variációk meglétére.

<sup>24</sup> in: *R. Laudan*, ... old.

<sup>25</sup> Constant szerint „Régi közösségek és hagyományok sohasem szültek gyökeresen új technológiákat. A dugattyús repülőgépmotorok egyetlen gyártója sem talált fel vagy fejlesztett függetlenül turbinahajtású gépet.” in: *R. Laudan*, 1984, 30. old. Hasonló megjegyzések mutatják, hogyan orientálhat egy új technikátörténeti nézőpont korábban nem vizsgált relációk kutatására, ill. azt, hogyan használhatja fel a technikamenedzsment a történetet arra, hogy tanácsokat adjon, hogyan lehet elősegíteni az innovációt megfelelő szervezeti változtatásokkal.

megváltozó törvényi szabályozások vagy eladási stratégiák stb. mind kiindulópontjai lehetnek anomáliák létrejöttének, amelyek a műszaki fejlesztés irányának megváltoztatására ösztönözhetnek. Igenlően ismétli ezért R. Laudan véleményét: a szervezet, a vállalat stb. funkcionális magjában levő aktuális műszaki gyakorlat anomáliái minden irányból iniciálódhatnak, hiszen a technika mindig az egész társadalom függvénye.

Érdeemes ezzel kapcsolatban utalnunk arra, hogy ez világos nem-analógia a kuhni értelemben felfogott tudomány esetével szemben, s hogy Kuhn ugyan elvileg elképzelhetőnek tartotta, hogy új kognitív értékeket fogalmazzanak meg és ez ösztönözzön a normális kutatási gyakorlat megváltoztatására, azonban mégis lényegében változatlanul tekintette a tudományos kutatást vezérlő kognitív értékrendszerre. A technikai változásoknak azonban nyilvánvaló kísérője, hogy, miután változnak azok a társadalmi értékek, amelyek vezetnek, kognitív értékei is változásokon mehetnek keresztül.<sup>26</sup>

A „működési hiba” kiküszöbölése megkövetelheti új tudományos paradigma kidolgozását is. Ez az a pont, ahol rámutathatunk arra, hogy a tudomány paradigma modellje egy további ponton is csak analogikus viszonyban lehet a tudomány fejlődésével és ezért óvatosságra van szükség alkalmazásában, miközben viszont a negatív analógiák szisztematikus összevetése is heurisztikus lehet. Nézzük a „működési hiba” esetét. „Működési hiba” esetén mindenekelőtt egy technikai szabályrendszer problematikussá válásáról lehet szó. Emögött vagy áll tudományos tudás vagy nem. Ha igen, s úgy próbálkozunk, hogy feltételezzük, hogy a technikai szabályrendszer működésének csődjéből a tudományos ismeret problematikusságát is sejtjük, akkor az a valószínűleg nagyon ritka eset állna elő, hogy a technológia csődjé tudományos anomáliára utalna. Sokkal inkább azonban egyszerűen az a helyzet, hogy adott tudományos ismeretek szintjén semmiféle problémát nem jelent, hogy adott technika bizonyos feltételek között nem működik, hiszen egyszerűen a háttérül szolgáló tudományos ismeret már ismert érvényességi határához értünk, ezért ilyen eseteknek semmi köze a Kuhn féle anomáliához.

A „vélelmezett anomália” kiküszöbölése viszont biztosan nem vezet tudományos válsághoz, hiszen itt háttérnek egy tudományos elmélet (esetleg több tudományos elmélet) normális működése(!) szolgál: az „anomália”, adott műszaki objektum működésképtelenségére vagy gyenge működésére vonatkozó tudás levezethető adott tudományos elméletből. Itt tehát a „technológiai paradigmában”, a technológiai kutatást vezérlő tudásban megjelenő új ismeret projekció arról, hogy adott fajta műszaki berendezés bizonyos szimulált feltételek között működésképtelenné válik, s e műszaki berendezésfajta új generációjára van szükség.

A „technológiai paradigmaváltás”, a működésmódra vonatkozó tudás paradigmatis megváltozása nem hasonlít abban sem a tudományos paradigmaváltáshoz, hogy itt nem egy diszciplínán belüli vizsgálati módnak a másikkal való felcseréléséről van szó csupán. Ahhoz, hogy az új korszaknak technológiai paradigmául, korszakalkotó műszaki vívmányként szolgálhasson valami, új műszaki objektumnak kell létrejönnie. Ez pedig rendszerint több terület „egyidejű” lényeges megújítását követeli meg. Az új műszaki objektum sokféle tudás „szintézise”, konkretizálása egy materiálisan létező rendszerben. És adott anomália kiküszöbölésére elindított kutatómunka a műszaki objektum megvalósítása előtt megjelenő újabb, nem feltétlenül legyőzhető kényszerfeltételekbe ütközhet.<sup>27</sup>

A paradigma koncepció alkalmazhatónak bizonyult a technikapolitika vizsgálatára is. *D. Wojick* vázolt egy, paradigma analógián alapuló hipotézist az értékelési politika dinamikus struktúrájának feltárására.<sup>28</sup> *Wojick* konceptualizálásában az értékelési politikában mind „tények” (tudományos elméletek, mérnöktudományi elvek), mind értékek funkcionálnak szabványként. *Wojick* az értékek

<sup>26</sup> Mikroszinten mesteri elemzést kapott ez a helyzet *Pynch* és *Bijker* úttörő tanulmányában. Vö. pl. *W. E. Bijker, Th. P. Hughes, Tr. J. Pinch* (eds.): *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge/Mass, MIT Pr., 1987. Makroszinten jelent meg ez a probléma a környezet védelme mint érték mai megszilárdulásával és ebből következően pl. a hatáselemzés és a nyílt rendszerekre vonatkozó megbízható állítások kidolgozásának igényével.

<sup>27</sup> *Constant* példája szerint: a szükséges égésintenzitás eléréséhez nélkülözhetetlen magas hőmérsékleten is megfelelő ötvözetek kellenek (volna). A szakértők kezdetben kételték ilyen ötvözetek létrehozásának lehetőségét is.

<sup>28</sup> in: *G. Bugliarello, D. B. Doner* (eds.): *The History and Philosophy of Technology*, Urbana, Illinois, Univ. of Illinois Pr., 1979.

változására alkalmazza Kuhn koncepcióját. Ahogy *Gutting* helyesen állapítja meg, „Constant és Wojick közelítésmódjai... komplementárisak. Constant előfeltételezi az értékelési politikát és értékelési eljárásokat, és a nekik konform technológiai rendszerek fejlődési folyamatára koncentrálnak. Wojick előfeltételezi az új technológiai rendszereket és az értékelési politikák és eljárások fejlődési folyamatára koncentrálnak.”<sup>29</sup>

Megállapíthatjuk, hogy Constant úttörő jellegű munkát végzett, amely a történészek közül elsősorban a gazdaságtörténészeket ragadta meg. Koncepciója azonban több alapvető hibában szenved. Az egyik az, hogy Kuhn modellje túl szűk a technika fejlődésének magyarázatához, amit Constant nem lát világosan. Ugyanis Kuhn tudományfejlődés koncepciójában lényegében változatlan kognitív értékek mellett jön létre a paradigmaváltás, a technika változásának pedig eléggé szembeötlő sajátossága, hogy társadalmi értékvtások lényegesen befolyásolhatják a műszaki objektum funkcionálására vonatkozó nézetet. Ahogy *Bijker* és *Pynch* kimutatja, új „releváns csoportok” számára a „technikai működésképeség” is átértelmeződik, számukra a korábban, más csoport számára funkcióképesnek elfogadott technika válságban levőnek mutatkozik, „működési hibában” szenved.

Másrészt baj van Constant „anomáliáival” is. Mint előbb láttuk, bizonyos működésmód vagy annak hiánya „működési hibának” minősül egy új közösség számára. Ezért a válság ekkor nem kognitív folyamatként indukálódik, ahogy akkor van, amikor pl. természettudományos törvény megsértése miatt nem működik az adott technikai berendezés. Új technikát azért kell létrehozni az új közösség számára, mert a régi, értékkritikai alapon elfogadhatatlanná vált. A „vélelmezett anomália” pedig, mint láttuk, csupán a „működőképeség” megjósolt hiánya, mégpedig egy érvényesnek tekintett tudományos paradigma alapján. Így ugyan vannak „technológiai közösségek”, ezek elköteleződnek hagyományoknak, de e hagyományok meghaladása, új hagyománnyal való felváltása sokszor nem paradigmaváltás jellegű, a szót Kuhn értelmezésében használva, a válságok és megoldásuk mechanizmusai ettől sokszor eltérő jellegűek. Továbbá, ahogy Constant is látta már, a „technológiai közösségek” sokkal heterogénebbnek bizonyulnak, mint a tudományosak. Végül csak jelezzük, hogy problémákhoz vezet az is, hogy e koncepció a technika fejlődését, amelyben tudás és tárgyiasságformák is megváltoznak, úgy tárgyalja, mintha az pusztán tudásváltásként is leírható lenne.

Csak néhány szót arról, hogyan építette be a nyolcvanas évektől diadalmenetben fejlődő evolutionista közgazdaságtan a „technológiai paradigmákra” vonatkozó elképzelését nézetrendszerébe, mint amely segít megoldani a korábbi gazdaságtani közelítésmódok dilemmáját. Korábban ugyanis a „feltalálást” a gazdasági szükségletből eredeztető „gazdasági szívóhatás” ill. a „felfedezésből” létrejövőnek feltételezett „technológiai nyomóhatás” modellekkel (a schumpeteri közelítés) magyarázták. E két modell azonban nemcsak kizáró viszonyban volt egymással, amit egy eklektikával el lehetett fedni, hanem közös hiányosságukként mindkettőt hallgatott arról, mennyiben van (saját) mechanizmusa a technológiai fejlődésnek, hiszen vagy azt feltételezték, hogy a technikai fejlődés inger – válasz mechanizmusban jön létre a gazdasági szükséglet hatására, vagy a technika és gazdaság viszonyával csak attól kezdve foglalkoztak, hogy az új technika már létrejött. E modellek egyesítésével létrejövő magyarázó séma szerint a technikának gazdasági nyomásra inger – válasz reakcióban kellene létrejönnie és ettől kezdve további gazdasági folyamatokat indukálnia.<sup>30</sup> Az e nézetben jelentkező leegyszerűsítés azonban ellentétes a technikatörténészek tapasztalataival.

Vitathatatlan, hogy egymást kölcsönösen kielégítő technikatörténetnek és gazdaságtörténetnek számot kell tudni adnia arról a mechanizmusról, amely szerint a technika és gazdaság kölcsönhatása végbemegy. A mai evolutionista gazdaságelmélet és az attól befolyásolt gazdaságtörténetírás a valamilyen módon elképzelt „technológiai paradigmák” egymást váltására hivatkozik mint a műszaki tevékenység (belső) mechanizmusára.<sup>31</sup> A technológia fejlődése, foglalja össze nézetének

<sup>29</sup> In: *R. Laudan*, 1984, 55. old.

<sup>30</sup> A technikát csak termelési tényezőnek azonosító gazdaságtörténeti és elméleti absztrahálási tendencia van a háttérben. A mai reorientációban pedig annak felismerése, hogy a gazdaság fogalma bővül.

<sup>31</sup> Ez a tudományelméletre való hivatkozás sok esetben alapvetően zavaros. Így pl. arról beszélnek, ami „közös” *Kuhn* és *Lakatos* modelljében.



alapját különböző szerzőtársakkal írt számos írásban *G. Dosi*, a »természetes szelekcióval« analógiában egy interaktív környezetben innovációs próbálkozások (paradigmajelöltek) versengésében megy végbe.<sup>32</sup> A paradigma koncepció szerinte azokról a kényszerekről ad számot, amelyek meghatározzák a technológiai változás arányát és irányát, függetlenül a piaci hatásoktól. Ezek a kényszerek lényegében a paradigmában megfogalmazódó kognitív kényszerek. Másrészt a paradigma önmaga által létrehozott „technológiai egyensúlyvesztéseket” és ezek kiküszöbölési törekvéseit jelenti.

Technikaszociológusok már a nyolcvanas évek közepén felhívták arra a figyelmet, hogy a „természetes kiválasztódás” valóban csak analógiaként alkalmazható, hiszen, ha van technológiai verseny, az részben és legalábbis kezdetben az „ígéreték imaginárius piacán” megy végbe, míg a természetes kiválasztódás létezők között működik. Sőt, mechanizmusok jöttek létre a történelemben, amelyek mintegy „niche” teremtettek ezen ígéreték számára, mint a tudományos park, vagy pl. a találmányi védelem.<sup>33</sup> *Rip* és munkatársa, akik e figyelmeztetést tették, úttörő tanulmányban értelmezték a találmányi védelem fontos szerepét a szerves színezékipar 19. századi kifejlődésében. Ezzel példát mutattak arra, hogyan vezethet történetírói reorientációra, hogy mutathat új utakat egy-egy konceptuális felismerés.

Ez persze csak lehetőség a reorientációra. A technikatörténet-írás, különösen ahol a német hatások erősek, még erősen a historizmus individualizáló szemléletmódjának hatása alatt van. Eszerint a történész csak forrásai interpretálásáig mehet el, ez szakmai limitje, ahhoz keres módszereket, s nem foglalkozik a történelmet magyarázó elméleti konstrukciókkal (a „történetfilozófiai” modellekkel a demarkáció ezen felfogása szerint). Azt hiszem, hogy a magyar technikatörténet-írás még mindig német hatás alatt van. Ezért ereje a forráskutatás és talán gyengéje mind a szociológia és gazdaságtan eredményeinek alkalmazása, mind az elméleti modellek felállítására törekvés. Arra próbáltunk rámutatni, hogy e „segédtudományok” és elméleti modellek orientációváltást eredményezhetnek a történetírói tevékenységben és idáig forrásnak nem tekintett területek bevonásához is vezethetnek. Ezzel kétségtelenül pozitív hatást gyakorolhatnak a technikatörténet-írásra, hiszen a bármennyire is egyedi esetet rekonstruálni törekvő kutató is modellál és „történeti tényekhez” és nem a tényekhez jut el, hogy a neves történész *Carr* figyelmeztetésére emlékeztessünk.

A technikai fejlődés paradigma koncepciója a mai technikatörténet-írás frontvonalából tekintve egy további, döntő hibában szenved. A paradigma koncepció eredetileg a tudományos közösség zárt működésének mechanizmusát feltételezte. A mai mikroszociológiai jellegű technikatörténet-írás pedig részletekben mutatja ki, miközben mind több, a középszintű elmélet alkotásához szükséges fogalomemlekezethez jut el, hogy még azokban az esetekben is, amelyek a Kuhn-féle analógiával a technikai fejlődés normális szakaszának minősülnek, a pontosabb analízis eredményeként egy állandó mikroszociológiai konstruálási folyamat bonyolult szövedéke adódik.

A tudomány változásainak paradigma modellje analógiaként mégis pozitív szerepet kapott abban, hogy a technikatörténészek figyelmét az egyes felfedezések felhalmozódásának képétől a technológiai közösségek által fenntartott hagyományok és új technológiai generációk nem-folytonos megjelenésének képe felé fordítsa. Szisztematikusan alkalmazva a nem-analógiák is fontos felismerésekhez segítettek hozzá. Így a „technológiai paradigmák koncepciója” megtette a félutat a „determinisztikus dinamók” típusú technikai determinista történetírás és a rendszerszemléletű, mikroszociológiai érzékenységgű új, a „hibátlan szövedékű hálókat” kutató új történetírás között.

<sup>32</sup> Pl. *Technological Paradigms, Patterns of Learning and Development*, IASA Working Paper, WP-94-83, 1994.

<sup>33</sup> In: *Wiebe E. Bijker–Thomas P. Hughes–Trevor J. Pynch* (eds.): *The Social Construction of Technological Systems*, MIT Press, Cambridge/Mass., 1987, 135–159. old.

