

KOCSIS ÉVA–SZABÓ KATALIN

Modularitás és változatossági hozadék

„... az elemek önállósulnak, szabadok lesznek, mindegyik külön életet él, végtelen kombinációs lehetőséget nyitva meg. Addig minden szilárd, megadott, statikus, hagyományos volt. Most minden folyékonyá, változtathatóvá, dinamikussá, egyénivé válik... De ennek visszája is van: egyúttal minden gépies, irányítható, egyenlő értékű, egyöntetű lesz.”

Egon Friedell [1995] 288. o.

A napjainkban zajló információs forradalom számos stabilnak hitt összefüggést felborít. A „szérianagyság”, amelyet sok évtizeden keresztül a gazdaságos termelés kulcsaként tartottak számon, sok esetben szinte nem is értelmezhető, hisz a termékek egyre nagyobb hányada ma már nem szériatermék. Az azonos modulokból sokféle kombinációban összeállított végtermékek lehetővé teszik, hogy a vállalatok úgy igazodjanak megrendelőjük igényeihez, hogy közben ne adják fel a tömeggyártás elvét sem. A modularitás alól egyetlen terület sem vonhatja ki magát, az egyetemi curriculumokat éppúgy modularizálják, mint az értékpapírokat vagy a személyi számítógépet. Ez utóbbit például a Dell Computer 16 millió (!) különféle változatban kínálja vevőinek. A cikk modularitás dinamikus előretörésének okait elemzi, e folyamat előnyeit, korlátait és árnyoldalait egyaránt bemutatva. A szerzők a modularitással összefüggő változatossági hozadék (*economies of scope*) elemzésével zárják írásukat. A modularitásból fakadó lehetőségeket kihasználva, a cégek egyaránt hasznot húzhatnak a méretgazdaságosságból (az egyes modulok minél nagyobb szériában való előállítására révén) és végtermékek egyéniesítéséből.

Az utóbbi egy-két évtizedben a közgazdászok figyelmét mind jobban magára vonta egy jelenség, pontosabban irányzat, amely korábban inkább csak a műszaki szakembereket foglalkoztatta. A *modularitás*, amely már sok-sok évtizede fontos helyet foglalt el a terméktervezők, folyamatirányítók, fejlesztőmérnökök gondolatvilágában, lassan túlterjeszkedett a műszaki univerzum határain, s meghatározó üzleti, közgazdasági trenddé vált. Manapság már nagyon sok cég moduláris konfigurációkban kínálja termékeit. Az azonos modulokból sokféle kombinációban összeállított termékek lehetővé teszik, hogy a

* A tanulmány az OTKA T032321 sz. kutatási szerződés keretében készült.

vállalatok úgy igazodjanak megrendelőjük igényeihez, hogy közben ne adják fel a tömeggyártás elvét sem. Az egyes modulokat nagy tömegben termelik, a belőlük összeállított konfiguráció azonban akár vevőnként is változhat.

A Dell Computer kitűnő példával szolgál arra, hogy miként lehet egy bonyolult terméket a modularitás elvét alkalmazva, egyéni megrendelésre előállítani. A fogyasztók telefonon bement-ják, vagy e-mailban leírják, hogy milyen számítógépet akarnak. Közölhetik a gyártóval azt, hogy milyen legyen a gép külseje, mekkora legyen a monitor, milyen gyors legyen a mikroprocesszor, mekkora kapacitású merevlemez óhajtanak. Megválaszthatják továbbá, hogy milyen legyen a billentyűzet, az egér, kérnek-e videokártyát, modemet, hangfalat, adattároló rendszert, vagy sem, és milyen szoftverekkel kívánják magukat felszerelni. A lehetséges kombinációk száma meghökken-tő – csak az asztali számítógépmoelleket alapul véve –, közel 16 millió (!). A Dell csak a rendelés beérkezése után kezdi a számítógépet összeszerelni, s azután a készterméket néhány nap múlva közvetlenül a megrendelő lakására vagy irodájába szállítja. A Gateway 2000, a Micron Technology s a Compaq Computer is készíti egyedi kérések szerinti számítógépeket (*Cox–Aim* [1999] 16. o.).

Az Egyesült Államokban a fogyasztók a gyógyszergyártóktól olyan multivitamin-kapszulát rendelhetnek, amelyet egyetlen beküldött hajszáluk alapján (!) állítanak össze. A kapszula pontosan a szervezetük megkövetelte vitaminokat, ásványi anyagokat és növényi kivonatokat tartalmazza. Természetesen a vitaminokat vagy nyomelemeket ezek a gyárak is tömeggyártásban termelik, vagy nagy tételben vásárolják, de amit a vevő kap, az végül is teljesen egyéni termék. Ismert világcégek olyan személyre szabott (!) kozmetikumokat kevernek ki a szebbik nem egyes képviselői számára, amelyek az ő – senki másával össze nem téveszthető – bőréhez igazodnak. Természe-tesen az egyes alkotóelemek ez utóbbi esetben is nagy tételben készülnek.

A háztartáskészülék-gyártók például eleve úgy ajánlanak tűzhelyeket a lehetséges vevőknek, hogy a tűzhely bizonyos részei (a tűzhely melegítő része és a csatlakozódugók) más konyhai berendezésekhez, például kerti grillsütőhöz vagy palacsintasütőhöz is használhatók (*Schilling* [2000] 312. o.). Ha az idtown.com webhelyre kattintunk, akkor a saját szemünkkel győződhetünk meg a modularitás kínálta korlátlan lehetőségekről. Ez a hongkongi cég majdnem végtelen variációban állít össze karórákat a fogyasztók számára, méghozzá ugyanazon az áron, amibe a közönséges órák kerülnek. A kiadókat is megérintette a modularitás. Ők a különböző könyvek fejezeteiből, cikkekből, esettanulmányokból vagy éppen saját anyagaikból állíthatnak össze gyűjteményes kiad-ványokat akár egyetlen vevő számára is. Könyveket adnak ki, amelyekben a fejezetek az egyes vevők szakmai érdeklődése szerint sorakoznak egymás után.¹

Az általános trend alól azonban a szolgáltatási szektor vállalatai sem vonhatják ki magukat: a modularitás előnyei különösen szembeszökők olyan cégek esetében, ame-lyeknek szinte kizárólag ez a versenyelőnyük.

A *McDonald's* szolgáltatja a legjobb példát arra, hogy miként nyújtható tömegméretekben ma-gas színvonalú szolgáltatás a *termékek és megoldások uniformizálása és sajátos modularizálása* révén – igencsak iskolázatlan munkaerő alkalmazása mellett. A *McDonald's* a világ bármely or-szágában uniformizált minőséget és választékot képes nyújtani, amelyből ki-ki étvágyának és pénz-tárcájának megfelelő komplett ebédet, uzsonnát vagy vacsorát állíthat össze. „Az OECD számára dolgozó innovációkutató Henry Ergas szerint az utóbbi idők két legfontosabb amerikai találmánya a személyi számítógép és a *McDonald's féle hamburger*”, mert ez utóbbi „lehetővé tette azonos minőség biztosítását, függetlenül attól, hogy a földkerekség több mint 13 ezer szolgáltatóegysége közül melyikben veszik azt igénybe.” (*McRae* [1996] 45. o.)

A *McDonald's* távolról sem áll egyedül ebben a szolgáltatások szférájában. A modulá-ris elv alkalmazása különösen kézenfekvő a pénzügyi szolgáltatások területén: „Semmi sem könnyebb, mint a részvényeket és más *értékpapírokat modularizálni*. A pénzügyi szolgáltatások nem anyagi dolgok, nincs kézzel fogható tárgyi megjelenésük, igazán nem

¹ Ez utóbbira például már saját magyar egyetemi kiadónk, az Aula is vállalkozik.

nehéz ezeket formálni, nincsenek bennük sem szegek, sem vezeték, sem bonyolult komputerkódok. Minthogy a pénzügyi tudományok kifinomultak és meglehetősen fejlettek, ezek a szolgáltatások könnyedén definiálhatók és elemezhetők, s igazán nem nehéz részekre tagolni őket.” (Baldwin–Clark [1997] 89. o.)

A hetvenes-nyolcvanas években a *hitelképesség megítélésében* a pontozásos rendszer a legtöbb hitelművelten felváltotta az egyéni mérlegelés módszerét. A hitelminősítőknek csak bizonyos sémákat, kereteket, „gondolkodási modulokat” kellett mechanikusan alkalmazniuk. Ilyen módon a bankalkalmazottak önálló ítéletalkotás nélkül is kiutalhattak hiteleket, ami a bankoknak kevésbé tapasztalt, ennek megfelelően *olcsóbb munkatársak* alkalmazását tette lehetővé.

A modularitás nemcsak egy-egy termék termelésében, de felhasználása, illetve fogyasztása során sem számít kivételesnek. Ez utóbbi esetben a modularitás lehetővé teszi, hogy a fogyasztó a saját ízlésének és igényeinek megfelelő kombinációban *rakja össze* vagy *kapcsolja össze* valamely komplex végtermék elemeit.

Vegyük például az ágyat! Legtöbbször más-más cégtől vagy eladótól vásárolunk ágykeretet, matracokat, párnákat, takarókat. Ezek az elemek mégis tökéletesen összeillenek, mivel a szóban forgó javak gyártói *standard méretekhez* igazodnak. A gyártók egymástól teljesen függetlenül kísérletezhetnek olyan új termékek és koncepciók kifejlesztésével, mint amilyen például a matrac vagy a kevertszálás ágyneműk stb. És számíthatnak arra, hogy a vevők igazolják törekvéseiket, mindaddig, amíg a *modulok illeszkednek* a szabványos méretekhez.

A modularitás térhódítása nem korlátozódik csupán a hagyományos értelemben vett termékekre, szolgáltatásokra vagy a technológiai folyamatokra. Az évezred fordulójára a modularitás *általános szervezőelvvé* vált a gazdaságban és a társadalomban egyaránt. A szervezetelmélettel foglalkozó kutatók például a maguk területén ma az egyik legjellemzőbb irányzatként tartják számon azt, hogy számos hierarchikus nagyszervezet lazán összekapcsolt termelőegységekre, „szervezeti modulokra” bomlik, amelyet a változó körülményekhez igazodva raknak újra meg újra össze. A szervezet többé már nem egyértelműen körülhatárolható egység, hanem inkább „... kerékagy külső szállítók és specialisták hálózatával körülölelve, leginkább a legókockákhoz hasonlít, amelyhez könnyen lehet részeket hozzátenni vagy elvenni.” (Dess és szerzőtársai [1995] 7. o.) A szerződéses gyártók laza füzére vagy a stratégiai szövetségek rendszere mind felfogható úgy is, mint a modularitás elvének sajátos megtestesülése az ipari szervezetben (vö. Tully [1993], Osborn–Hagedoorn [1997], Zenger–Hesterly [1997]).

A modularitás erősödésére (elsősorban az Egyesült Államokban) az oktatási rendszerben, az építészetben, az irodalom és a zene világában is felfigyeltek (Blair [1988]). Széles körben érvényesül ez az elv a tudományos kutatásban vagy a médiában is. Extremitásnak tűnik, de modularitás egy sajátos változata még a vallás területén is megjelenik.² E jelenségeket látva különös erővel vetődik fel a kérdés, mi az oka annak, hogy a modularitás éppen most – és nem 50 évvel előbb vagy 30 évvel később – jelentkezik ilyen generális formában, mindent átható trendként. Mi az oka a modularitás térfoglalásának és erősödésének? Jóllehet a modularitással a műszaki és a menedzsmenttudományokon kívül is számos kutató foglalkozik (a matematika, a kognitív tudományok és a nyelv fejlesztése, a biológia vagy a társadalmi rendszerek területén), de tudomásunk

² „...említésre méltó trend a *hitek szinkretizmusa*, amelyben az ember kombinálni akarja más hitek darabkát az övével. ...Egy ember a buddhistákhoz hasonlóan tisztelheti az élet valamennyi formáját, katolikus módra hihet az angyalokban, mormon eszméi lehetnek a család fontosságáról, miközben szeretheti az evangélikus egyház rituáléit és tradícióit. A különböző vallásoknak ez az összeolvadása különösen nyilvánvaló a New Age híveinek esetében (Hámori [1998] 133. o.).

szerint néhány kivételtől eltekintve³ senki sem foglalkozott igazán a feltett kérdéssel. Még kevésbé fejlesztettek ki általános modellt a modularitás erősödésének magyarázatára. Cikkünkben legalább egy metszetben (az üzleti gazdaságtan összefüggésében) megkísérelünk választ adni a feltett kérdésre, ha természetesen nem is végleges vagy cáfolhatatlan választ.

Mi a modularitás?

A modularitás térhódítását látva, aligha vonható kétségbe az a legközelebbi jövőre vonatkozó előrejelzés, miszerint „a legtöbb területen a gyártók – a hálózati és az üzleti menedzserek – mindent meg fognak tenni azért, hogy termékeiket mindazokkal a jellemzőkkel és tulajdonságokkal felruházzák, amelyekre a fogyasztónak egyáltalán igénye lehet. Ugyanakkor a kereskedők immár *modulokban kínálják ezeket a termékeket*, s a vevőknek csak azokat a részeket, modulokat kell megvásárolniuk, amelyekre éppen szükségük van (Pace [2000] 47. o.).

A modularitás meghatározása

Modularitásról akkor beszélünk, ha egy terméket, szolgáltatást vagy folyamatot elemeire bontanak, az elemeket külön-külön állítják elő (akár szervezeten belül vagy jogilag elkülönült egységekben) vagy szolgáltatják, majd valamiképpen összeillesztik őket. „Egy rendszer akkor mondható nagymértékben modularizáltnak vagy modularizálhatónak, ha komponenseire bontható, és a komponensek kombinálásával új konfigurációk létrehozására alkalmas – beleértve a különféle új összetevőkkel való helyettesítés lehetőségét is, miközben a rendszer funkcionalitásában a lehető legkisebb veszteség keletkezik. Az ilyen rendszerek komponensei viszonylag függetlenek egymástól, s ha ezek kompatibilisek a rendszer architektúrájának bármely elemével, akkor kombinálhatók egymással.” (Schilling [2000] 315. o.) Az iparban már régóta ismerik és alkalmazzák a *moduláris építkezést* a termelési *folyamatok* szervezésében és a *termékek* felépítésében egyaránt. Az ipari gyártók már legalább száz éve követik ezt az elvet, minthogy bonyolult terméket mindig is könnyebb volt úgy előállítani, ha a gyártási folyamatot *modulokra*, jól elkülöníthető „*cellákra*” bontották. Klasszikus példával szolgált erre a házgyárak vagy még előbb az autóipar. Az autógyártók rutinszerűen gyártották teljesen különböző helyeken az autó alkatrészeit, s csak a végső összeszereléshez szedték ezeket ismét össze. Megtehették, minthogy az autó minden egyes elemét tökéletesen megtervezték. A modularitás – mivel a modulok számának növekedésével gyorsulón nő az inputok adott készletéből elérhető lehetséges konfigurációk száma⁴ – nagymértékben fokozza a termelési rendszer rugalmasságát. Egy bonyolultabb termék egyes moduljaiért általában különböző cégek vállalnak felelősséget, és a termék kollektív erőfeszítésük eredményeként jön létre.

Modularitást azonban bármely termék, illetve folyamat esetében csak akkor lehet kialakítani, ha annak *részei precízen, egyértelműen elválaszthatók, és önmagukban véve is komplettek*. Nehéz pontosan megmondani, hogy mi tekinthető komplett részegységnek. Mindenesetre az a tény, hogy a legtöbb terméket alkatrészekből szerelik össze vagy

³ Ilyen kivétel a cikkünkben később többször idézett Schilling [2000].

⁴ A számelmélet, amelynek ugyancsak a modularitás az egyik legfontosabb kategóriája, megvilágítja ezt az összefüggést. Ha azt vizsgáljuk, hogy az egész számokat hányféleképpen lehet elemekből összeállítani, akkor azt találjuk, hogy míg a 3-at csak háromféleképpen lehet összerakni pozitív egész számokból, a 30-at már 5604-féleképpen a 39-et pedig 30 185-féleképpen (Peterson [2000] 397. o.).

vegyi összetevőkből szintetizálják, még nem meríti ki a modularitás fogalmát. A dologhoz az is hozzátartozik, hogy több alkatrészből álló komplex modulok vagy önmagukban is megálló elemek legyenek a termékben, amelyek adott esetben „egyben” kicserélhető, mással helyettesíthető. Ha az autóra gondolunk, tudjuk, hogy a fényszórót vagy a zár szerkezetet „egyben”, modulként kezelik, azonban a csavarok vagy más rögzítőelemek nem tekinthetők modulnak. Ha a vitaminkapszula példáját tartjuk szem előtt, akkor lényeges feltétele a modularitásnak az, hogy egyes alkotórészek önmagukban, a többtől elkülönítve kezelhetők, egyesek közülük elhagyhatók, mások hozzátehető a keverékhez. *Rugalmas kombinációról* van tehát szó, nem egyszerűen csak arról, hogy több elemből kevernek össze vagy állítanak elő valamit. A modularitás feltétele továbbá az is, hogy a termék vagy szolgáltatás részei összeilleszthetők legyenek, tehát rendelkezésre álljanak olyan „interfészek”, érintkezési felületek, amelyek lehetővé teszik a részek összekapcsolódását és együttműködésüket.

Ha kissé elvontabban próbáljuk megközelíteni ezt a jelenséget, akkor abból indulunk ki, hogy „a modularitás – általános rendszerelv: valójában egy folytonos vonal, amely azt írja le, hogy milyen mértékben lehet a rendszer elemeket egymástól *elkülöníteni* és különböző kombinációkban *összerakni*.” (Schilling [2000] 312. o., kiemelés tőlünk: K. É.–Sz. K.) Ebben az értelemben persze mondhatjuk azt is, hogy minden ipari termék és technológiai folyamat moduláris jellegű, csak az a kérdés, hogy mennyire az. A modularitás foka – azaz, hogy éppen hol járunk az említett folytonos vonal mentén – két dologra is utalhat: „Egyrészt arra, hogy milyen szoros a *rendszer elemek közötti kapcsolat*, másrészt pedig arra, hogy a rendszer felépítésének a szabályai milyen mértékben teszik lehetővé, illetve milyen mértékben gátolják meg a rendszer elemek keverését és összeillesztését. Minden rendszerre jellemző, hogy elemei valamilyen mértékben összekapcsolhatók (az már más kérdés, hogy mennyire lazán vagy szorosan). Alig találunk példát olyan rendszerre, amelynek az elemeit teljesen lehetetlen egymástól elválasztani, és valamilyen új kombinációban összeilleszteni. Ezért szinte valamennyi rendszer – valamilyen mértékben – moduláris.” (Uo.) Mindazonáltal, amikor moduláris termékről vagy moduláris termelési folyamatról beszélünk, mégsem oldhatjuk fel ezt a fogalmat teljesen. Ha a modularitás⁵ kifejezést használjuk, akkor olyan termékek lebegnek a szemünk előtt, mint az autó, a számítógép vagy a „testre szabott” könyv, amelyek esetében a termék *lényeges tulajdonsága, velejárója*, hogy sok különböző egységből *többféle kombinációban* állhat össze, s ezek az egységek maguk is komplexek. A modularitás lényeges feltétele ugyanakkor, hogy miközben egyes modulokat egy-egy termékváltozatnál elhagynak, másokat hozzátesznek. Sokszor a termék mint egész maga is különböző komplexitási fokon állhat.

Ha a modularitás jelenségét evolucionista szemlélettel közelítjük meg, akkor abból indulhatunk ki, hogy minden termelési folyamatban, jelenségben, termékben, szolgáltatásban *replikálódó információegysétek*, genetikai kódok testesülnek meg. Ezek lényegében ugyanazt a szerepet töltik be a szóban forgó jelenség létrejöttében, mint a *gén* az élőlényeknél. Ezeket a francia „*meme*” szóból kiindulva (jelentése: ugyanaz) mémeknek nevezzük. Gyakorlatilag bármely olyan információegysétes betöltheti ezt a szerepet, amely egy adott formában *replikálódik*. Egy *termelési eljárásra vonatkozó információegysétes* éppúgy lehet mém, mint egy autó egy-egy moduljának műszaki paraméterei. Közös bennük, hogy mindkettő standard információszakaszokból áll, amelyek különböző módokon rakhatók össze. Amikor például az amerikai fogyasztó beküldi hajszálát a vitaminyártó cégnek, s az vegyelemzi, akkor tulajdonképpen az illető hiányparamétereiből egy olyan

⁵ Talán mondanunk sem kell, hogy mint minden „forró” fogalomban, a modularitásban sincs közmeg-egyezés, nincs általánosan elfogadott definíció. Ezzel persze nem áll egyedül az üzleti gazdaságtan kevésbé letisztult terminológiai rendszerében.

információegyüttest alkotnak, amely *megszabja* a vitaminkapszula összeállításának mi-kéntjét.

A standard inputok és a várt outputok közötti transzformáció logikája a szóban forgó folyamatokban viszonylag jól átlátható, ezért többé-kevésbé *algoritmizálható* is. A folyamat lefutásában, az egyes folyamatmodulokban ezek az algoritmusok őrződnek meg. Ebben az összefüggésben az autórészegység vagy -alkatrész technikai tervezése (a részegység dimenziói, az alkatrészek megmunkálásának tűrőhatárai stb.) jól megfogható *információként* szolgálnak a gyártási folyamatban. Ezáltal válik lehetővé, hogy egy bonyolult gyártási folyamat részeit különböző gyárhoz utalják, vagy éppen beszállítókhöz helyezték ki (*outsourcing*).

A modularitás nagyfokú tudatosságot feltételez a gyártó vagy a szolgáltató részéről. Nem alakul ki magától, azt általában megtervezik. Amikor bármilyen moduláris elven felépített rendszert hoznak létre, akkor a rendszer tervezői az információkat *látható tervezési szabályokra és rejtett tervezési paraméterekre* osztják fel. A látható tervezési szabályok (amelyeket *látható információknak* is hívnak) a tervezési folyamat elején egyértelműen rögzíthetők, és a rendszert megvalósítók számára világosan leírhatók. A látható tervezési szabályoknak három kategóriája van (vö. *Baldwin–Clark* [1997]).

1. *Architektúra*: meghatározza, hogy milyen modulok fogják alkotni a rendszert, és pontosan mi lesz ezeknek a funkciója.

2. *Interfészek*: azok az összekapcsolódási felületek, amelyek biztosítják, hogy az egyes modulok összekapcsolódhassanak, együttműködjenek. A látható tervezési szabályokban rögzítik a folyamat elején azt is, hogy miként illeszkednek egymáshoz az egyes elemek, hogyan kapcsolódnak össze, és sokszor azt is, hogy mi módon „kommunikálnak” egymással.

3. *Standardok*: az egyes modulok konformitásának, azaz rendszerbe illeszthetőségének a megítélésére, mérésére szolgálnak. Arra való, hogy segítségükkel eldöntsék, megfelelnek-e a kialakított modulok a tervezési szabályoknak, vagyis hogy működik-e X funkció a rendszerben. A modularitás nagyon fontos feltétele az egyes részegységek *azonossága önmagukkal*, azaz az, hogy egy-egy adott egység *mindig* ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkezék. Csak így lehet ugyanis megbízható építőeleme az „egésznek”. A standardoknak való megfelelés a biztosítéka annak, hogy az egyik funkció illeszkedik a másikhoz, azaz a részek, funkciók *kompatibilisek* legyenek egymással. „A kompatibilitás olyan szabványokra, illetve szabályokra alapozódik, amelyek lehetővé teszik azt, hogy a termékek alrendszerei – minden külön módosítás nélkül – egymással együttműködjenek (egymással összhangban álljanak).” (*John–Weiss–Dutta* [1999] 80. o.)

A rejtett tervezési paraméterek (rejtett információ) azok a döntések, amelyek *nem tartoznak az egyes modulok termelőire vagy megvalósítóira*. A rejtett elemeket később is ki lehet választani, és gyakrabban lehet anélkül változtatni, hogy bárkinek is beszámolónak a változtatásokról (*Baldwin–Clark* [1997]).

A modularitás megjelenési formái

A vállalatok a termék gyártása és értékesítése folyamatában hallgatólagosan vagy explicit módon *háromféle moduláris architektúrát* hoznak létre: 1. termékarchitektúrákat, 2. folyamatarchitektúrákat, továbbá 3. tudásarchitektúrákat.

Az említett moduláris elrendezések természetesen *egymástól sem függetlenek*. Kapcsolatuk jelentős szerepet játszik a modularitás térhódításában. Ma már egyre többen kényesülnek arra, hogy a modularitást a termék megszületése előtti szakaszra, vagyis a *tervezés szakaszára* is kiterjesszék. Moduláris rendszerű építkezés esetében ugyanis a termékek és folyamatok alrendszerei általában *egymástól függetlenül is megtervezhetők*,

ha a tervezési folyamat során betartanak bizonyos, a funkcionális összekapcsolást segítő szabályokat és standardokat.

A moduláris architektúrák *jellemzője*, hogy

- az egyes alkotóelemek különféle változatainak a kicserélése *számos termékváltozatot* tesz lehetővé,
- a termékváltozatokat *alacsony költségek mellett* lehet előállítani, mivel
- a komponensek sokféle variációban kapcsolhatók össze,
- az egyes komponensek helyettesítésével sokkal *gyorsabban* lehet az újabb, tökéletesített termékeket piacra dobni,
- a termékvariációk *nagyobb mozgásteret adnak* a kínálat ingadozásainak és *a bizonytalanságnak a menedzselésére* (Sanchez [1999] 105. o.).

A moduláris folyamattervezés

A termelési folyamat moduláris rendszerű lefuttatása általában szoros összefüggésben van a termék modularitásával.

A Motorola egyik projektjének részvevői a Motorola-lapszámláló (pager) új generációjának *kifejlesztéséhez* egyidejűleg alakították ki a *termékarchitektúrát* és *folyamatarchitektúrát*. Ehhez a Motorola útmutatót adott a munkacsoportnak, amelyben leírták, hogyan lehet kialakítani a termék- és a folyamatarchitektúrákat, és hogyan kell ezeket összehangolni. Az útmutatót egy *korábbi csoportmunka* során szerzett *tapasztalatok* alapján állították össze. Az új munkacsoportnak be kellett tartani az útmutatóban lefektetett alapszabályokat és előírásokat, ám egyidejűleg *számot kellett adniuk minden új és hasznosítható tudásról*, amelyet az új architektúrák létrehozása során szereztek. Ezeket a friss tapasztalatokat aztán ismét *beépítik* abba a bizonyos *útmutatóba*, hogy a következő munkacsoport a következő architektúrák kialakításakor az új tudásra és tapasztalatokra is támaszkodhasson (Sanchez [1999] 94. o.).

Manapság már az autógyártók is egyre inkább felhagynak a centralizált tervezési és K+F-rendszerükkel, amelyre a 20. század utolsó évtizedéig támaszkodtak. A tervezők és a mérnökök ma az autóiparban is leginkább arra törekednek, hogy a teljes elektromechanikai rendszer *felparcellázásának* új-típusát kidolgozzák. Az első lépés az, hogy újradefiniálják a termelési folyamat egyes *celláit*. A tervezési folyamat modularizálása a feltétele annak, hogy felgyorsíthatóak az innovációkat és javítsák a minőséget.

A termelési folyamat független részfolyamatokra való szétbontása teszi lehetővé a vállalat számára azt, hogy kellően *rugalmasan* és *hatékonyan* igazodjék az egyes fogyasztók igényeihez. A moduláris folyamattervezésnek három alapelve van: a folyamat *elhalasztása*, a folyamat *sorrendjének megváltoztatása* és a folyamat *standardizálása* (Feitzinger–Lee [1997] 120. o., kiemelés tőlünk: K. É.–Sz. K.). Az egymástól függetlenül lefuttatható részfolyamatok azután lehetővé teszik e folyamatok szervezeti elválasztását is, azaz beszállítók bevonását az összefolyamat meghatározott lépcsőin.

A Mercedes-Benz menedzserei – új sportautójuk összeszerelését tervezve – rádöbbentek arra, hogy az új jármű bonyolultsága megkívánja a több száz beszállítóból álló *beszállítói hálózat ellenőrzésének* a megtervezését is. A beszállítói rendszer egészének közvetlen irányítása helyett a *nagy termelési modulokat kisebb modulokra bontották* szét. Így például a vezetőfülke teljes modulját – beleértve a légzsákokat, a légkondicionálást, a kormánykereket, és minden idetartozó dolgot – a közelben levő Delphi Automobil Systemre (a General Motors egyik vállalatára) bízták. A Delphi teljes mértékben felelős a vezetőfülke moduljának, a modul minden részének az előállításáért – meghatározott paraméterekhez és előírt követelményekhez igazodóan. A Mercedes által megadott specifikációk és információk *látható információk*. E látható információkat a modulbeszállítók arra használják, hogy koordinálják és ellenőrizzék a modul részegységeinek beszállítóit annak érdekében, hogy a modulokból végül működőképes végtermék álljon össze (Baldwin–Clark [1997] 87. o.).

A legőlv avagy a modularitás haszna a termelő és a fogyasztó szemszögéből

A moduláris terméktervezés és -felépítés haszna többszörös az ezt alkalmazó vállalatok számára.

Előnyök a termelő oldalán

Először is, a cég *maximalizálhatja* azoknak a *standard komponenseknek* a számát, amelyeket a termék *valamennyi* változatába beépítenek. A szóban forgó komponenseket már az összeszerelési folyamat korai stádiumában összeszerelheti, miközben a folyamat végére halaszthatja azoknak a elemeknek a beépítését, amelyek a termékváltozatokat megkülönböztetik egymástól.

A Hewlett-Packard sikeresen alkalmazza a modularitás elvét az európai és az észak-amerikai piacokon értékesített lézerprinterénél (LaserJet). Japán partnere gyártja a printer *központi meghajtóját*, amelyet tengeren szállítanak az előbb említett piacokra. Mielőtt a HP és partnere a LaserJet moduláris változatát kialakította, a nyomtató vagy 110 voltos, vagy 220 voltos áramellátás mellett működött. Ez arra kényszerítette a céget, hogy már azelőtt kétfelé válassza az eltérő feszültségi szabvánnyal jellemezhető piacokra irányuló nyomtatók gyártását, mielőtt a motor termelése Japánban megkezdődött volna. Az új dizájn nyomán azonban olyan energiaellátót (*power supply*) építettek be a termékbe, amelyekkel felszerelve a termék bármelyik országban működőképes. Mindennek következtében a HP évente 5 százalékkal csökkentette a végtermék gyártásának, készletezésének és szállításának teljes költségét.

Később a HP úgy döntött, hogy DeskJet printerét *eltérő megközelítésben* állítja össze az európai, illetve az ázsiai piacokra. A cég a printereket a lokális elosztóközpontokban igazítja a környezetbe. A DeskJet printereket a HP ily módon nem a szingapúri gyárában szabja testre Európába történő szállításuk előtt, ezt a feladatot a Stuttgart melletti elosztó központjára hagyja. A cég ezt a printert külső áramellátásra tervezte meg, s *országspecifikus dugóval* szereli fel, amelyet a fogyasztó a használat előtt csak bedug a konnektorba. Az elosztó központ nem pusztán csak az adott piachoz igazodva „véglegesíti” a terméket, hanem azokat az *anyagokat is megvásárolja*, amelyek a befejezéshez szükségesek. A termék újfajta tervezésének következtében a gyártási költségek ugyan valamennyivel emelkedtek ahhoz képest, amikor a terméket a gyárban szabták testre, de a gyártás, a tengeri szállítás és a raktározás összköltsége *25 százalékkal* csökkent (Feitzinger–Lee [1997] 119. o.).

Másodszor, a cég egymástól teljesen elkülönítve és *párhuzamosan gyárthatja* az egyes termékmodulokat, jelentősen *lerövidítvén* így a termeléshez szükséges időt.

A Sony moduláris tervezésű kézi kamerájánál (*HandyCam*) az alapvető komponensek újabb, tökéletesített változatait azonnal be lehet építeni, mielőst azok rendelkezésre állnak.⁶ A Chrysler 28 alrendszerre bontotta szét új autójának platformját, és meghatározta az alrendszerek közötti kapcsolati pontokat (Sanchez [1999] 105. o.).⁷

Talán még ennél is lényegesebb azonban, hogy az összeillő modulok *fejlesztése* is párhuzamosan történhet. Az idő megkurtítása pedig kulcstényező lehet abban az öldöklő versenyben, amelyben olykor még a másodpercek is számítanak.

A McDonnell Douglas (St. Louis, Kalifornia) és a Nortnrop Grumman (Dallas) úttörő vállalatok ezen a téren. Ők azért egyesítették szellemi erőiket, képességeiket, hogy egy új pilótafülkét

⁶ Sanchez saját magára hivatkozik, de pontosabb megjelölés nélkül: Sanchez [1994].

⁷ Ezeket itt interfésznek hívják – Sanchez zárójelben „hard points”-nak nevezi.

tervezzenek a C-17-es Globemaster III. légibuszhoz (airlifterhez). „Üzletünket új módon szervezzük” – nyilatkozta Bob Eastin, a pilótafülke tervezőmérnöke.⁸ Nem várunk addig, amíg a terveket hivatalosan jóváhagyják, s arra sem, hogy azokat kétdimenziós formában lerajzolják. Mielőtt elkészítjük a modellek háromdimenziós megjelenítését, a digitalizált információkat *már* küldjük Dallasba. A műszaki információk ilyen korai továbbításával *rengeteg időt* és ezzel pedig *pénzt spórol meg* a két cég. Korábban nem volt jellemző, hogy egy cég a másikkal műszaki információkat adott volna ki ilyen kezdeti stádiumban, még a *tervezés* szakaszában. A szóban forgó két cégnél pedig most pontosan ez történik. A jelenséget az összeszövetkezett gyártók „a *műszaki információk progresszív feltárásának*” (*progressive disclosure of engineering information*) nevezik. „Ez azt jelenti, hogy a lehető legkorábbi szakaszban dolgozhatunk együtt a terveken, még mielőtt azokat jóváhagyták vagy véglegesre elkészítették volna.” (Martin [1997] 76. o.)

A közös projekthez a két cég közös szoftverplatformot alkalmaz. A Northrop Grumman és a McDonnell Douglas az Unigraphics CAD/CAM szoftverek alapján *standardizálta technológiáját* a közös virtuális tervező munkához. A pilótafülke rengeteg alkatrészből áll, s még az egyes alkatrészek is összetettek. A szóban forgó a részelemeket eddig a McDonnellnél tervezték. Most ezeket a tervinformációkat internetes csatornákon keresztül továbbították a Northrop Grummanhoz, hogy az tervezze meg az eszközöket, készítse el a NC (*numerical-control*) programokat a gyártáshoz és az összeszereléshez. „Míg a McDonnell Douglas részelemeket és az összeszerelést tervezi, addig mi [a Northrop] már hozzákezdünk a gyártóeszközöknek és magának a gyártásnak a megtervezéséhez. Mire a részelemek végső tervrajzát jóváhagyják, addigra náluk már készen állnak a gyártási tervek és már gyártjuk is az eszközöket.” – nyilatkozta Chris Wilt, a Northrop program vezetője. A két cég először működik együtt interneten, „menetközben” tanulják, mit hogyan csináljanak. „Valójában csak azért printeljük ki a terveket, mert még nem vagyunk teljes mértékben felkészülve arra, hogy minden kizárólag csak a képernyőn történjék. Ma még azért nyugodtabbak vagyunk akkor, ha az üzemekben az embereknek – különösen a minőségellenőröknek – a kétdimenziós rajzot is a kezükbe nyomhatjuk, hogy egybevehessék a terveket és a készülő elemeket.” (Idézi Martin [1997] 77. o.)

Harmadszor – de lehet, hogy ezt kellett volna elsőként említenünk – a modularitás jelentős lökést ad az innovációknak. A modularitás megkönnyíti a technológiai fejlesztés és termékfejlesztés *szétkapcsolását*, és lehetővé teszi az egyes komponensek szétterített és versenynyomás alatt álló fejlesztését. A *párhuzamos fejlesztés és kísérletezés* meghatározó előnye a *fejlesztési idő lerövidítése*.

Az a tény, hogy különböző csoportok egymástól függetlenül dolgoznak a modulokon, egyfajta koncentrációra ad lehetőséget. Minthogy mindenki csak *egy modul* fejlesztésére összpontosítja figyelmét, az egyes *cégek*, illetve az egyes *vállalati egységek* sokkal jobban el tudnak mélyülni a saját munkájukban. Amikor számos cég foglalkozik egy modul megtervezésével, sokszor párhuzamos fejlesztés és kísérletezés zajlik. A párhuzamosság azonban ebben az esetben *egyáltalán nem hatékonyságrontó tényező*. A változatok kipróbálása teszi ugyanis egyáltalán lehetővé azt, hogy az egymástól eltérő megoldások sokaságából kiemelkedjék a leghatékonyabb, legalkalmasabb változat. A számítógépiparban, amelyben nagyfokú technológiai bizonytalanság uralkodik, és gyakran a továbbfejlesztés útja is teljesen ismeretlen, akkor képesek egy újabb, tökéletesebb változatot kifejleszteni, ha a tervezők egyre *több kísérletet* végezhetnek, és egyre *rugalmasabbak* lehetnek a kísérleti modulok tesztelésben.

Negyedszer, a modularitás a termék vagy folyamat *tartalmi változtatását*, fejlődését is elősegíti a komponenseknek a termékcsaládon belüli szerteágazó felhasználásával. Azáltal, hogy egy-egy elem, modul máshová kerül, mint korábban, olyan *mutáció* is keletkezhet, amely érdemben javítja a terméket, sőt szélső esetben szinte új terméket produkál. Nem elhanyagolható előny az sem – amint azt könyvében *O’Grady* [2000] kiemeli –, hogy az új termékhez szükséges tőkeigény is lényegesen csökkenthető.

⁸ McDonnell Douglas’s Long Beach (Kalifornia).

Ötödször, a cég sokkal könnyebben tudja *diagnosztizálni* a termelésben előforduló problémákat, és elkülönítetten tudja kezelni az esetleges minőségi hibákat (*Feitzinger–Lee* [1997] 118. o.).

Hatodszor, a lazán integrált rendszereknek kedvező hatásuk van az árképzésre és a piaci szegmentációra. Ha a termék nem merev egységként van adva, akkor az árak is rugalmasabbak lehetnek. Egy moduláris termék esetében nem gond az olcsóbb változatok előállítása, ha éppen a piaci helyzet úgy kívánja. Integrált termékkel sokkal nehezebb igazodni a piac lüktetéséhez, az „egyszer fent, egyszer lent” állapotokhoz. Az integrált termék ugyanis sokkal kisebb játékot enged az árak alakításában is, mint a moduláris termék.

Előnyök a fogyasztó oldalán

A modularitás haszna a *fogyasztó* oldaláról nézve is teljesen kézenfekvő.

Először is, a modulok révén a termék vagy szolgáltatás sokkal jobban igazodhat a fogyasztó igényeihez, mint amennyire a hagyományos termékek valaha is képesek voltak. A modularitás a fogyasztó oldaláról nézve *lehetővé teszi a termékek egyéniesítését*, testreszabását, noha ez a két jelenség: a modularitás és a testreszabás nem mindig kötődik össze, és még kevésbé mosható egybe.⁹ Számos termék azonban, amelyet a fogyasztó egyéni, személyes igényeihez szabnak (mint például a már említett személyes vitamin vagy a megrendelésre gyártott autó), a modularitásnak köszönheti azt, hogy teljesen egyéni, maga nemében egyetlen példány. A testreszabás azonban a moduláris elv alkalmazásán kívül még sok más módon is megvalósulhat.¹⁰ A számítógép¹¹ segítségével varratmentesen összeillesztett modulok teszik lehetővé, hogy – különbözőképpen összerakva őket – elképzelhetetlenül nagy számú egymástól eltérő terméket termeljenek. Annyiféle terméket, ahány vevőnek el kívánják adni az árut. „A mai technológia mellett egyre közelebb kerülünk ahhoz, hogy magunk tervezzük meg a számítógépünket, kocsinkat, ruhánkat, sőt még az enni valóinkat is.” (*Lavidge* [1999] 73. o.) Ennek a jelentőségét a fogyasztó szempontjából talán felesleges is ecsetelni. A modulokból összeállított termék önmagáért beszél különösen akkor, ha referenciapontként az univerzális tömegterméket vesszük, amelynél a fogyasztónak az „eszi, nem eszi, nem kap mást” filozófiáját kellett elfogadnia.

Másodszor, nagy előnye a fogyasztó oldaláról a modularitásnak *a termékek továbbépíthetősége, fejleszthetősége*. Ez éppen a dinamikus fogyasztók (például a pályakezdők) esetében domborodik ki. Ők akkor is hozzájuthatnak a termék egy lecsupaszított, szerényebb változatához, ha a teljes terméket még nem tudják megvenni. Jövedelmük növekedésével azután könnyedén továbbépíthetik a terméket. Úgy jutnak el egy magasabb igény-

⁹ A testreszabás klasszikus példája és egyben szó szerint vett megvalósulása a számítógéppel vezérelt gyártósoron előállított farmernadrág, amelyet pontosan a megrendelő méretére szabtak. A Personal Pairnek elnevezett rendszer lényege az, hogy a vevőnek nem kell tucatnyi farmert felpróbálnia. Megméri a méreteit, és az adatokat betáplálják egy számítógépbe. Néhány perc múlva 14 280 (!) változatból választhatja ki azt az egyet, amely pontosan az ő (esetleg szabálytalan) alakjára illik. [Összehasonlításképpen: a hagyományos Levi's boltokban 52 féle (!) méretváltozatot árulnak]. A fogyasztó két héten belül megkapja a rá tökéletesen illeszkedő nadrágot, s ez csupán 15 dollárral drágább, mint a polcra levethető változat (*Hart* [1996] 18. o., továbbá vö. *Henricks–Hasty* [1995]).

¹⁰ Lásd erről részletesen *Szabó* [2000].

¹¹ A számítógéppel integrált gyártási rendszerek csak megkönnyítik, de nem teszik automatikussá a termelés alkalmazkodását. A kulcs a folyamatmodulok összehangolásához – *Pine és szerzőtársai* [1993] (115. o.) szerint – négy meghatározó elv összekapcsolódása. Ezek: 1. azonnaliság, 2. költségmentesség, 3. varratmentesség és 4. súrlódásmentesség.

szintre, hogy nem kell új terméket vásárolniuk és a régit kidobniuk. Ez éppúgy igaz a számítógépekre, mint az autókra vagy az amerikai stílusú, előre gyártott házakra.

Harmadszor, jelentős előnye a moduláris elven felépített terméknek a fogyasztó szemzőgéből az is, hogy nem kell az egész terméket lecserélni, ha valami elromlott benne, ki lehet egészíteni az alaptermékeket pótlólagos modulokkal. Ez ugyan kétélű dolog, mert egyben azt is jelenti, hogy a javítóipar leszokik az egyes alkatrészek cseréjéről, és modulokat cserél. Ez a megoldás a fogyasztó számára valószínűleg biztonságosabb és gyorsabb, de persze drágább is.

Felmerül a kérdés: ha a modularitásnak ennyi előnye van, akkor *miért nem moduláris minden termék*. Ennek a magyarázata egyszerű. A gyakorlatban kiderült ugyanis, hogy a moduláris rendszereket sokkal *nehezebb megtervezni*, mint az egymással csak laza kapcsolatban álló rendszereket. A moduláris rendszerek tervezőinek szinte *mindent tudniuk kell* a termék és gyártási folyamata egészéről, hogy kidolgozhatssák azokat a *látható tervezési szabályokat*, amelyek ahhoz kellenek, hogy a modul tökéletesen működő *része* legyen az egésznek. Ezeket a szabályokat előre pontosan meg kell adniuk. Mindazonáltal, ha a modularitás nem vált is egyeduralkodóvá a termelésben, de terjed.

A modularitás terjedésének mozgatórugói

A moduláris elven felépülő termékek, folyamatok, szolgáltatások és szervezetek hátterében a *költségcsökkentés*, a *hatékonyságnövelés* és a *nagyságból fakadó előnyök* kihasználásának általános törekvéseit találjuk. E törekvések azonban a korábban megszokottnál jóval erőteljesebbek a globális piacokon folyó hiperversenyben.

A modularitás valamennyi velejárójának, a vevő igényeihez való igazodásnak, a változatosságnak, a gyorsaságnak és a tökéletességnek a kialakításában egyaránt a számítógép, az *informatika* széles körű alkalmazása kap főszerepet: a CIM – a számítógép vezérelte gyártás (*computer integrated manufacturing*); a CAM – a számítógép által támogatott gyártás (*computer aided manufacturing*); a CAD – a számítógépes terméktervezés (*computer aided design*); a CAP – a számítógépes tervezés (*computer aided planning*); valamint a CAQ – a számítógépes minőségbiztosítás (*computer aided quality insurance*). Bár a modularitás elve meglehetősen régi, általános elterjedését, *uralkodóvá válását* a számítógépesítésnek köszönheti. A számítógép nem csupán a *modularitás motorjának* szerepét tölti be, hanem maga is *moduláris elven épül fel*. Az olyan bonyolult és komplex termék, mint a számítógép, rendkívül megnehezítené a felhasználók, a javítóbázisok és a fejlesztők dolgát, ha nem *egyszerű, standardizált elemekből*, részegységekből szerveződne *komplex* rendszerré. A modularitás a kulcs ahhoz, hogy megértsük, hogyan fért össze a számítógépek árának látványos zuhanása bonyolultságuk (és ez által teljesítményük, illetve sokoldalú felhasználhatóságuk) nem kevésbé gyors növekedésével. Ugyanezt a kulcsot kell használnunk, ha meg akarjuk érteni a cikk elején említett példákat (miként tudja a hongkongi cég teljesen egyéni óráit ugyanolyan áron adni, mint a tömegtermékeket).

Ha egyetlen szóval kellene megmagyarázni azt, hogy miért ma, és miért nem 50 évvel korábban terjedtek el futótűszerűen a moduláris termékek és technológiák, akkor ez az egyetlen szó a *számítógép* lenne. A modularitás elve nem hódíthatna ilyen széles körben anélkül az információs technológia nélkül, amely napjainkban behatolt az összes vállalati folyamatba a tervezéstől a gyártáson keresztül a marketingig és a beszállítói hálózat működtetéséig. Információs technológiák híján elképzelhetetlen lenne olyan bonyolult moduláris termékek megtervezése és megépítése, mint a szuperszonikus repülőgép, de az olyan egész világot átfogó moduláris elvű szolgáltatóhálózatok működtetése is, mint

például a McDonald's. A modern információs technológiákban rejő *variabilitás* eszményi a laza, de mégis összehangolásra és integrációra szoruló moduláris termelés és a mögötte álló vállalati szervezetek számára. A számítógép a technika valamennyi korábbi vívmányánál nagyobb hatást gyakorol a moduláris építkezésre. Paradox módon azonban ugyanazon informatikai rendszerek, amelyek *lehetővé teszik* a bonyolult moduláris termékek egyes elemeinek résmentes és éppen időben történő összeillesztését, egyben *szükségessé* is teszik a moduláris építkezést a termékektől a szervezetheg bezárólag.

Az információs technológiák gyors fejlődése okozta *bizonytalanság* rugalmas piaci magatartást követel, s a rugalmasság záloga ismét a modularitás lehetőségeinek a kihasználása. Az információs technológia viharos fejlődésével összekapcsolódó modularitás növeli a piac változékonyságát, amihez modularitással lehet alkalmazkodni, amely azután megint csak növeli a változékonyságot, s tovább nehezíti a piaci konstellációk előzetes felmérését. Önmagát erősítő, *önmagát gerjesztő* folyamatról van tehát szó. A modularitásnak köszönhető rugalmasság ugyanis nem csupán alkalmi válasz valamely piaci kihívásra, hanem a modulokra építő termelés mint olyan a rugalmasság jegyében formálódik. A rugalmasság már csak azért is elengedhetetlen a vállalat minden szintjén és szegmensében, mert „a környezetet állandóan felborítják a növekvő iramú technológiai változások, amelyeket a tudás növekedésében és elérhetőségében bekövetkező robbanások fűtenek fel. A technológiai és vezetési *know how* szétáramlása lebontja a gazdasági és politikai korlátokat, és lassan, de biztosan a *határok nélküli piaci tér* felé mozog.” (Achrol [1997] 58. o., kiemelés tőlünk: K. É.–Sz. K.) Dinamikus, határok nélküli környezetben a hagyományos „egy tömbből faragott” termékek szükségképpen alulmaradnak a moduláris termékekkel szemben. A dinamikus, határok nélküli világ adekvát szerveződési formája a moduláris szervezet.

Moduláris szervezeti architektúra – moduláris beszállítók

Ha a gyártósorról moduláris termékek gördülnek le, akkor – mint már említettük – többnyire az a szervezet is moduláris felépítésű, amelynek keretében a szóban forgó termékek készülnek. A cégek ugyanis nagyon hamar ráébredtek arra, hogy az értéknövelő tevékenység nem az egyes modulok gyártásához kötődik igazán, hanem az „egész” feletti uralomhoz.

„Az Intel és a Microsoft példájánál maradv, azt mondhatjuk, hogy a cégeknek az *explicit tervezési* szabályok ellenőrzésére kell törekedniük – megfelelő architektúra kifejlesztése mellett –, a rejtett modulok ezernyi részletének kérdését pedig *másokra kell bízniuk*. És az is igaz, hogy az *architektúra birtoklása* hatalmas erőt jelent és nagy profitot hozhat. A versenytárs azonban olyan moduláris rendszert is kiépíthet, amelyben saját képességeit más cégek képességeivel végtermékre irányítottan kapcsolja össze.” (Baldwin–Clark [1997] 90. o.)

Miközben a nagycégek az architektúra, azaz az „egész” birtoklására törekednek, s szinte minden mást beszállítóknak adnak ki, lényegesen megváltozik a „Nap-cégek” és bolygók kapcsolatának a természete a jelenleg zajló technológiai korszakváltás, az informatizálás és modularizálás következményeképpen. A modularitás elvéből következően a bolygóvállalatok sokkal inkább be vannak vonva a nekik munkát adó vállalatok életébe, mint korábban. Nem csupán mechanikusan végrehajtják a Nap-cég utasításait, hanem olyan központi problémák megoldásában is részt vesznek, mint a kutatás és fejlesztés vagy az ármegállapítás. Míg korábban a bolygók számára a Nap-cég diktálta az árakat, tekintet nélkül arra, hogy azok reálisak voltak-e, vagy sem, ma ellenben közösen keresik a beszállítóval a kölcsönösen elfogadható árat, illetve az alkatrészek, részegység-

gek költségsökkentésének módozatait. Szöges ellentétben a korábbiakkal, „a beszállítók bevonása a *termékfejlesztésbe és a termelési folyamat folyamatos javításába*, radikális változtatást igényelt a viszony természetében. Ez *bona fide* partnerkapcsolatot követelt, amelyben *az ideák kétirányú áramlása jellemző*” (Dyer [1996] 42. o.).

Az új típusú beszállítók, akiket Baldwin és Clark *moduláris beszállítóknak* nevez, meglehetősen különböznek a hagyományos alkatrésztermelőktől.

„A moduláris rendszerben működő beszállítókat az a *szabadság* különbözteti meg az egyszerű alvállalkozóktól, amit az előbbieket a *termékfejlesztést* illetően élveznek. A lemez meghajtó tervezőinek tökéletesen ismerniük kell a személyi számítógépre vonatkozó általános követelményeket (például az adatátviteli rendszerre vagy a gép és hardver méretét megszabó paraméterekre, a képi megjelenítés standardjaira vonatkozókat), hogy a modul kellően betölthesse funkcióját a rendszer egészében. Ettől eltekintve azonban a munkacsoport úgy tervezi meg a lemez meghajtót, ahogyan azt a legjobbnak látja. Még csak nem is kell közölnie döntését más modulok tervezőivel, de még a rendszer architektúrájának tervezőjével, a látható szabályok megalkotójával sem.” (Baldwin–Clark [1997] 86. o.)

Érdekes példa a beszállítókkal való innovatív együttműködésre a Chrysleré, amelyet lényegében a beszállítókkal kialakított japán stílusú kooperáció húzott ki a csávából.

Az első *amerikai keiretsuként* számon tartott Chrysler vezetői rádöbbenek arra, hogy többet érnek el, ha a beszállítókkal való partneri viszonyt alakítanak ki, mintha pusztán az lebegne a szemük előtt, hogy minél többet sajtoljanak ki belőlük. „Arra a belátásra jutottak, hogy a bizalom csak akkor gyökerezik meg a beszállítókkal való viszonyban, ha mindkét fél osztozik az eredményben, és nem csupán a kockázatban.” (Dyer [1996] 42. o.) A beszállítók az anyacéggel *párhuzamosan* dolgoznak a fejlesztésben. A beszállítók kiszolgáltatottságát az is csökkenti, hogy a szerződések többsége – szemben az eddig szokásos két évvel – egy-egy modellt egész élettartamára szól. Ezáltal sikerült egy új modell kifejlesztésének idejét a nyolcvanas évek közepén jellemző 234 hétről mostanra 183 hétre leszorítani, 1997-ben pedig a 160 hetet megcélolni. Ez több mint 40 százalékos redukció a termékciklus sorsdöntő fázisában. Jelentőségét a torokmetsző versenyben aligha kell különösebben indokolni. (Uo. 46. o.)

A modularitás korlátai és ellentmondásai

A moduláris elv alkalmazásában az egyik legfőbb ellentmondás az, hogy miközben a cégek gondoskodnak arról, hogy a saját maguk által termelt részegységek kompatibilisek legyenek egymással, sokszor mindent megtesznek azért, hogy más cég által termelt részegységekkel és alkatrészekkel *ne legyenek kompatibilisek*. Nyilvánvalóan az a céljuk ezzel, hogy aki egyszer az ő termékük mellett döntött, az minden kiegészítőt, részegységet és alkatrészt is tőle vásároljon. A más cégek termékeivel való inkompatibilitás azonban sokszor nagyon hátrányos lehet a fogyasztónak. Ha például egy cég kivonul a piacról, akkor a fogyasztó kidobhatja a tőle vásárolt termékeket, mert nem képes az elromlott részegységeket kicserélni, nem képes a terméket tovább bővíteni.¹² Más cég által gyártott termékek ugyanis nem illeszthetők össze a szóban forgó berendezéssel. A nagy számítógépgyártókat – például a Microsoftot – sokszor vádolják azzal, hogy egyfajta árukapcsolással korlátozzák a fogyasztói szuverenitást, és rásózzák a fogyasztóra azokat a termékeket is, amelyek rosszabbak, mint a konkurenciáé, vagy amelyeket a fogyasztónak más okokból esze ágában sem lett volna megvenni.

¹² Bár sok cég még évekre előre gondoskodik pótalkatrészekről, a továbbépítésre a megszűnt cégeknél végképp nincs már lehetőség.

Legnagyobb erényeinkből fakadnak a legnagyobb hibáink. Ez így van a modularitás estében is. Az a lehetőség, amely a folyamat szervezeti szétszabdalásával, beszállítók bevonásával megnyitja az utat a gyors termékkibocsátás és -fejlesztés előtt, ronthatja is a moduláris rendszerek hatékonyságát. „Amikor a vállalat molekuláris egységei és külső beszállítói a moduláris szintű terveket egymástól függetlenül valósítják meg, egy bizonyos stádiumig úgy tűnhet, hogy minden rendben megy, a modularitás hibáinak vagy tökéletlenségeinek a problémája akkor derül ki, amikor a *modulokat összerakják* és az egész rendszer nem, vagy csak tökéletlenül működik.” (Baldwin–Clark [1997] 87. o., kiemelés tőlünk: K. É.–Sz. K.)

A modularitás technikai korlátja Reinerts [1998] szerint az is, hogy az összekapcsolódó elemek gyakran okoznak „keresztkapcsolati” (*cross-coupling*) problémákat. Azaz egy adott ponton jelentkező hiba okát végül egy egész más ponton találjuk meg, azaz a hibaforrás a többszörös áttételekből, kapcsolatokból, és nem magából a modulból, az összekapcsolódó modulok adott helyzetének kedvezőtlen egymásra hatásából keletkeznek. Ez az, amit hétköznapi nyelven a *körülmények szerencsétlen összejátszásának* nevezünk. Külön-külön egyik modul sem hibás önmagában. Összekapcsolódásuk, egymásra hatásuk, oda- és visszaható kapcsolatuk egy adott módja azonban galibát okozhat.

Sokan azt hiszik, hogy mindenféle moduláris rendszer egyben rugalmas is. Közelebből megnézve azonban kiderül, hogy ez korántsem minden moduláris rendszerre igaz. A rugalmasság és a modularitás nem feltétlenül édestestvérek. Általában úgy gondoljuk, hogy az egyes modulok változtatásával a moduláris rendszerben rejlő lehetőségek szinte kimeríthetetlenek. S ha minimális erőfeszítéssel és jelentéktelen többletköltséggel a lehetőségek széles skáláját teremtjük meg, akkor rendszerünket rugalmasnak minősítjük.

Valójában a rugalmasságnak a *modulokból* való építkezés csak szükséges, de nem elégséges feltétele. Ahhoz, hogy a modularitás egyben rugalmasságot is jelentsen, az is nélkülözhetetlen, hogy modulokat *könnyen, gyorsan és viszonylag egyszerűen* lehessen változtatni. Ezzel szemben néhány moduláris rendszer nyomasztóan bonyolult. Ezeknél a rendszer módosítása, szerkezetének megváltoztatása, új konfiguráció létrehozása korántsem olyan egyszerű, mint hinnénk, sőt olykor szinte lehetetlen. Vagy, ha létrehozható is egy adott változat, a bonyolultságánál fogva költségei meghaladhatják az ésszerűt, a még elviselhetőt.

Miért van az, hogy egyes moduláris rendszerek esetében egy-egy modul kicserélésével vagy megváltoztatásával könnyedén alkalmazkodhatunk a (piaci) feltételek változásához, míg más moduláris rendszerek merevek, „törékenyek”, rugalmatlanok? Valójában nem az az igazi kérdés, hogy egy-egy terméket vagy folyamatot moduláris termékként vagy folyamatként terveztünk-e meg, hanem sokkal inkább azon múlik a modularitás összekapcsolódása a flexibilitással vagy éppen elválása tőle, hogy *hogyan* modularizáljuk a terméket vagy folyamatot (Reinerts [1998] 48. o.).

Ha nem vagyunk képesek a leggyorsabban változó elemeket külön modulba szervezni, s csak számos más elemmel együtt változtathatjuk, akkor az növeli a rendszer törékenységet. Ugyancsak rugalmatlansághoz vezet az interfészek túlzottan nagy száma, mint hogy az érintkezési felület nem más, mint a modulok összekapcsolásának a terepe, e felületek mindegyike lehetséges hibaforrásként jön számba. Logikus, minél több az érintkezési felület, annál több ponton kell a rendszert megbolygatni akkor is, ha csak egyetlen modul akarunk megváltoztatni. Ugyancsak a rendszer törékenysége irányában ható tényező a kapcsolódási felületek bonyolultsága. Végezetül korlátozhatja a modularitás elrendezések hatékonyságát az egyes modulok egymástól való függőségének (*degree of coupling*) a magas foka. „Minél szorosabbra fűzzük a rendszer elemei közötti kapcsolatokat, annál nagyobb minden egyes változtatás hatása az egész rendszerre, s annál nagyobb ezeknek a változtatásoknak költsége.” (Reinerts [1998] 48. o.)

A modularitás korlátainak lebontásában ismét csak az információs technológiáknak kell meghatározó szerepet tulajdonítanunk. Minél bonyolultabbak a moduláris rendszerek, annál több konfigurációt alkothatnak, azaz annál valószínűbb a körülmények szerencsétlen összejátszása. A számítógép segítségével sikerül e bonyolult hatásokat „befogni”, egy-egy váratlan változás hatását, valamennyi modulon, az egész rendszeren gyorsan átvezetni. A hagyományos módon a menedzserek vagy a terméktervezők erre már nem lennének képesek. A paraméterek és konfigurációk – nyersen rájuk zúdulván – káoszt okoznának a fejükben, kezelhetetlenek és átláthatatlanok lennének. A számítógép segítségével azonban könnyen megbirkóznak a megszámlálhatatlan tényezővel, a moduláris elrendeződésből adódó bonyolultsággal.

A modularitást dinamikus terjedése ellenére sem kezelhetjük panáceként, mindenre alkalmas termékfejlesztési és szervezési elvként. A modularitás korlátaira utal az is, hogy nem minden rendszer halad a növekvő modularitás irányában. Vannak olyan rendszerek is, amelyek éppenséggel a fokozott mértékű integráció felé haladnak. Előfordulhat, hogy bizonyos elemek készlete, amelyben az elemeket valamikor lazán kapcsolták össze különféle variációkban, egyszer csak egy *integrált csomaggá* áll össze, olyanná, amely már nem teszi lehetővé (vagy legalább is nem teszi kívánatossá) az elemeknek más elemekkel való helyettesítését.

Számos ismert és jelenleg használt szoftveralkalmazás például olyan „szoftvergarnitúrába” (*software suites*) ágyazva készül, amely a „varrat nélküli” integrációt támogatja (*seamless integration*). Nem tilos ugyan a másféle, kereskedelembe kapható komponensek használata, de ezt mégis gátolják azzal, hogy a szoftver teljesítménye maximumát csak az alkalmazások készletének sajátos kombinációja esetén nyújtja. A kerékpár elemei, amelyeket – mint például a fékeket, a kormányt, a kurbli, a váltókat – valaha mint egyes darabokat is árultak, manapság egy integrált csomag elemeiként árusítják, amelyek már nem lehet tetszés szerint összerakosgatni (értsd: működő egészszé, K. É.–Sz. K.) (*Schilling* [2000] 313. o.).

Verseny moduláris környezetben

A modularitás megváltoztatja a vállalatok közötti kapcsolatokat és a közöttük kibontakozó verseny természetét is. Ma már világos, hogy a versenykörnyezet számos iparágban változik. A gyors technológiai váltások, a piacok folyamatos felszabdalása, a különböző iparágak összeolvadása (*blurring*), a termékciklusok rövidülése és a telekommunikáció, valamint az olcsó komputerizálás alapjaiban változtatja meg a verseny módszereit, terepeit. Mindezek következtében „hiperverseny”¹³ (*D’Aveni* [1994]), csonka (*truncated*) verseny (*Anderson-Tushman* [1990]), „vágató gyorsaság” (*high-velocity*) (*Bourgeois-Eisenhardt* [1988]) és kaotikusság (*DeMarie és szerzőtársai* [1994]) jellemzi a gazdálkodók üzleti környezetét (*Lei és szerzőtársai* [1996]).

Az új versenykörnyezethez való alkalmazkodásnak csak egyetlen vetületét tárgyaljuk a modularitással összefüggésben: az *innovációs versenyhez való idomulás* következményeit. A modulervezők sokkal gyorsabban lépnek be egy közös vállalkozásba vagy éppen lépnek onnan ki, hamarabb hoznak létre technológiai szövetségeket, alvállalkozói szerződéseket, foglalkoztatási megállapodásokat és pénzügyi egyezségeket. Kíméletlen hajszában versenyeznek, hogy innováljanak. „Ilyen piacokon a haszon és a profit messze szétaprózottabb, mint a hagyományos iparágakban. Még az olyan cégek is, mint az Intel

¹³ Erről lásd még *Szabó* [1999].

és Microsoft – amelyek hatalmas piaci erőt képviselnek a látható információ kulcselemének birtokában – kevesebbnek számítanak a számítógéppiacon, mint amennyinek vezető ipari cégek más piacokon számítanak.” (Baldwin–Clark [1997] 90. o.) Éppen ez történt a nyolcvanas években a számítógépes munkaállomások (*workstation*) piacán.

Az Apollo Computer és a Sun Microsystems számos modul tervezésében és termelésében más cégekre támaszkodott. Az Apollo alapítói saját működési rendszerükre és hálózati menedzsmentjükre alapozott *tulajdoni architektúrát* alakítottak ki. Néhány modult – mint például a mikroprocesszort – ugyan a kereskedelemben vásároltak meg, ám a hardver legtöbb részét házon belül tervezték meg. Ezzel szemben a Sun alapítói az *alacsony költségeket* és *gyorsaságot* állították a középpontba. Ők egy olyan egyszerű, nem tulajdonosi architektúrát hoztak létre, amely a „polcrol levezhető” hardverre és szoftverre épült, beleértve a könnyen elérhető UNIX operációs rendszert is. Minthogy a Sun modulgyártóinak nem kellett speciális modulokat tervezniük azoknak a rendszerbe való beillesztéséhez, a Sun mentesült azoktól a hardver- és szoftverberuházásoktól, amelyeket az Apollo megkövetelt modulgyártótól. Ily módon a Sun nagyon gyorsan tudott termékeivel piacra lépni, s egyúttal a tőkeköltségeit is alacsonyan tudta tartani. Kárpótlásul a teljesítményben elszenvedett – a generikus modulok használatából származó – veszteségért, a Sun két saját – rejtett – hardvermodult fejlesztett ki a mikroprocesszor és a számítógép belső memóriájának az összekapcsolására.

Választott stratégiája miatt az *Apollo* hamarosan tőkehiányos helyzetbe került, termékeinek teljesítménye csökkent, s a versenyben a Sun mögé került. A *Sun* rugalmasságával és a karcsúságával, amihez a nem tulajdonosi szemléletének köszönhetően jutott, legyőzte az Apollót, amely teljesítménybeli előnyét a tulajdonosi stratégiája révén élvezte. A *Sun* kiváló terméket kínál fogyasztóinak vonzó eleganciával, hatalmas profitokat vág zsebre, és sokkal kevesebb tőkét használ fel. (Az eset leírását lásd Baldwin–Clark [1997] 90. o.)

A Sun eredeti ötlete pedig „csupán” annyi volt, hogy *hogyan kombinálja össze a meglévő modulokat hatékony rendszerré*. Ugyanakkor bármelyik versenytárs is megteheti ugyanezt, minthogy az architektúra *látható információ*, és ezért könnyen utánozható és nem lehet érte jogdíjat kérni.

A fejlesztés nemcsak azáltal gyorsul fel, hogy a Nap-cégek és bedolgozóik párhuzamosan együtt fejlesztik a terméket, hanem azáltal is, hogy *a fejlesztésbe bevonják a felhasználókat is*. Egy amerikai felmérés szerint a vállalatok nyereségének 20-30 százaléka származik abból, hogy a fejlesztésekbe bekapcsolják a végső felhasználót is.

A Saturn személygépkocsi fejlesztésében például bevontak egy autójavító csoportot is. Az autójavítók számára fontos, hogy a megjavított gépkocsit minél hamarabb vissza tudják juttatni a klienseikhez. Ahhoz, hogy erre képesek legyenek, olyan gépkocsi-felépítésre van szükségük, amely mellett könnyű az autót szétszedni és összerakni. A Saturn gyors szétszedhetősége érdekében a termelő az autójavítók ötleteit használta fel. Az autójavítók adták meg a gyár számára azokat a paramétereket, amelyek fontosak a javítóbázisok szempontjából. Így fejlesztették ki például azokat az átlátszó tartályokat, amelyek segítségével az autójavító egy szempillantás alatt meg tudja állapítani tartalmukat (Lapid [1997] 21. o.).

A nagy tudású felhasználók bevonása a termék tervezésébe egyre jobban terjed. Van olyan vállalatok, amelyek modemen keresztül lehetővé teszik vevőiknek, hogy hozzáférjenek az általuk megvásárolandó termék műszaki rajzához, és a CAD által készített műszaki rajzot a hozzá tartozó műszaki leírásokkal együtt módosíthatassák, változtathassák. Miután a vevő elvégezte a terven az általa szükségesnek látott változtatásokat, visszaküldi a gyárba a feljavított tervrajzot, és a továbbiakban ennek megfelelően gyártják le majd a szóban forgó terméket.

A rugalmasság nagy előnyt ad a cégeknek merev versenytársaikkal szemben a turbulens, kiszámíthatatlan piacokon. Fontos kiemelni, hogy nemcsak a termelésben kell a vállalatoknak rugalmasságot mutatniuk, hanem legalább annyira fontos a *distribúciós*

csatornák rugalmas kialakítása. Az elosztóknak nemcsak a szokásos, a kiszámítható igényeknek kell megfelelniük, hanem a különleges vagy váratlanul felbukkanó szükségleteknek is. Ahogyan Narus és Anderson fogalmaznak: „*rutinszerűen kell kielégíteniük a váratlan igényeket*” (Narus–Anderson [1996] 114. o.).

Jellemző példája ennek az Okuma japán szerszámgyártó cég, amelynek jelentős érdekeltségei vannak az Egyesült Államokban. A teljes terméksortiment raktáron tartása (amelynek egyes darabjai 100 ezer dollárt is érhetnek) csakúgy, mint a javításra szolgáló alkatrészek teljes körének raktározása minden egyes disztribútornál, elrettentő költségekkel járnának. Ez korábban megakadályozta a cég amerikai lerakatait abban, hogy megfelelő szolgáltatást nyújtsanak a vevőknek. Hogy úrrá legyen ezen a problémán, az Okuma kialakított egy saját számítógépes kisegítő támogatási rendszert. Az Egyesült Államokban működő 46 elosztójától azt várja, hogy minimális számú szerszámgépet és kiválasztott javításra szolgáló alkatrészt tartson raktáron. Egyidejűleg a cég biztosítja azt, hogy a hálózat egészében viszont a teljes szortiment rendelkezésre álljon, vagy az észak-karolinai Charlotte-ban működő központi raktárban, vagy valahol másutt a disztribúciós csatornában. Az osztott információs technológiai rendszer révén valamennyi disztribútor számára állandóan elérhető az információ valamennyi szerszámgép, illetve alkatrész allokációjáról, elérhetőségéről a rendszeren belül. A rendszer, amelyet Okumalinknek kereszteltek el, lehetővé teszi, hogy a disztribútor, ha olyasvalamit rendeltek tőle, amely nála éppen nincs raktáron, az Okumalink segítségével a legközelebbi helyről elektronikus rendeléssel hozzájusson a megrendelő által óhajtott géphez vagy alkatrészhez. Így aztán a cég büszkén hirdetheti: ha a megrendeléstől számított 24 órán belül a kívánt alkatrészt vagy gépet nem juttatják el a megrendelőhöz, akkor a késedelmesen odaérkező áruért nem kell fizetnie a partnernek.

A rugalmas disztribúciós rendszer kulcsa, szíve-lelke ugyanúgy a számítógép, mint a rugalmas termelési rendszeré. Az információs technológiára épített disztribúciós rendszerben gyakorlatilag kizárt az az eset, hogy valamely megrendelőt azért veszítsenek el, mert a kívánt áru éppen kifogyott. Hasonló elektronikus rendszer van segítségére a Microsoftnak abban, hogy a technikai segítséget igénylő kliens hívását – érkezzék az az Egyesült Államok bármely szegletéből – *60 másodpercen belül* megválaszolják. Ha annál a centrumnál, ahova a hívás először befutott, valamilyen okból nem lehetséges a megfelelő válasz, a rendszer automatikusan továbbítja a hívást egy másik Microsoft-szolgáltatóhoz. Ez a rendszer segítette a cégnek a Microsoft '95 bevezetése nyomán felmerülő technikai problémákat gördülékenyen és szinte a probléma felmerülésével egyidejűleg megoldani (Narus–Anderson [1996] 114–115. o.).

Változatossági hozadék¹⁴ (*Economies of scope*)

Az információs technológiákra és a modularitás elvére épülő termelési rendszer annyiban is különbözik a klasszikus nagyüzemi termeléstől, hogy e mellett a termelési mód mellett *az egy komplex termékre jutó költség függetlenedik a szériák nagyságától.* Feje tetejére áll tehát az – „örök” közgazdasági törvénynek hitt – összefüggés, amely szerint az egységköltségek a szérianagysággal párhuzamosan csökkennek. A modulokból összerakott termékre a szérianagyság igazából *nem is értelmezhető*, hisz a lényeg éppen az, hogy a termékek *nem szériatermékek.* A szérianagysággal összefüggő megtakarítás (*economies of scale*) így a termékre vonatkoztatva háttérbe szorul, miközben persze az egyes modulokra *külön-külön* nagyon is alkalmazható. A modularitás révén ilyenképpen a cégek egyaránt előnyt húzhatnak a méretgazdaságosságból (az egyes modulok minél nagyobb

¹⁴ A szerzők saját kifejezése. Nehéz erre az angol terminusra jó magyar kifejezést találni.

szériában való előállítás révén) és termékskálájuk változtathatóságán nyugvó „változatossági gazdaságosságból”. Ez utóbbi esetben a megtakarítás lehetősége a termékskála változatosságából, sokrétűségéből adódik. Minthogy a modularitás értelme éppen a termékskála változatossága és változtathatósága, a moduláris termelésben az „economies of scale” helyett az „economies of scope” kerül előtérbe.¹⁵

„Az »economies of scope« akkor lép fel, ha az egy cég outputvektorához tartozó termelési költségek alacsonyabbak, mint ha ugyanennek az outputvektornak az egyes termékeit specializált cégek állítanák elő.” (Grosskopf–Yaisawarng [1990] 61. o.) Változékonysági hozadékról tehát akkor beszélhetünk, ha a *diverzifikált* szolgáltatások, illetve termékek kínálatának költsége alacsonyabb, mint ha ezeket a szolgáltatásokat *szakosodott cégek* kínálnák. Az *economies of scope* már korábban is ismert összefüggés volt – függetlenül a modularitástól. A *változékonysági* vagy *változatossági hozadék* fogalmát eredetileg a szervezetelméletben dolgozták ki (Baumol–Panzer–Willig [1982]), ahol ezt a fogalmat a *természetes monopólium* és a *támadható piacok* azonosítására használták. Gyakorlatiasabb megközelítésben a menedzsmenttudományi területeken a változékonysági hozadékot annak eldöntése érdekében kutatják, hogy csökkenthetők-e specializációval a költségek (Grosskopf–Yaisawarng [1990] 61. o.). A változatossági hozadék *eredetileg* nem a moduláris termeléssel kapcsolatban vetődött fel, hisz egyfajta *szinergikus hatás* a hagyományos termelésben is felléphet.

E hatás következményeként a több termelési kultúra vagy termék által használt infrastruktúra, illetve háttérszolgáltatás annál olcsóbb lehet, minél több terméken oszlik el. A változékonysági hozadék hagyományos forrása abból származik, hogy az egymáshoz kapcsolódó javak és szolgáltatások termelésében bizonyos inputokat megosztanak, ahol ezek a megosztott inputokat gyakran rögzítik is (Baumol–Panzer–Willig [1982]). Az inputok itt meglehetősen tág értelemben értendők. Ha kiépül például a vállalati bürokrácia a termelés vagy szolgáltatások menedzselésére, akkor a képzett adminisztrátorokat úgy is elképzelhetjük, mint olyan humántőke-erőforrást, amely nemcsak egy, hanem több termékcsaládot is képes kezelni. Ha a változékonysági hozadék létezik, akkor a *berendezések, gyártósorok többcélú használata kevésbé költséges*, mint az egy vagy néhány terméktípusra történő specializáció. Természetesen az ellenkező eset is lehetséges. Ezzel összefüggésben bevezethetjük a *diseconomies of scope*-ot,¹⁶ azaz az egysíkúsági hozadékot. Ilyen esetekben természetesen a specializáció az előnyben részesített struktúra, mert ez szolgálja inkább a cég javát.

A *változatossági hozadék* az utóbbi egy-két évtizedben különleges esetből *mind jellemzőbbé vált*. Mára ez a terminus leginkább a modularitással és a tömeges testreszabással összefüggésben bukkan fel, mint a profitot, a termelés jövedelmezőségét alapvetően befolyásoló közgazdasági kategória. „A tömegtermelésben az alacsony költségeket elsődlegesen a skáláhozadákon, azaz a nagyobb kibocsátás révén elért alacsony egységköltségeken és a termelési folyamat gyorsabb átfutásán keresztül érték el. A »*mass customization-ban*« az alacsony költségeket elsődlegesen az *economies of scope-on*, a »változékonysági hozadékon« keresztül érik el – azaz egyetlen folyamatnak, termékek és szolgáltatások széles variációjának a termelésére alkalmazásával – sokkal olcsóbban és gyorsabban.” (Pine és szeszőtársai [1993] 43. o.) Minél többféle változat alkotja a vállalat teljes kibocsátását, *ceteris paribus* annál nagyobb lehet az összes eladott mennyiség. Ennél fogva bizonyos állandó költségek annál nagyobb terméktömegben oszlanak meg. Amíg a hagyományos tömegtermelésben a szériák növelésével lehet csökkenteni a költségeket, addig a moduláris termelésben a *változatosság* a költségsökkentő tétel. Minél több speciális

¹⁵ Az *economies of scope* irodalma azonban ma még meglehetősen szerény a skáláhozadékhöz képest.

¹⁶ Az elnevezés Grosskopftól származik. (Grosskopf [1990] 62. o.)

termék termelésében tudnak ugyanis felhasználni egy-egy eljárást vagy műszaki megoldást, illetve egy-egy standard modult, az nyilván annál kevesebbel terheli az egyes darabok előállításának költségét. Különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a nagy költséget nem a folyamat vagy modul replikálása, hanem a kifejlesztése és megtervezése okozza.

Mivel a termékek teljes költségében mind meghatározóbbak a termelésükhöz felhasznált technológiák fejlesztésének, az információknak, a tudásnak a költségei, minél változatosabb termékpalettán terítheti szét a cég az ilyen típusú költségeket, annál hatékonyabban működhet. A változatossági hozadék részben összefügg a tudás ama tulajdonságával, hogy *előállításának költségein* – szemben az összes többi termelési tényezővel – *semmit sem változtat az, hogy hány termelési folyamatban, hányféle termékben alkalmazták*. Ezt a tulajdonságot az *információ oszthatatlansága* néven is szokták említeni. Ha például kifejlesztnek egy lézeres méretre vágási – a hulladékot minimalizáló – eljárást, semmivel sem kerül többé, ha ugyanezt az eljárást egy adott konyhagép többféle karrossziájának kialakításában használják. Az össztermelést viszont – feltett piacok mellett – annál könnyebb kiterjeszteni, minél többféle változatban kínálják a szóban forgó termékeket. Az acél vagy a bádóg ma eladhatatlan, a mérték utáni – a vevő igénye szerint méretezett és hajlított – lemezek, amelyekkel a felhasználónak már semmi dolga sincs, recesszióban is jól eladhatók. Bárki ellenőrizheti ezt Magyarországon is, ha megtekinti a Dunafer SSC (Steel Service Center) központjait, ahol az acélt a többezer egyedi felhasználó igényeihez szabják.¹⁷

A költséghatékonyság, illetve a változékonysági hozadék forrása lehet a *fejlesztésben* például az úgynevezett *csoportos termékfejlesztési technika* is. Jó példa erre a *Procter and Gamble* ismert mosószerének új változata. A cég alapterméként kifejlesztett egy új folyékony mosószeret, majd erre építve, a koncentráció változtatásával ezen alaptermék-ből egymástól eltérő sajátosságú egyedi mosószeret hoztak létre (*Lapid* [1997]).

*

Amennyire ma előre lehet tekinteni, a legközelebbi jövőben is a modularitás erősödése várható. Minél bonyolultabbak ugyanis a termékek és szolgáltatások, annál heterogénebbek azok az inputok, amelyeket egy adott termék összeállítására lehet használni. Minél többelemű ugyanakkor a termék, a folyamat és a rendszer „annál több lehetséges konfiguráció érhető el az elemek kombinálhatóságával, amelyet a modularitás tesz lehetővé. Továbbá: minél inkább heterogének a rendszerrel szemben támasztott igények, annál értékesebbé válik a kombinálhatóság.” (*Schilling* [2000] 316. o.)

Hivatkozások

- ACHROL, R. S. [1997]: Changes in the Theory of Interorganizational Relations. In Marketing: Toward a Network Paradigm. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25. köt. 1. sz. 57–71. o.
- ANDERSON, J. C.–HAKANSSON, H.–JOHANSON, J. [1994]: Dyadic Business Relationships within a Business Network Context. *Journal of Marketing*, 58. köt. 4. sz. október, 1–15. o.
- ANDERSON, P.–TUSHMAN, M. L. [1990]: Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change. *Administrative Science Quarterly*, 35. köt. 604–633. o.
- BALDWIN, C. Y.–CLARK, K. B. [1997]: Managing in an Age of Modularity. *Harvard Business Review*, 75. köt. 5. sz. szeptember–október, 84–94. o.

¹⁷ Ennek és hasonló rendszereknek a részletes leírását lásd *Gross* [1973].

- BAUMOL, W.–PANZAR, J.–WILLIG, R. D. [1982]: Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. Harcourt Brace–Jovanovich, New York.
- BLAIR, J. G. [1988]: Modular America: Cross-cultural perspectives on the emergence of an American way. Greenwood, Westport, CT.
- BOURGEOIS, L. J. III.–EISENHARDT, K. [1988]: Strategic decision processes in high velocity environments: Four cases in the microcomputer industry. *Management Science*, 34. köt. 86–835. o.
- COX, W. M.–AIM, R. [1999]: America's move to mass customization. *Consumers' Research Magazine*, 82. köt. 6. sz. június, 15–20. o.
- D'AVENI, R. A. [1995]: Coping with Hypercompetition. Utilizing the New 7S' Framework. *Academy of Management Executive*, 9. köt. 3. sz. 45–60. o.
- DEMARIE, S.–KEATS, B.–HITT, M. A. [1994]: Proactive vs. reactive downsizing: Developing order out of chaos. Working paper. University of Nevada, Las Vegas.
- DESS, G. G.–RASHEED, A. M. A.–MCLAUGHLIN, K. J.–PRIEM, R. L. [1995]: The new corporate architecture. *Academy of Management Executive*, 9. köt. 3. sz. 7–20. o.
- DYER, J. H. [1996]: How Chrysler Created an American Keiretsu. *Harvard Business Review*, 74. köt. 4. sz. 42–56. o.
- FEITZINGER, E.–LEE, H. L. [1997]: Mass customization at Hewlett-Packard: The power of postponement. *Harvard Business Review*, 75. köt. 1. sz. január–február, 116–122. o.
- FRIEDEL, E. [1995]: Az újkori kultúra története. 1–3. kötet. Holnap Kiadó, Budapest.
- GROSS, H. [1973]: Das Quartere Zeitalter. *Systemdenken in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik*. Econ Verlag, Düsseldorf, Bécs.
- GROSSKOPF, S.–YAISAWARNG, S. [1990]: Economies of scope in the provision of local public services. *National Tax Journal*, 43. köt. 1. sz. március, 61–75. o.
- HÁMORI BALÁZS [1998]: Érzelem-gazdaságtan. Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
- HART, C. W. [1996]: Made to order. *Marketing Management*, 5. köt. 2. sz. nyár, 10–23. o.
- HENRICKS, M.–HASTY, S. [1995]: L.S.&Co. tries on custom-fit jeans. *Apparel Industry*, 56. évf. 1. sz. január, 32–33. o.
- JOHN, G.–WEISS, A. M.–DUTTA, S. [1999]: Marketing in Technology-Intensive Markets: Toward a Conceptual Framework. *Journal of Marketing*, október, külöнкиadás, 63. köt. 78–92. o.
- JOHNSTON, R. R.–LAWRENCE, P. R. [1988]: Beyond Vertical Integration – The Rise of the Value-Adding Partnership. *Harvard Business Review*, július–augusztus, 94–101. o.
- LAPID, K. [1997]: Innováció és versenyképesség. *Vezetéstudomány*, XXVIII. évf. 4. sz. április, 18–27. o.
- LAVIDGE, R. J. [1999]: „Mass Customization” Is Not an Oxy-Moron. *Journal of Advertising Research*, 39. köt. 4. sz. július–augusztus, 70–73. o.
- LEI, D.–HITT, M. A.–GOLDHAR, J. D. [1996]: Advanced manufacturing technology: Organizational design and strategic flexibility. *Organization Studies*, Berlin, 17. köt. 3. sz. 501–525. o.
- MARTIN, J. [1997]: Part design comes together on the Net. *Mechanical Engineering*, 119. köt. 6. sz. június, 76–79. o.
- MCRAE, H. [1996]: A világ kétezerhúszban. Versenyben a hatalomért, kultúráért, jólétért. AduPrint Kiadó, Budapest.
- NARUS, J. A.–ANDERSON, J. C. [1996]: Rethinking Distribution. *Adaptive Channels*. *Harvard Business Review*, július–augusztus.
- O'GRADY, P. [1999]: The Age of Modularity: Using the New World of Modular Products to Revolutionize Your Corporation. Adams and Steele Publisher, Iowa City.
- OSBORN, R. N.–HAGEDOORN, J. [1997]: The Institutionalization and Evolutionary Dynamics of Interorganizational Alliances and Networks. *Academy of Management Journal*, 40. köt. 2. sz. 261–278. o.
- PACE, M. [2000]: 1999's Technology Trends Light the Way for 2000. *InfoWorld*, 22. köt. 3. sz. január, 17., 47. o.
- PETERSON, I. [2000]: The Power of Partitions. *Science News*, 157. köt. 25. sz. június 17. 396–397. o.
- PINE II, B. J.–VICTOR, B.–BOYNTON, A. C. [1993]: Making mass customization work. *Harvard Business Review*, 71. évf. 5. sz. 108–117. o.

- REINERTS, D. [1998]: Modularity and Flexibility. *Electronic Design*, 46. köt. 28. sz. december 14. 48. o.
- SANCHEZ, R. [1999]: Modular Architectures in the Marketing Process. *Journal of Marketing, Különkiadás*, 63. köt. 92–112. o.
- SCHILLING, M. A. [2000]: Toward a General Modular Systems Theory and its Application to Interfirm product modularity. *Academy of Management Review*, április, 25. köt. 2. sz. 312–345. o. (33 oldal terjedelmű a digitális cikk)
- SCHILLING, M.–STEENSMA, K. [1999]: Technological change, globalization, and the adoption of modular organizational forms. Working paper, Boston University.
- SNOW, C.–MILES, R.–COLEMAN, H. J. [1992]: Managing 21st century network organizations. *Organizational Dynamics*, 20. köt. 3. sz. 5–20. o.
- SZABÓ KATALIN [1999]: Hálózatok hiperversenyben. *Vezetéstudomány*, XXX. évf. 1. sz. 15–25. o.
- SZABÓ KATALIN [2000]: A személyes tömegtermelés. *Külgazdaság*, 44. évf. 9. sz. szeptember. 35–49. o.
- TULLY, S. [1993]: Modular Corporation. *Fortune*, február, 106–104. o.
- ZENGER, T. R.–HESTERLY, W. S. [1997]: The Dissaggregation of Corporations: Selective Intervention, High-powered Incentives, and Molecular Units. *Organization Science*, május–június, 8. köt. 3. sz. 209–222. o.