

1. Bevezetés

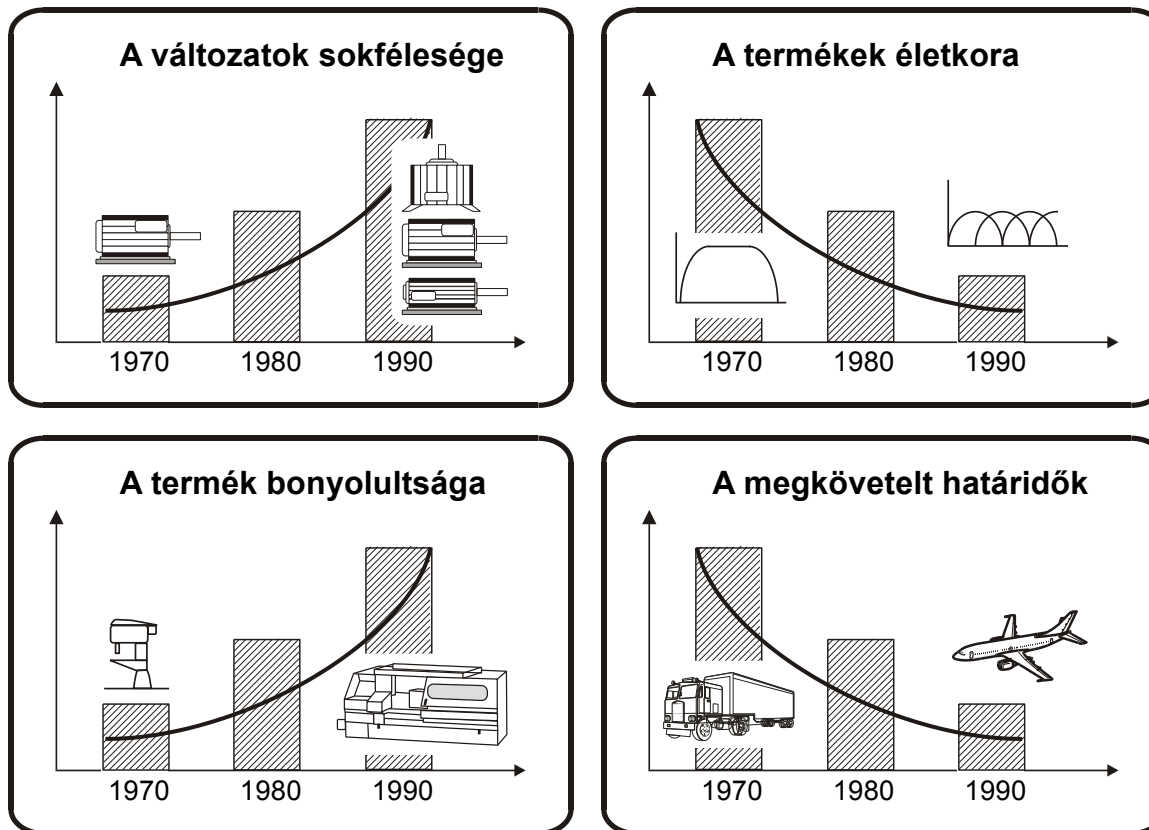
A fejlett iparral rendelkező országok túlnyomó többségében kulcsszerepe van a *gépiparnak*. Ennek elsődleges oka az, hogy a gépipar állítja elő a termelőeszközök és a tartós fogyasztási cikkek jelentős hányadát, ezért a gépipar mindenkori teljesítőképessége, technológiai színvonala erősen befolyásolja az adott ország többi nemzetgazdasági ágazatának korszerűségét is.

Az EC-országok gépipara (*Manufacturing and Engineering Industry*) a Közösség második legnagyobb gazdasági szektora, amely a tagországok összesített bruttó termékének több, mint 30 %-át képviseli. Ez a hatalmas gazdasági szektor a világpiaci versenyben egy egész sor kihívással került szembe: nemcsak hatékonyan és mérsékelt költségekkel kellene termelnie, hanem egyidejűleg növelnie kellene a piaci igények iránti érzékenységét és rugalmasságát új termékekkel, s mindezt vonzó árakon és magas minőségi színvonalon. Mindemellett a közvélemény azt is elvárja, hogy a teljes

megújulási folyamat a foglalkoztatottsági index romlása nélkül, környezetkímélő módon menjen végbe.

Saját nézőpontjából hasonló gondja vannak a két másik világgazdasági óriás, az USA és Japán gépiparának. Tekintsük például a japán gépipar egyik neves reprezentánsát, az OKUMA gépgyárat, amelyet 1898-ban alapítottak. A gyár szerszámgépeket, gyártórendszereket, elektronikus alkatrész-beültető gépeket, vezérlőberendezéseket és sok egyéb gépet/berendezést gyárt kis sorozatokban, igen korszerű kivitelben; éves termelési értéke meghaladja a *3 milliárd* USD-t, exportja pedig *1 milliárd* USD körül ingadozott az utóbbi néhány évben. Nos, ez a sokak által irigyelt teljesítőképességű és szervezettségi színvonalú vállalat kíméletlen őszinteséggel és következetességgel igyekszik feltárni a jelenlegi munkáknál tapasztalt problémákat a fizikai termelés, a termelésirányítás, a termelés műszaki előkészítése és a kereskedelem területén és megoldást találni a felmerült nehézségek leküzdésére.

A modern termelő, szolgáltató és kereskedelmi szférával szemben támasztott követelmények, kihívások rendkívüli felerősödését négy jellegzetes területen az 1.1. ábra szemlélteti.



1.1 ábra: A XX. század utolsó negyedének legjellegzetesebb ipari, kereskedelmi és szolgáltatási változásai, amelyek egyaránt a termelés rugalmasságának fokozására ösztönözték a vállalatokat

A jelenlegi helyzetet világszerte az jellemzi, hogy az anyag és az energia után ma egy új minőség, az *információ* került a tudomány, a technika és a technológia érdeklődésének középpontjába. Az *információ-technológia* (IT) ma már egy mindent átható befolyást gyakorol a modern gépiparra. Korszerű szervezési struktúrákkal és gyártástechnológiai eljárásokkal együtt alkalmazva az IT a versenyképesség uralkodó, de legalábbis egyik döntő összetevőjévé válik.

Az előzőekben körvonalazott kihívásokra a választ a szakemberek jelentős része a korszerű gépgyártástechnológia és az információtechnológia eszközrendszerének egységesítésében és rendszerszemléletű integrálásában látja. Így jutunk el a *számítógéppel integrált gyártás* (Computer Integrated Manufacturing = CIM) fogalmához. A CIM csak a laikus számára "varázsszó", a szakember számára viszont rendkívül összetett fogalomkört sűrít egyetlen betűszónyi rövidítésbe: leírják *konceptióként, filozófiaként, szervezési elvként, metodológiként* és *konkrét gyártási rendszerként*, attól függően, hogy a CIM melyik oldalát emelik ki. Akkor járunk legközelebb a CIM lényegéhez, ha annak integráló természetét ragadjuk meg és a parciális megközelítések egyfajta *tartalmi szintézisének* tekintjük.

A számítógéppel integrált gyártás válik a kulcsfogalommá a jövő vállalati stratégiájában. Miután néha úgy hivatkoznak rá, mint a termelés integrált rendszerére, a CIM területe úgy tűnik, hogy a gyári termelésre korlátozódik. Valójában a CIM célja sokkal kiterjedtebb: segíteni tudja az összes üzleti funkciót, nem csak a termelést képes megalapozni, hanem közelebbi, rendszeres és gyakori kapcsolatokat teremt a különböző funkcionális egységek között az üzleti folyamatok egyik alapvető erőforrásának, az *információnak* a használata révén.

Annak ellenére, hogy a CIM nemzetközi irodalma nagyon kiterjedt és szakcikkek, konferenciaanyagok százai, valamint monográfiák tucatjai állnak rendelkezésre, olyan tankönyvet, amely a tiszta fogalmakra, elvekre, modellekre és módszerekre helyezi a hangsúlyt a konkrét megoldások és a technikai részletek helyett, nagyon nehéz találni. A jó tankönyvvel szemben támasztott követelményeket, beleértve a taníthatóságot és az egyéni tanulást elősegítő didaktikai szempontokat is, legjobban *Jean-Baptiste Waldner* kiváló könyve elégíti ki (CIM – Principles of Computer-integrated Manufacturing, John Wiley & Sons International Publisher, 1992).

Már itt is szükségesnek látjuk felhívni a figyelmet arra, hogy a látványos eredmények mellett a CIM elmélete és ipari gyakorlata egy sor, máig megoldatlan problémát is felszínre hozott. Ezek között egyaránt vannak *rendszertechnikai* (pl. kompatibilitási, nyitottsági), *gazdaságossági és termelés-szervezési-logisztikai* kérdések. Megoldásuk - mai ismereteink szerint - csak akkor lehetséges, ha a termelés (és ezen belül a gyártás) *legújabb átfogó szervezési elveit és modelljeit* (ún. *paradigmáit*) a CIM területén is érvényesítik.

1.1 Alapfogalmak

A következőkben néhány olyan alapvető fogalmat veszünk sorra, amelyeket a CIM szakirodalma hallgatólagosan ismertnek tételez fel. Miután e fogalmak értelmezése bizonyos szabadságot megenged és az egyes forrásmunkák élnek is ezzel a lehetőséggel, célszerűnek látszik az előadásvázlatban használt értelmezéseket előrebocsátani és azokhoz az egyes témakörök kifejtése során következetesen ragaszkodni.

1.1.1 Rendszer, folyamat, modell

A *rendszer* fogalma kitüntetett szerepet játszik a tudomány, a technika és a technológia legkülönbözőbb területein. Mindennapjaink társadalmi, gazdasági és politikai híreiben a "rendszer" kifejezést szintén rendkívül gyakran használják, valamilyen jelzős szerkezettel korlátozva az önmagában túlságosan elvont eredeti fogalom hatókörét. Így például beszélhetünk kommunikációs rendszerekről, oktatási rendszerekről, politikai rendszerekről, fegyverrendszerekről, társadalombiztosítási rendszerekről, de osztályozási rendszerekről és filozófiai rendszerekről is. Ezek egy része fogalmi konstrukció, más részük fizikailag létező entitás⁽¹⁾.

A szakirodalomban található nagyszámú meghatározás egyike sem lép fel a teljesség igényével, ellenkezőleg, inkább a meghatározás ideiglenes, tág és nyers

(1) Entitás: megkülönböztethető ismertetőjegyekkel rendelkező, létező dolog, "lényeg".

jellegét hangsúlyozzák. Például *Russel L. Ackoff* a következő meghatározást adja: a rendszer "*bármilyen - fogalmi vagy fizikai - entitás, amely egymástól függő részekből áll*". Az Oxford Dictionary által javasolt meghatározások közül az alábbiakat emeljük ki:

A rendszer

- "dolgok vagy részek csoportja, amelyek egészként dolgoznak együtt";
- "elképzelések, elméletek, elvek halmaza, amelyek alapján valami megtehető".

Egy további ismert definíció: a rendszer "egynemű vagy összetartozó dolgoknak, jelenségeknek bizonyos törvényszerűségeket mutató rendezett egésze".

A CIM-rendszerek analízise és szintézise szempontjából a *kibernetika* tudománya jelenti az egyik legkorábbi elméleti forrást. Mint ismert, *Norbert Wiener* nyomán a "kibernetika" elnevezést használják világszerte az *irányítás és a kommunikáció* azon törvényszerűségeit kutató tudományterületek összefoglaló elnevezésére, amelyek egyformán érvényesek a gépekre, az élő szervezetekre, a gondolkodó emberre, sőt, az emberek gazdasági és egyéb szervezeteire is. A kibernetika volt az első, a hagyományos tudományágakat mintegy keresztbemetsző *interdiszciplína*, amely

alkalmat nyújtott a különféle tudományágak közötti szerves kapcsolatok megteremtésére, és - legalábbis eredeti formájában - példát adott arra, hogyan lehet általános rendszerfogalmakat kifejleszteni a fizikában megkövetelt szigorúság normáitól való eltávolodás nélkül.

A kibernetika tágabb értelmezését, amely a kibernetikát minden rendszerközpontú, rendszerszemléletű irányzat gyűjtőfogalmaként, sőt, valamennyi modern interdiszciplináris kísérlet gyűjtőfogalmaként deklarálja, a szakemberek többsége nem fogadta el. Figyelemreméltó, hogy az USA-ban, Norbert Wiener hazájában terjedt el legkevésbé a "kibernetika" elnevezés, helyette az egyes szűkebb részterületeken például a *Bionics* (biológia+elektronika=bionika), *Artificial Intelligence* (mesterséges intelligencia), *Operations Research* (operációkutatás), *Management Science* (vezetéstudomány) elnevezéseket használták.

A kibernetika tudományos területvesztésében közrejátszó számos tényező közül *kettőt* érdemes kiemelni. Az *egyik* azzal függ össze, hogy a matematika befolyására, nagyjából a kibernetika létrejöttével párhuzamosan egy új kutatási irányzat jelent meg az USA-ban, az *általános rendszerelmélet* (General Systems Theory = GST). Az általános rendszerelmélet egy folyamatos kísérlet a matematika eszköztudományának támogatásával

arra, hogy egységes alapra hozza a különböző tudományágakat. Ezt oly módon teszi, hogy a tudomány legkülönbözőbb területeinek elemei, egyes részei között olyan összefüggéseket keres, amelyek az egészszel, a *rendszerrel* hasonlíthatók össze. Csak struktúrákat vizsgál, vagyis azt a módot, ahogy a kölcsönkapcsolatban lévő elemek horizontálisan és vertikálisan egymáshoz rendeződnek, hogy egy adott célú rendezett egészet alkossanak. A kibernetikával való átfedések nyilvánvalóak. A *másik* tényezőt az információ-feldolgozáshoz kapcsolódó tudományterületek differenciálódása, önmagukban is jelentős fejlődése, majd egy új, magasabb szintű integrációja, az *informatika* jelenti.

A CIM rendszerek elméleti háttere elválaszthatatlanul összefonódik az informatikával. Az *informatika* az információ rendszeres és automatikus - elsősorban számítógépek segítségével történő - gyűjtésével, tárolásával, feldolgozásával és továbbításával foglalkozó tudomány. Mint ismert, más tudományágak (matematika, logika, irányítástechnika, elektrotechnika, elektronika) részterületeiből fejlődött ki, a hatvanas évek óta tekintik önálló szakterületnek és a hetvenes évek közepe óta, a matematikához hasonlóan, *strukturális tudományként* az alaptudományok közé

sorolják. Az informatikát sokan a kibernetika egyik "jogutódjának" tekintik, mégpedig főként két okból. Egyrészt azért, mert mindkét tudomány nélkülözhetetlen, közös alapfogalma az *információ*. Másrészt a hírközlélmélet, tágabban a kommunikáció elmélete, amely annakidején beolvadt a kibernetikába, ma - éppen a számítógépes hálózatok minden előzetes elképzelést meghaladó fejlődésének eredményeként - egyre inkább az informatikába integrálódik. Az informatika egyik átfogó prognózisa ennek jelentőségét méltatja: "A két óriás, a számítógépes és hírközlő technológia egyesítése korszakváltást jelent az emberiség történetében" – mondja *Michael Dertouzos*, az MIT professzora.

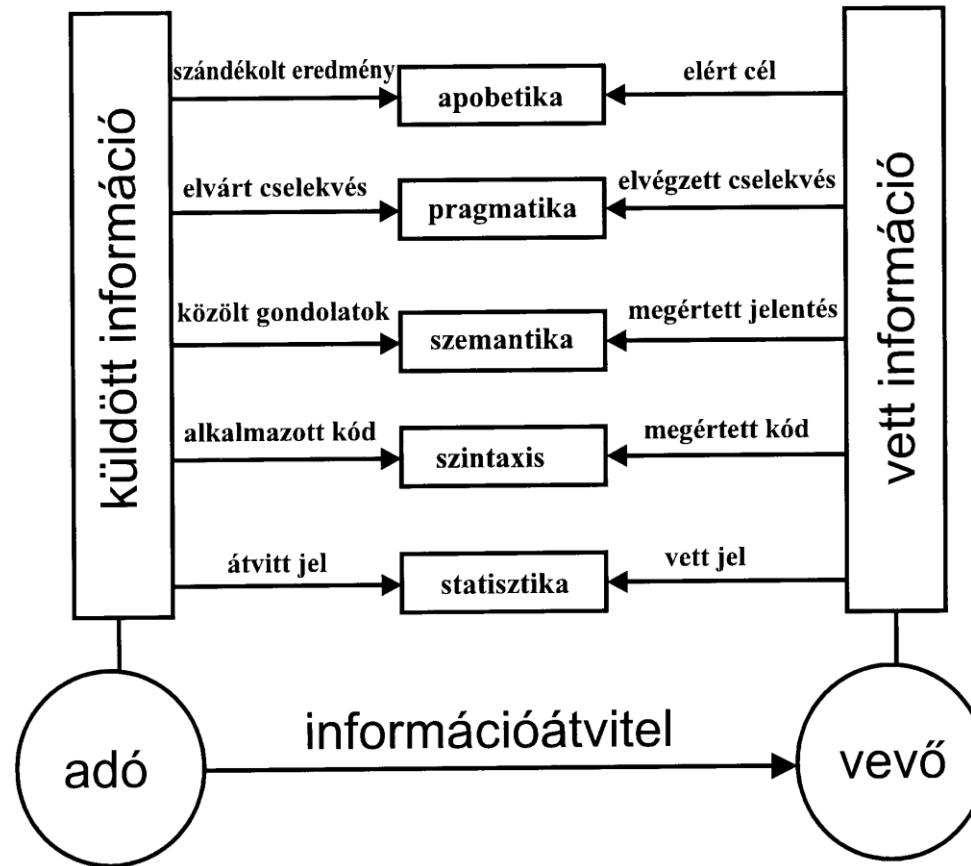
Az informatika tudományterületének körülhatárolását nehezíti, hogy az *információ* fogalma, jóllehet alapfogalomról van szó, rendkívül nehezen definiálható a szabatoság igényével. Az információval minduntalan szembetaláljuk magunkat, a technológiai és természeti rendszerekben egyaránt: a számítógépes adatfeldolgozásban és kommunikációs rendszerekben, a szabályozás-technikában, a természetes nyelvekben, a biológiai kommunikációs rendszerekben és az élő sejtek információs folyamataiban. Nem túlzás azt állítani, hogy a tömeggel rendelkező *anyag* és az *energia* mellett a

tudomány, a technika és a technológia harmadik egyetemes alapmennyiségének az *információt* kell tekintenünk.

Egy érdekes új megközelítés szerint az információ hierarchikus szerkezetű alapfogalom, amelynek öt szintjét célszerű megkülönböztetni. Ezek a szintek, alulról-felfelé haladva, a következők: (1) *statisztikai*, (2) *szintaktikai*, (3) *szemantikai*, (4) *pragmatikai* és (5) *apobetikai* szint (Werner Gitt, 1989). Az 1.2 ábra alapján bármely információra érvényes, hogy azt valaki elküldi (adó) másvalakinek (vevő). A legfelső szinten (apobetikai szint) az információ *céljáról*, ill. *eredményéről* van szó. Az alatta lévő, pragmatikai szint a *szándékolt*, ill. *elvégzett* cselekvéssel foglalkozik. Egy szinttel lejjebb az *elgondolt*, ill. *megértett* jelentésről van szó (szemantika). Az utolsó előtti szint (szintaxis) a gondolatok nyelvi *kódolásával*, ill. *dekódolásával* foglalkozik, a legalsó pedig az átvitel technikai részleteivel, minden azzal kapcsolatos *statisztikai* adattal. Mind az öt aspektusnak megvan a maga specifikus jellege mind az adónál, mind a vevőnél. Az egyes szintek egymást feltételezik. Az információ nem éri el a célját, ha az átvitel bármelyik szinten megszakad.

Az elmondottak megerősíteni látszanak *Breuer*-nek - bizonyára szakmai elfogultságtól sem mentes - azon véleményét, hogy "az információs társadalom korában élünk, azonban az információáradat leküzdésére rendkívül nagy erőfeszítésekre van szükség. Az ezredfordulóra az informatika alkalmazása válhat a legfontosabb tudománnyá - de ez a fordulat talán már be is következett".

A *rendszerelmélet* (Systems Theory) kifejezést a szakirodalom az "általános rendszerelmélet" elnevezés helyett, azonos tartalommal, a praktikus rövideg kedvéért használja. A *rendszer technika* (Systems Engineering) a rendszerelmélethez szorosan kapcsolódó diszciplína. Kapcsolatukat *G. F. Franklin* tömören és pontosan fogalmazza meg: "A rendszer technika a rendszerek tervezésére szolgáló módszerek összessége. A rendszerelmélet a rendszer technikát megalapozó, többé-kevésbé absztrakt törvényeknek és fogalmaknak együttese."



1.2 ábra: Az információ öt hierarchiai szintje (Werner Gitt nyomán)

A kibernetika és az általános rendszerelmélet elsősorban olyan rendszerek tudományos vizsgálatához szolgáltat elveket és módszereket, amelyek bonyolultak és különleges megközelítést (például horizontális és/vagy vertikális dekompozíciót, a feltételek és célok prioritásainak igen gondos mérlegelését) igényelnek. A CIM rendszerek, mint a későbbiekben látni fogjuk, kifejezetten ebbe a kategóriába sorolható, komplex rendszerek.

Johnson, Kast és Rosenzweig egy olyan meghatározást ad a rendszer fogalmára, amely tovább pontosítja a rendszerről eddig kialakult képünket. Szerintük a rendszer "szervezett vagy összetett egész: egy komplexumot vagy egységes egészet alkotó dolgok vagy részek együttese vagy kombinációja". A "szervezett" jelző itt arra utal, hogy a rendszerek egy részének létrehozásában az embernek, mint alkotónak, valamilyen szerepe van. Érdeemes végiggondolni azt is, hogy a szervezett rendszerek bizonyos osztályait teljes mértékben az ember hozza létre. Ezeket *mesterséges* úton létrehozott rendszereknek tekinthetjük, amelyekhez egyfajta *homogenitás* társulhat pl. abban az értelemben, hogy minden komponens emberi munka útján jön létre

(példaként a különféle járművek, gépek, berendezések hozhatók fel). Ugyanakkor a szervezett rendszerek egy részében *maga* az ember is alrendszerként, komponensként működik. Tipikus példa erre az *iparvállalat*, amely *inhomogén* összetevőkből szervezett rendszer abban az értelemben, hogy személyek és eszközök integrálódnak benne.

A szervezett rendszerek lényegére utaló egyik klasszikus definíció *C. West Churchman*-tól származik: "A rendszer kitűzött célok elérésére koordinált elemek halmaza." A rendszerek tudományos vizsgálatában alkalmazott elméleti megközelítés módszereit összefoglalóan *rendszer szemléletnek* nevezik. Úgy tűnik, hogy ez a kifejezés hazai szakirodalmunkban visszavonhatatlanul elterjedt, jóllehet nem tükrözi igazán az eredeti angol kifejezés fokozatosságát és dinamizmusát (Systems Approach \equiv rendszer-megközelítés).

A rendszer szemlélet legfontosabb szempontjait *C. West Churchman* a következőkben foglalja össze:

- (1) Az egész (komplex) rendszer célja és részletesebben az egész rendszer működésének értékmérője;
- (2) a rendszer környezete: a meg nem változtatható korlátok;
- (3) a rendszer erőforrásai;
- (4) a rendszer alkotóelemei; tevékenységeik, céljaik, értékmérőik;
- (5) a rendszer vezetése (irányítása).

Mint ismert, a *hierarchia* valamilyen rendező elv(ek) szerint megszabott alá- és fölérendeltségi viszonyt fejez ki. Kézenfekvő, hogy a rendszerek hierarchikusan rendezhetők, vagyis kialakíthatók a rendszerek rendszerei és a rendszerek rendszereinek rendszerei. Hangsúlyozni kell, hogy a hierarchikus szemléletmód kifejezetten az emberi gondolkodás sajátos szellemi segédeszköze, s mint ilyen, teljes mértékben az emberhez kötődő, az emberi megismerést szolgálja.

Az ember például, célszerűen, a Világegyetemet égitestek rendszereként tekinti, amely óriási számú, csillagokból, bolygókból és más égitestekből álló alrendszert, galaktikát foglal magába. Naprendszerünk, sok más naprendszerrel együtt, egy ilyen galaktikának, a Tejútrendszernek része. Hasonlóan, egy élő szervezet egymástól kölcsönösen függő, ún. kooperatív alrendszerek rendszere, ahol minden alrendszer további al-(rész-) rendszerekre bontható. Az élő szervezet mikroorganizmusokból áll, amelyek nagyobb rendszerekké kapcsolódnak össze, ez utóbbiak viszont az organizmusnak mint egésznek az al-(rész-)rendszerei.

Fontos rámutatni, hogy a "rendszer" *rekurzív* fogalom abban az értelemben, hogy minden rendszer alrendszere (részrendszere, eleme) egy nálánál nagyobb rendszernek; a rendszer határait célszerűen az ember választja meg.

Néhány rendszerelméleti alapelv

A valóságnak minden, térben elhatárolt részét, anyagi struktúrájának néhány, a külvilággal fennálló - lényegesnek tekintett - viszonyával *konkrét rendszernek* nevezzük. A konkrét rendszernek és környezetének kölcsönhatását *fizikai mennyiségek* közvetítik, amelyek *információkat* hordoznak. A számunkra lényegtelen fizikai mennyiségektől elvonatkoztatunk. A konkrét rendszerek lényeges mennyiségei nem függetlenek egymástól; bizonyos összefüggések állnak fenn közöttük, amelyek az *időtől* és a *rendszer* előéletétől függhetnek. Ezek az összefüggések meghatározzák a konkrét rendszer viselkedését.

Azonos viselkedésű konkrét rendszerek, legalábbis időlegesen, *hatásmódjukat tekintve kölcsönösen helyettesíthetők egymással*. Ez elvezet az *absztrakt rendszer* fogalmához, egyben az azonos viselkedésű konkrét rendszerek osztályához. Absztrakt rendszernek tekinthető például az ún. *átviteli tag* (AT), amelynek valamennyi működési állapota meghatározza az x_i bemeneti mennyiségeknek az y_j kimeneti mennyiségekké történő feldolgozási módját. Ilyen átviteli tag az *automata*, amely

bemenő mennyiségeivel, kimenő mennyiségeivel és állapotparamétereivel jellemezhető.

Csoportosan működő AT-k ún. bemeneti/kimeneti (input/output = I/O) hatásláncot alkotnak. Így jutunk el a *struktúra* fogalmához: struktúrán egyértelmű funkcionális összeköttetésekkel rendelkező átviteli tagok hálózatát értjük. Ha egy megállapodásszerűen rögzített építőelem-készletből, mint részrendszerekből álló rendszer viselkedését a struktúrában összekapcsolt tagok viselkedéséből és az összekapcsolás módjából magyarázzuk meg, *struktúra analízisről* beszélünk. Ha viszont egy előírt viselkedésű rendszert adott építőelemkészlet átviteli tagjaival kell megvalósítani, *struktúra szintézisről* van szó.

Jelölje Q_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m$) a rendszerstruktúra valamely hierarchikus ágán az i -edik alrendszer j -edik komponensét (amely természetesen önmaga is komplex struktúrával rendelkezhet). Legyen T_{ij} a Q_{ij} funkcióját jelentő *statikus* transzformáció (előzményektől, rendszerállapotoktól független operáció). Ebben az esetben a Q_{ij} kimenetén a bemenetére érkező $c_{i(i-1)}$ információból a

$$c_{ij} = T_{ij} c_{i(j-1)} \quad (1)$$

transzformált részeredmény jelenik meg. A sorbakapcsolódó m számú komponens együttes funkciója így kifejezhető a részfunkciók formális produktumával. Ugyanis

$$\begin{aligned} c_{i1} &= T_{i1} c_{i0} \\ c_{i2} &= T_{i2} c_{i1} = T_{i1} T_{i2} c_{i0} \\ &\vdots \\ c_{ij} &= T_{ij} c_{i(j-1)} = T_{i1} T_{i2} \cdots T_{i(j-1)} T_{ij} c_{i0} \\ &\vdots \\ c_{im} &= T_{im} c_{i(m-1)} = T_{i1} T_{i2} \cdots T_{i(m-1)} T_{im} c_{i0} = \prod_{j=1}^m T_{ij} c_{i0}. \end{aligned} \quad (2)$$

Az 1.3. ábrából látható, hogy

$$C_i \equiv C_{i0}, \quad (3a)$$

$$C_{i+1} \equiv C_{im}, \quad (3b)$$

$$T_i = \prod_{j=1}^m T_{ij}. \quad (3c)$$

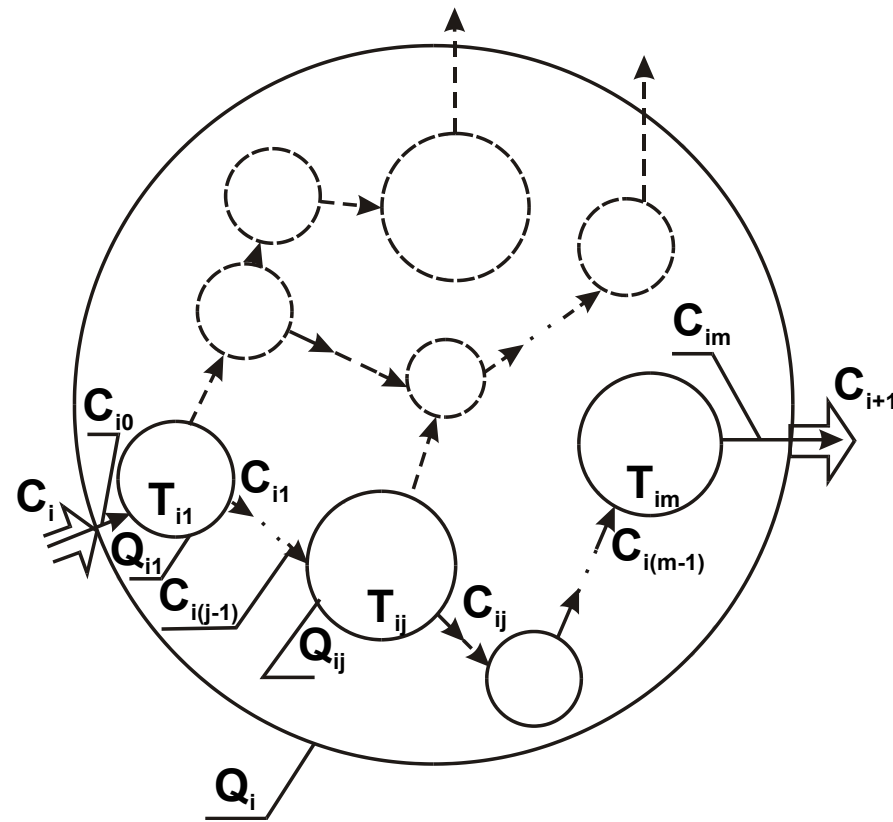
A (3a) összefüggés azt jelenti, hogy bármely magasabb szintű struktúraelem bemenő információja azonos az eggyel alacsonyabb szinten *elsőként* működésbe lépő struktúraelem bemenő információjával.

A (3b) összefüggés azt világítja meg, hogy a magasabb szintű struktúraelem aktuális kimenő információja azonos az eggyel alacsonyabb szinten *utolsóként* funkcionáló elem kimenő információjával.

A (3c) formula azt fejezi ki, hogy az i -edik komplex alrendszer aktuális funkciója kifejezhető az éppen sorbakapcsolódó komponensek részfunkcióinak *formális* produktumával. (A *formális* szót azért kell hangsúlyozni, mert nem aritmetikai szorzatról, hanem multiplikációs hatás-sorozatról van szó).

A statikus transzformáció egy tetszőleges, de választás után rögzített részfunkció-sorozatot fűz össze. Az 1.3. ábra is érzékelteti, hogy a választott alrendszerben ugyanazon bemenő információhoz teljesen más kimenő információ tartozhat, attól függően, hogy milyen komponensek aktivizálódnak egymás után. A bemenő információra (mint operandusra) alkalmazott transzformáció függhet az éppen vizsgált alrendszer-komponens belső állapotától, de az ábra csak a jelzett kimenetet tünteti fel. A belső állapotot képviselhetik formális paraméterek, amelyeket az adott komponens (mint operátor) előélete vagy a struktúra távolabbi komponenseinek (operátorainak) működése is befolyásolhat.

Detzky igen tömör és didaktikus összefoglalót ad a gépgyártástechnológiai rendszerekben, így a CIM rendszerekben is jól alkalmazható rendszerelméleti alapfogalmakról. Gondolatai ma is korszerűek, semmilyen módosítást nem igényelnek. Álláspontja a következő:



1.3 ábra: Tetszőleges hierarchiai szinten elhelyezkedő Q_i alrendszer aktuális funkciója a benne éppen sorbakapcsolódó komponensek részfunkcióiból határozható meg.

Megkülönböztetjük a *valóságosan* (tárgyilag) létező rendszert és annak elvont, gondolati, fizikai vagy más tudományos *modelljét* (képét). Ettől is elválasztjuk a mennyiségi és formális logikai jellemzőkre felírható *matematikai modellt*. Ismét másnak tekintjük azt a logikai-matematikai tervezői gondolatsort, amely valamely anyagi rendszer vagy folyamat *megvalósítására* irányul. Ez is *rendszer*, ha a jól felépített fogalmak és algoritmikus kapcsolatok - mint gondolati eszközök - ismételten felhasználhatók. Ennek lényege azonban a gondolkodó emberi agy működési modellje és nem azé a tárgyé, amelyre a gondolkodás irányul. (Megjegyzés: ilyen jellegűek például a számítógépes tervezőrendszerek, amelyekről a későbbiekben részletesen lesz szó.).

A felsorolt változatok közös jellemzője, hogy a rendszert valamilyen módon el lehet különíteni a *környezetétől*, amelyhez *kölcsönhatások* kapcsolják. Ha ilyen nincs, *elszigetelt rendszerről* van szó. A rendszer ugyanakkor maga is hatáskapcsolatban álló *részrendszerekből* áll. Ezek szintén felbonthatók további alkotókra. A részek egymásra épülését vagy alárendelési viszonyait nevezzük *hierarchiának*. Szűkebb értelmezés szerint a rendszernek egy adott hierarchikus szinten lévő, egymás melletti részeit és a

köztük lévő kapcsolatokat nevezzük *struktúrának*. Bővebb értelmezés szerint a struktúra magában foglalja a hierarchia fogalmát is.

A rendszernek és részeinek vannak aritmetikai és formális logikai eszközökkel vizsgálható *tulajdonságai*. A tulajdonságok egy része az egész rendszernek *jellemzője*, vagyis változatlan. Szokás ezeket a rendszer *állandóinak* is nevezni. Más részük pedig változó és ezeket nevezzük *jelzőknek* vagy *határozóknak*. A jelzők (határozók) valamely együttesét nevezzük *állapotnak*. A rendszer és a környezet közötti kölcsönhatásokon vizsgálható jelzők a rendszer *külső állapotát* szabják meg. A rendszer részei közötti hatáskapcsolatokon a *belső állapotok* vizsgálhatók.

Az *állapotváltozásokat* a rendszer *lényegét* jelentő belső relációk szabják meg. Ezek törvényszerűen kapcsolják össze a rendszer részeinek jellemzőit és meghatározzák az egész rendszer viselkedését a külső hatásokra.

A *rendszer* fogalma matematikai értelemben bármilyen folyamathoz, így fizikai, gazdasági vagy társadalmi folyamatokhoz egyaránt használható. Ezért *bármely vállalat vagy annak alkotórészei (gyár, üzem, műhely, stb.) rendszernek tekinthetők*.

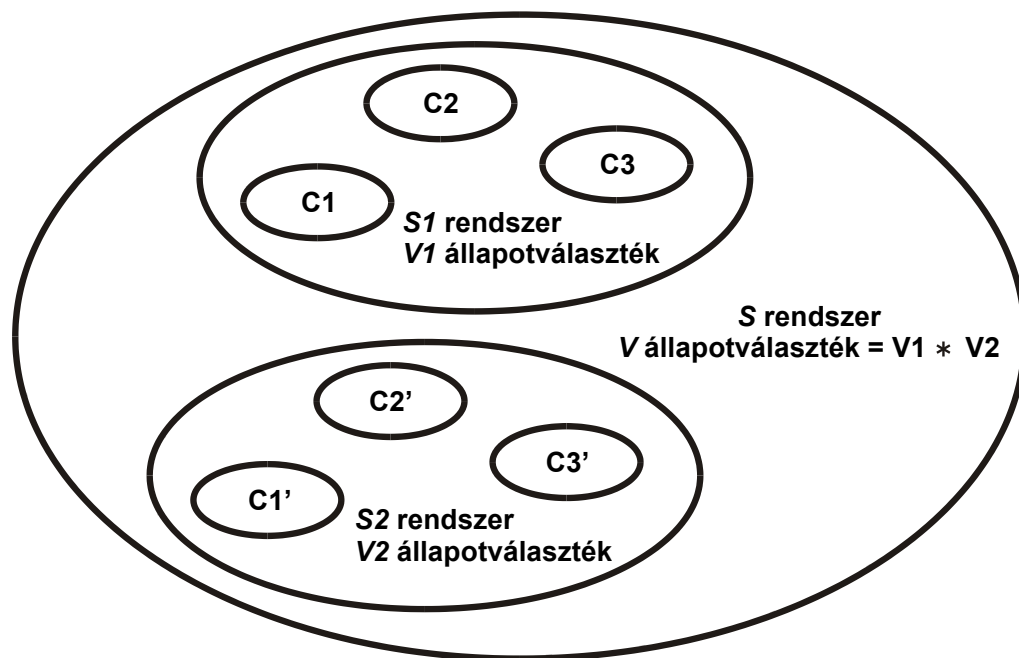
A rendszer komplexitása azoknak a különböző állapotoknak a *választékával* (változatosságával) modellezhető, amelyeket a rendszer képes sajátjaként elfogadni. Amikor több rendszer kombinálása útján jön létre új rendszer, állapot-választékaik (vagyis komplexitásaik) nem összegeződnek, hanem *szorzódnak* (1.4 ábra).

Egy adott rendszer irányításához szükség van egy másik rendszerrel való együttműködésre, amelynek szerepe az, hogy az eredmények vagy célok választéka tartósan a *lehetséges legkisebb* legyen. Például, ha a vizsgálandó rendszer egy autó és irányító rendszere a gépkocsivezető, a cél az, hogy a jármű és az úttest széle közötti távolság gyakorlatilag állandó legyen a teljes utazás során.

Az eredmények vagy célok választéka (V_o) nem lehet kisebb, mint

$$V_o = \frac{V}{V_c}, \quad (4)$$

ahol: V - az irányítandó rendszer állapotválasztéka,
 V_c - az irányító rendszer állapotválasztéka.



1.4 ábra: Rendszerek kombinálásával létrehozott új rendszer (S) állapotválasztéka. Az $S1$ rendszernek három komponense van: $C1$, $C2$ és $C3$, amelyek rendre a , b és c számú különböző állapotban lehetnek. Az $S1$ rendszer állapotválasztéka: $V1 = a * b * c$. Hasonlóan, ha az $S2$ rendszernek $V2$ állapotválasztéka van, a teljes rendszer állapotválasztéka: $V = V1 * V2$.

Mivel az eredmények választéka *minimum* szinten van, ez csak akkor csökkenhet tovább, ha az irányító rendszer állapotválasztéka növekszik.

Ez a szükséges *állapotválaszték* (a nélkülözhetetlen komplexitás) törvénye, amely kimondja, hogy az irányítórendszer állapotválasztéka csak az irányítandó folyamat által megengedett mértékig csökkenhet és azt is, hogy csak komplexitás képes komplexitást lerombolni.

Ez az alapelv más megfogalmazásban úgy hangzik, hogy *egy rendszer szabályozása szigorúan megkövetel egy olyan irányító rendszert, amelynek komplexitása azonos vagy nagyobb, mint az irányítandó rendszeré.*

E törvény alapján könnyen belátható annak fontossága, hogy egy vállalat funkcióit azok integrálása előtt a lehetséges mértékig egyszerűsíteni kell még akkor is, ha olyan hatékony eszközök állnak rendelkezésre, mint amelyeket a legmodernebb informatikai infrastruktúra képes nyújtani. Ez a lépés lényegi előfeltétele a későbbiekben részletesen kifejtett CIM rendszerek bevezetésére irányuló projektek sikerének is.

A kibernetika általános rendszerfogalma lehetővé teszi, hogy a termelő vagy szolgáltató vállalatot egy olyan élőlényel hasonlítsuk össze, amely, hogy biztosítsa

saját túlélését, kénytelen választ adni a következő kihívásra: "*Hogyan lehetünk versenyképesek a piacon a versenytársakkal szemben?*"

A technológia megújulásának egyre gyorsuló üteme, a szolgáltató-beszállító tevékenységek részarányának növekedése a termelési oldal rovására, a termeléssel és a szolgáltatással szemben támasztott minőségi igények fokozódása, a véges nyersanyagkészletek és a környezetrombolás okozta problémák begyűrűzése a globalizálандó piacra arra ösztönzik a vállalatok vezetőit, hogy szélesítsék látókörüket és egyre megbízhatóbb információt szerezzenek mindazokról a kényszerítő hatásokról, amelyek vállalatuk stratégiai és taktikai terveit befolyásolják. A végső célja minden vállalatnak az, hogy a legjobb teljesítményt érje el a rendelkezésre álló feltételek között a költségek, az időráfordítások, a keresletnek megfelelő minőség és rugalmasság szempontjából.

Közismert, hogy a világ legfejlettebb országainak menedzserei a versenyképesség legfontosabb tényezőinek a költségek csökkentését (mind közvetett, mind közvetlen összetevőket illetően), a kiváló minőségű termelést, illetve szolgáltatást, valamint az

igények teljesítése iránt mutatott fokozódó érzékenységet (rugalmasságot, gyors és pontos reagálási képességet) tartják.

Az általános cél a jelenlegi világpiacon az egész termelő és szolgáltató iparra nézve az, hogy *jó minőségű terméket (szolgáltatást) nyújtson az éppen megfelelő időben.*

Folyamatok

A rendszerben bekövetkező állapotváltozások időbeli sorozatait folyamatoknak nevezzük. Az állandó sebességű folyamatokat statikusnak, a gyorsuló folyamatokat dinamikusnak mondjuk. A külső hatásokra bekövetkező folyamatokat reakcióknak nevezzük. Az állandósult reakció: stacioner, az átmeneti: tranzien. A determinisztikus relációkból meghatározott folyamatok, a sztochasztikus relációkból statisztikus folyamatok következnek.

Az állapotváltozásban mindaddig eltekinthetünk az időbeliségtől, amíg a rendszer egyensúlyi állapotokban van, vagyis elegendő egy átmenet kezdeti és végállapotát

számbavenni. Az olyan rendszerekben, ahol az átmenetekben *megfordíthatatlan* (irreverzibilis) változások is vannak és dinamikus hatások is fellépnek, az időbeli változást is vizsgálnunk kell. Ilyenek a *termelési folyamatok* is.

A gépgyártás *anyagifolyamatainak* egyik lényegi vonása, hogy rendkívül nagy számú *diszkrét* mozzanattól, valamint azok még nagyobb számú és ráadásul állandóan változó kombinációiból tevődik össze. A CIM rendszerek megvalósított változataira szintén az ilyen jellegű diszkrét (diszkontinuus, szakaszos) folyamatok jellemzőek. A *folytonos* folyamatok (például kémiai, műanyag-technológiai, öntészeti folyamatok) kívül esnek a CIM hatókörén.

Modell, modellezés

A *modellek* az objektív valóság többé-kevésbé hű leképezéseinek tekinthetők. A *rendszermodell* a valóságos rendszer egyszerűsített, annak a vizsgálat szempontjából lényegi tulajdonságait kiemelő leképezése, amely elhanyagolja mindazokat a jellemzőket, amelyek a kitűzött tudományos vizsgálat szempontjából nem

meghatározóak. A rendszermodellhez hasonlóan, értelemszerűen *folyamatmodell* is megalkotható.

A tudományos igényű modelleket a szakirodalom többféle, egymással csak részben vagy egyáltalán nem kompatibilis módon osztályozza.

Az egyik megközelítés a modellezés folyamatából indul ki. A *modellezés* a valóságos rendszer lényegi tulajdonságainak felismerését és azok valamilyen formájú leképezését jelenti, létrehozva az emberi tudatban az absztrakció eszközeivel az *absztrahált modellt*. Az absztrahált modell többnyire verbális megfogalmazású, esetleg grafikus vázlattal kiegészítve.

Ez a megközelítés az absztrahált modellt további három modellre javasolja leképezni, ezek: *homológ*, *analóg* és *matematikai modell*.

A *homológ modell* geometriailag hasonló az eredeti rendszerhez és benne ugyanolyan jelenség játszódik le. Mivel gyakran az anyagi hasonlóság (vagy azonosság) is fennáll, "kisminta" is készíthető. A homológ modellen végzett kísérletek eredményeinek az eredeti rendszerre való visszazármaztatását a *hasonlóságelmélet* kritériumai szigorúan szabályozzák. A homológia a hasonlóság legszorosabb esete,

amikor ugyanaz a jelenség, geometriai szempontból hasonló rendszerekben, hasonló behatásra, de különböző paraméterértékek mellett megy végbe.

Az *analóg modell* esetében az eredeti rendszer és a modell között nem áll fenn geometriai hasonlóság, a fizikai jelenség sem azonos, mégis a benne lejátszódó folyamatokat azonos törvényszerűségek határozzák meg. Az analóg modell az eredeti rendszerhez viszonyítva hasonló behatásra hasonló módon válaszol (pl. hidraulikus jelenség villamos modellen való tanulmányozása, mechanikai rezgőkörök és villamos rezgőkörök analógiája).

A természettudományok és a műszaki tudományok szempontjából a mennyiségi és formális logikai jellemzőkre felírható *matematikai modellnek* van a legnagyobb jelentősége. A matematikai formulák ismert és ismeretlen mennyiségeket tartalmaznak és jól definiált feladat esetén az ismeretlen kimeneti mennyiségek meghatározhatók a matematikai összefüggések és az ismert bemeneti mennyiségek birtokában. A megoldási módszerek a matematikai modellek esetében nagymértékben függetlenek a konkrét (alkalmazó) tudományterülettől és ma már elválaszthatatlanok a számítástechnikától.

Fontos megjegyezni, hogy a homológ és analóg modellek megalkotása legtöbbször indirekt úton, a matematikai modellen keresztül megy végbe. Ezeket *másodlagos* (szekunder) leképezéseknek nevezik. Ilyenkor a jelenség lényegét tükröző absztrahált modellhez először a matematikai modellt alkotjuk meg, majd felhasználva a hasonlóságelmélet azon törvényszerűségét, hogy a hasonló jelenségeket leíró matematikai összefüggések *formálisan* azonosak, vagy azonos alakra transzformálhatók, létrehozuk a matematikai modellnek megfelelő, az eredeti jelenséggel homológ vagy analóg modellt. *A szekunder modell már semmilyen szemléletes kapcsolatban nem áll az eredeti jelenséggel, csak a be- és kimenetek közötti kapcsolatot adja hűen.* A szekunder modellek *analóg számítógépen* realizálhatók.

Egy másik osztályozás szerint *képszerű, analóg és szimbolikus* modelleket célszerű megkülönböztetni.

A képszerű modellek a valóság modellezendő területét, az adott rendszert képszerűen jelenítik meg, statikus módon (pl. fénykép, házmakett, menetrend, földgömb, stb.).

Az *analóg modellek* a megfigyelt valóságot az eredeti- és a modell-jellemzők közötti szoros, jól definiált kapcsolatok alapján jelenítik meg. Analóg modellek pl. a grafikonok, térképek, a szervezési-számítástechnikai folyamatábrák (v.ö.: 1.1.2 szakasz). Ezek viszonylag könnyen változtathatók és dinamikus összefüggések vizsgálatára is alkalmasak.

A *szimbolikus modellek* esetében a vizsgált folyamat egyes tényezőit és a közöttük lévő kapcsolatokat matematikai és logikai szimbólumokkal fejezzük ki.

Léteznek ún. *kombinált modellek* is. Ilyenek például a *szimulációs modellek*, amelyek részben analóg, részben szimbolikus modellek. A számítógéppel integrált gyártás területén főként szimbolikus modelleket alkalmazunk. Ezek más szóhasználattal *matematikai modellek*, amelyekkel szemben két, egymásnak ellentmondó fő követelményt támasztunk:

- (1) minél hűebben tükrözzék a valóságot;
- (2) minél egyszerűbbek legyenek.

A valóságűsége való törekvés bonyolítja a matematikai struktúrát és növeli a számításigényességet. Következésképpen a matematikai módszerek használatát végső soron a matematika, a számítógép-tudomány és a szoftver-technológia mindenkori fejlettsége korlátozza.

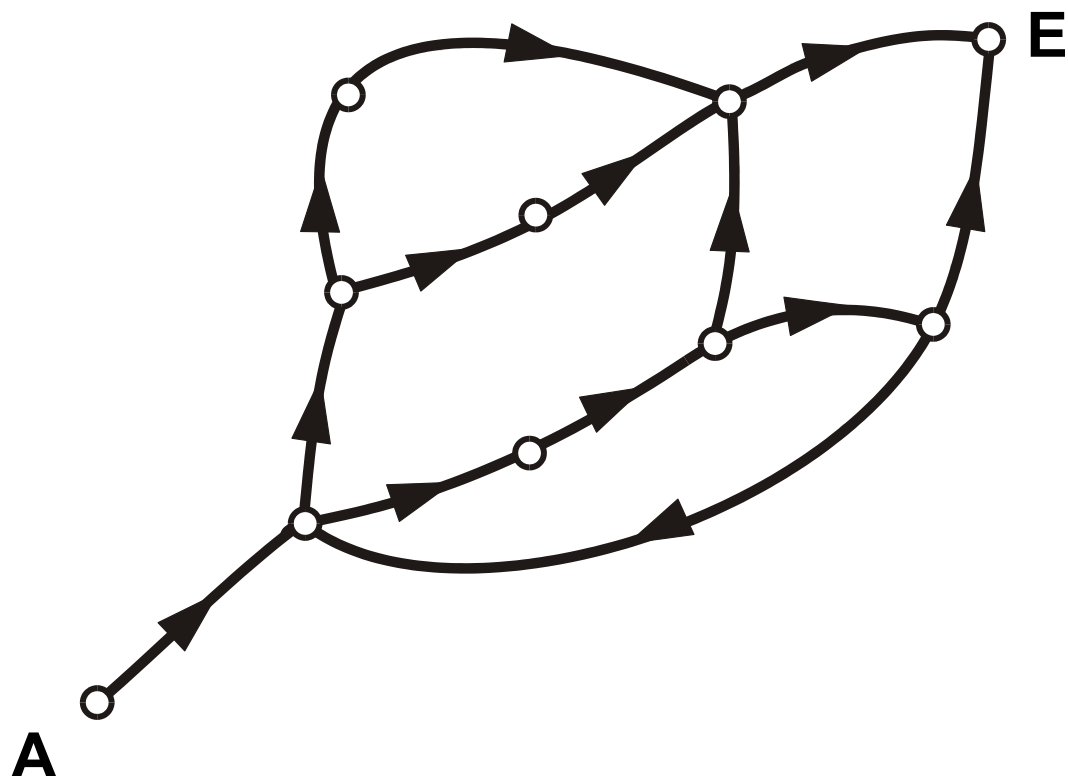
1.1.2 Algoritmus, algoritmizálás

Az *algoritmus* valamely kitűzött feladat megoldására szolgáló olyan eljárás, amelynek lényege az, hogy a feladatot jól (egyértelműen) definiált elemi lépések sorozatára bontjuk. Azt, hogy mit értünk elemi lépésen, a feladat természete (típusa) és az egyes lépések interpretálását végző objektum (pl. a lépések leírására alkalmas nyelv) tulajdonságai határozzák meg. Tárgyunk keretében a továbbiakban az algoritmust egy feladat *számítógépen való megoldására szolgáló eljárásnak* tekintjük.

A feladat megoldásának lépésekre történő bontását *algoritmizálásnak* nevezzük. A CIM-hez kapcsolódó tervezési feladatokban egyaránt előfordulnak az úgynevezett "kemény", jól algoritmizálható feladatok és a "lágyszak", erősen összetett, nehezen vagy egyáltalán nem algoritmizálható problémák; ezekhez erősen eltérő rendszertechnikai módszerek szükségesek. Az első típusú feladatkörben a nehézséget a HOGYAN jelenti, ezen problémák modelljei egyértelműen definiált, jól strukturált matematikai modellek: leíró nyelvük a matematika nyelve. A második típusú problémakörben a MIT és HOGYAN egyaránt kérdéses lehet és a megoldásban jelentősek a szubjektív tényezők is, pl. az egyéni tehetség, kreativitás. Jelentősen befolyásolja a feladatok megoldásának menetét és minőségét a tervező szakemberek agyában kialakult "kép" és ennek a képnek sajátos, szubjektív "organizációja". Ilyenkor szinte nélkülözhetetlen a tanulás és újratanulás folyamata és a heurisztika. A lágyszak, erősen összetett problémakör megoldásának kulcsa a hierarchikus szemléletmód, az eltalált strukturálás és a tipizálás.

Mint ismert, a korszerű digitális számítógépek teljes egészében algoritmusok alapján működnek. Egy algoritmus megvalósítása automatával - mint *M. Peschel* szellemesen rámutat - nem más, mint *egy automata modellezése egy másik automatával*. A korszerű számítógépek valójában maguk is *szabadon programozható, rendkívül flexibilis automaták*.

Az algoritmusok egyik dokumentálási (megjelenítési) formája a *folyamatábra* (Flussdiagram, Process chart). A folyamatábrák általános tulajdonságait az ún. *Kaloujnine-gráfok* segítségével tanulmányozhatjuk. A *Kaloujnine-gráf* csomópontokból és ágakból álló háló (1.5. ábra).



1.5. ábra: *Kaloujnine*-gráf

A hálóban *egy* "bemeneti csomópont" van: *A*. Ebbe ág nem torkollik és ebből *egy* ág indul ki és halad a háló egy következő csomópontjához.

A hálónak *egy* "kimeneti csomópontja" van: *E*. Ebbe tetszőleges számú ág torkollhat, de ebből ág nem indul ki. A háló valamennyi csomópontjának *egy* *operátor* felel meg, kivéve a be- és kimeneti csomópontokat. Az operátorok két csoportra oszthatók: *hatásátalakítókra* és *hatásátkapcsolókra*. Egy hatásátalakító csomópontból *egy* irányított ág, egy hatásátkapcsoló csomópontból *két* további ág indul ki. A hatásátalakító működése során az *x* bemenő mennyiséget meghatározott módon *egy* φ operátorral *y* hatássá számítja át, azaz az

$$y = \varphi x$$

matematikai műveletet végzi.

A hatásátkapcsoló az *x* bemenő információra vonatkozólag megvizsgál *egy* feltételt. Ha ez a feltétel teljesül, a rendszer az egyik kimenetet választja és a bemenő információt transzformáció nélkül ebbe az irányba továbbítja. Ha a feltétel nem teljesül, a jel a másik irányba halad változatlanul.

A csomópontokból és ágakból álló hálónak összefüggőnek kell lennie, azaz, ha nem vesszük figyelembe az ágak irányítását, az ágakból összetett úton minden csomópontnak elérhetőnek kell lennie mindegyik más csomópontból.

1.1.3. Optimálás és heurisztikus módszerek

Az *optimálás* a szó legáltalánosabb értelmében azt jelenti, hogy egy rendszerben olyan intézkedéseket teszünk, amelyekkel *maximális hatást* érünk el. Az optimálást tehát mindig a hatásra vonatkozó *értékelési kritériumhoz* kell viszonyítani.

Ha egy rendszernek olyan tulajdonságai vannak, amelyek néhány, szabadon választható z_1, z_2, \dots, z_n paramétertől függenek, a rendszer akkor viselkedik optimálisan, ha a paramétereket úgy állítjuk be, hogy egy bizonyos, a paramétereiktől függő $f(z_1, z_2, \dots, z_n)$ jósági kritérium értéke például maximális legyen.

Alapvetően két optimálási módot különböztetünk meg: *statikus* és *dinamikus* optimálást.

Ha egy rendszernek z_1, z_2, \dots, z_n beállítható értékeit, paramétereit keressük úgy, hogy az $f(z_1, z_2, \dots, z_n)$ jósági függvény maximális legyen, akkor statikus optimalásról beszélünk.

Ha egy rendszernek $z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)$ változó dinamikus paramétereit keressük úgy, hogy az ezektől függő

$$f[z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)]$$

jósági függvény, például funkcionál, értéke maximális legyen, akkor dinamikus optimalásról van szó.

Az optimalási feladat legnagyobb nehézségét rendszerint a *jósági kritérium* olyan megválasztása okozza, hogy az valamennyi igénynek megfeleljen. Megválasztása a szaktudományos diszciplínán kívül is eshet, akár ideológiai kérdés is lehet. "Abszolút jóság" természetesen nem létezik, e kritérium mindig csak meghatározott felhasználási módokhoz kapcsolva értelmezhető.

A statikus optimálási feladatok *két* fő összetevőből állnak: a megengedett megoldások halmazát meghatározó feltételekből, azaz az *optimálási tartományból* és az ezen értelmezett *célfüggvényből*. Az optimálandó változók azon függvényét, amelynek szélsőértéke megvalósítja az optimumkritériumot, *célfüggvénynek* szokás nevezni.

Az optimálási tartomány az n-dimenziós paraméter-vektorok halmazának része. Alakja és megadási módja igen sokféle lehet. Határolhatják lineáris vagy nemlineáris feltételek, a változók lehetnek folytonosak vagy egészértékűek. A tartomány megadható algebrai alakban, algoritmusokkal, logikai feltételekkel vagy bármilyen más módon (pl. egyszerűbb esetekben grafikusán). Az egyes feltételek teljesülését előírhatjuk determinisztikusan vagy - ha véletlentől függő, valószínűségi változók is vannak benne, - előre megadott valószínűséggel. Az utóbbi esetben ezt a valószínűséget megadhatjuk feltételként, vagy együtt az egész rendszerre. A célfüggvényt a megoldások számszerű értékelésére használjuk. Több cél esetén célfüggvények súlyozása vagy azok kombinálása szokásos.

A CIM rendszerek tervezési moduljaiban végrehajtott komplex feladatok (például a termelésirányítás és a technológiai tervezés) sajátossága a *többszintes, hierarchikus felépítés*. Az összes szint feladatait egy modellben megfogalmazni és megoldani lehetetlen, mind a feladat méretei, mind a bonyolult kapcsolatrendszer miatt. Ezért általános elvként a *szintenkénti optimálást* alkalmazzuk. Ennek lényege, hogy tisztázzuk az aktuális szint kapcsolatát az alulról és felülről csatlakozó szintekkel; a magasabb szint általában kijelöli az optimumkeresés korlátait, a felülről begyűrűző zavarásokat és a célfüggvényeket. Ezek a megoldás során kiegészülnek a szint saját feltételrendszerével, zavarásaival. Az eredeti, legmagasabb szinten megfogalmazott célfüggvények - a cél megőrzése mellett - az egyes szintek sajátosságainak, lehetőségeinek megfelelően átalakulhatnak. Az alsóbb szintek visszacsatolással hatnak a magasabb szintekre.

Az optimalizációs feladatok matematikai módszerekkel történő megoldásának három alapfeltétele van:

- (1) a probléma numerikus formában is felírható legyen;
- (2) az elérendő cél kifejezhető legyen jól definiált célfüggvényként;
- (3) álljon rendelkezésre valamilyen számítási eljárás (algoritmus), amelynek számításgényessége nem lépi túl a rendelkezésre álló számítógép kapacitását, továbbá elfogadható időn belül elvezet a probléma megoldásához.

Ha a feladat a fenti feltételeknek *nem tesz eleget*, akkor az ún. *heurisztikus módszerek* alkalmazása válik szükségessé.

A heurisztikus módszer az adott probléma megoldását egy terv konstruálása útján keresi. Ez a konstruálási folyamat lépésről-lépésre dönt a következő tervezési elemről. Minél gondosabban, célszerűbben készítjük el előrehaladási stratégiánkat, annál jobb megoldást kapunk, de ezek a matematikai eljárásokkal szemben az esetek többségében csak szuboptimális (vagy ún. kvázioptimális) megoldásokhoz vezetnek.

A heurisztikus eljárások sokkal egyszerűbbek és kevésbé igényesek, mint a matematikai optimálások. Jelentőségük gyakorlati alkalmazhatóságukban van. Mindegyik heurisztikus eljárással az emberi tervezési mechanizmust utánozzuk, amelynél a tervezés folyamata a gondos körültekintés ellenére is sokszor megakad. Ezekben az esetekben a tervező a tervkonstrukció egy részét lebontja, majd kijavítva újra felépíti. Sokszor az eredeti feltételeken, korlátokon is változtatva alakul ki a végleges terv.

A heurisztikus eljárás *mindig tartalmaz szubjektív tényezőt*, ezért az eljárás jóságát kizárólag gyakorlati alkalmazhatóságán lehet lemérni.

A heurisztikus módszereket sok változót tartalmazó, bonyolult problémák megoldására alkalmazzuk, amikor az eljárás kiépítése magában foglalja a számítógépes program elkészítését is. Ehhez a manuális tervezési technikát addig kell módosítani, ameddig a terv automatikus felépítése lehetségessé nem válik, másképp szólva: amíg ki nem elégül az algoritmizálhatósági feltétel.

A heurisztikus megoldó módszereknek olyan változatai is ismeretesek, amelyek jól kombinálhatók egzakt eljárásokkal. Ennek eredményeként létrehozható olyan eszköz, amely nagyobb számítógépi időigénnyel pontosabb eredményt szolgáltat. Ennek a megközelítésnek az az előnye is megvan, hogy egy gyors első megoldás rossz adatokat vagy bizonyos koncepcionális hibákat is kiszűrhet.

1.2. A háziipartól az integrált gyárig

Napjainkban döbbenetes statisztikai adatok látnak napvilágot a tudománynak, a technikának és a technológiának az elmúlt száz évben végbement fejlődéséről. Egybehangzó felmérések szerint az utóbbi évszázadban született a ma ismert tudományos eredmények 99,9 %-a és a valaha élt összes tudós 80 %-a ma dolgozik. Egyes számítások arra utalnak, hogy korunkban az emberi ismeretek összessége minden második évben megkétszereződik. A *Moore*-törvény szerint a számítógépes hardver teljesítménye 18 hónaponként duplázódik meg; számítógépeink 10 év múlva közel 128-szor lesznek a mai gépeknél gyorsabbak.

Az elmúlt száz évre visszatekintve, azt is megállapíthatjuk, hogy a nagyvállalatok fejlődése a legtermészetesebb úton vezetett el a munkamegosztás elveihez és a feladatok specializációjához:

- (1) A mai hatalmas ipari cégek legtöbbször egy vagy két személy alapította (pl. *Ford, Hewlett-Packard, Bull, Doering, Dassault, Renault, Citroen, Rolls-Royce*).
- (2) Az alapítók bensőségesen ismerték vállalatukat és naprakészen tudták, hogy ott mi történik.
- (3) A vállalatok terjeszkedése később lehetetlenné tette, hogy az összes információt és valamennyi feladat menedzsmentjét egyetlen személyen keresztül centralizálják: a feladatokat ezért felosztották és speciális szakértelemmel rendelkező szakmai csoportokhoz rendelték hozzá.
- (4) A specializáció elvezetett a feladatok hatékonyabb megoldásához, ezáltal a termelékenység fokozatos növeléséhez.
- (5) Az anyagok és alkatrészek szállítása, valamint az információcsere egyre összetettebb eljárásokat igényelt és ez az általános költségek tekintélyes mértékű növekedéséhez vezetett.
- (6) Az eredményként létrejött komplex rendszer a korábbinál nagyobb teljesítőképességű irányítást és ellenőrzést igényelt.

A század elején kialakult, *Ford* és *Taylor* nevéhez szorosan kötődő tömegtermelési paradigma, valamint a Taylor-rendszeren alapuló szervezetek látszólag még akkor is bizonyították létjogosultságukat, amikor az Egyesült Államok iparának a fegyveres erők által igényelt berendezéseket kellett előállítaniuk a II. Világháború idején. A munkamegosztás logikája lehetővé tette, hogy azok a személyek, akik nem szolgáltak a hadseregben, gyorsan beletanuljanak a termelési feladatokba, és előnyösen bevonhassanak egyre nagyobb mértékben gyenge szakképzettségű munkásokat a feladatok teljesítésének irányításába és koordinálásába is. A háború utáni társadalmat az jellemezte, hogy nagyon felszaporodott a szakképzetlen munkaerő és ennek megfelelően hiány mutatkozott képzett szakmunkásokban. Ugyanakkor a háború szűkölködése, nyomora az első években hatványozott fogyasztási igényeket gerjesztett, amelyhez a világszerte óriási mértékben elpusztult javak pótlásának természetes és szükségszerű igény társult. El kell ismerni, hogy a Taylor-rendszer teljes mértékben alkalmazkodott ehhez a helyzethez és hatalmas segítséget nyújtott abban, hogy a gazdaság kiláboljon a szűkölködések időszakából.

A nyugati országokban az 1945-75 között eltelt időszakot szokás a "30 dicsőséges év"-nek is nevezni. E korszak végére az ellátás viszonylagosan megerősödött és az igények ellentétesre fordultak. A gazdaság belépett a bőség időszakába, ezért a Taylor-rendszer alapjául szolgáló elvek elvesztették előnyeiket. Ma olyan igényeket kell kielégíteni, amely az egyre komplexebb, egyre inkább egyedi sajátosságokkal rendelkező, kiváló minőségű termékeket részesíti előnyben és a funkcionális többlettudást, az egyediséget, a minőséget a termék magasabb árában vonakodás nélkül elismeri. Egy vállalkozás, amely virágzó kíván maradni, azonnal meg kell, hogy válaszolja az előre nem látható és hirtelen jelentkező igényeket a piacon. E szempontok figyelembevételével a *megbízhatóság* és a *rugalmasság* válnak a termelési folyamat kulcsszavaivá.

Egy integrált termelési rendszer nem vonja szükségszerűen maga után, hogy számítógépes rendszert kell használni. Az "integrálni" kifejezést főként úgy kell érteni, hogy elmozdítandók azok a határok, amelyek az adott vállalat funkciói között, indokolható történeti okokból, korábbi felosztás szerint kialakultak.

Számos út létezik, amely képessé tesz egy vállalatot arra, hogy viszonylag csekély technológiai fejlesztés felhasználásával az integrált termelés irányába mozduljon el: a munkahelyek feljavított konfigurációja, műhelyfunkciók átcsoportosítása, termékek és munkamódszerek ésszerűsítése. Azonban, a számítástechnikai eszközrendszer ugrásszerű fejlődése nagyobb beruházási költségek nélkül is jelentősen kitágította az integráció lehetőségeit. Kevesebb, mint 20 év alatt a RAM chip-ek teljesítőképessége 1 Kbit-ről (1970) 4 Mbit-re (1989) növekedett, a növekedési tényező 4000-szeres. Ugyanez a növekedési ütem figyelhető meg a későbbiekben is: 1995-re a 64 Mbit/chip-et is sikerült elérni (tényadat, Semiconductor Industry Association).

Az 1980-as évek kezdetén kísérelték meg először a különböző ipari funkciók integrálását a közös adattárolás és az egyedi hardverelemek adat-feldolgozási jellemzőinek felhasználása útján megoldani. A kísérletek a súlyos inkompatibilitási problémák miatt kudarcba fulladtak. A negatív tapasztalatok miatt az összes számítógépes rendszernek egy közös hálózaton keresztül való egységesítése olyan fontossá vált a cégek számára, hogy ez normák és szabványok kifejlesztéséhez vezetett a nemzetközi kommunikációban.

Mindez előfeltétele volt a CIM koncepció fokozatos kiteljesedésének. A CIM kiépítésének alapvető problémája, hogyan integrálhatók a funkciók egységes egészé. Az információs rendszereknek, amelyeket az egyes funkcionális egységekbe telepítettek, egyrészt végre kell hajtaniuk saját specifikus feladataikat, másrészt használniuk kell azt az információt is, amelyet más egységek állítanak elő és küldeniük kell a szükséges adatokat a magasabb és alacsonyabb hierarchiai szintű, valamint a mellérendelt egységek felé. Egy integrált információs rendszer egyszerre jelenti az adatfeldolgozási eszközök intenzívebb használatát és egy olyan, konzisztens és nyitott számítógépes struktúra kifejlesztését, amely standard elemekként számítógépeket, adat- és tudásbázisokat, felhasználói alkalmazásokat és helyi hálózatokra alapuló kommunikációs rendszereket foglal magába. A CIM-rendszerek láncolatán keresztül vezet az út az integrált gyár megvalósulása felé.

G.Perrier, A Peugeot Production Centre igazgatója a CIM által képviselt termelési megközelítésben az ember szerepét emeli ki, amikor azt mondja, hogy "termelj másként: megszüntetve a Taylor-tól származó rendszer kifarcellázott feladatait, gazdagítva a munka tartalmát magasabb szakmai képzettség révén, felelőssé téve az egyéneket minden szinten és teljes mértékben bevonva őket a közös erőfeszítésekbe".

A kilencvenes évek közepéig szinte töretlenül sikeres japán termelő vállalatok példája azt mutatja, hogy a vállalati integráció háromlépcsős folyamat:

- (1) *Egyszerűsítés* (az összes, hasznot nem hajtó, vagy redundáns feladat kiküszöbölése, amelyek a termék értékéhez nem járulnak hozzá);
- (2) *Integráció* (a vállalat funkcióinak újra/átrendezése vagy a korábbi funkcióhatárok megszüntetése);
- (3) A megfelelő *CIM-technológia* alkalmazása.

Ezek alapján nyilvánvaló, hogy az adatfeldolgozás erőforrásai egy egységesített rendszerben már nemcsak manuális feladatok kiváltására, hanem valóban a termelés integrálására koncentrálhatók, így valós hozzáadott értékkel segíthetik a pénzügyi megtérülést és tényleges haszon képződését.

1.3 A modern gépgyártástechnológia rövid jellemzése

Ebben a tantárgyban a CIM informatikai és rendszertechnikai kérdései lényegesen nagyobb hangsúlyt kapnak, mint a CIM rendszerekben működő berendezések gépészeti vonatkozásai, valamint az egyes gyártóberendezések által végrehajtott korszerű gépgyártástechnológiai folyamatok belső sajátosságai. Ismét hangsúlyozva, hogy a CIM lényege az integrációban van, azonban szükségesnek látszik röviden összefoglalni a technológiában végbement legfontosabb változásokat is.

A "technológiai korszakváltás" szóképet az utóbbi évtizedben jogosan használja a népszerű technológiai irodalom. A kifejezés áttételesen arra utal, hogy a technológia - tágabb értelemben az iparilag alkalmazható műszaki-tudományos ismeretek összessége - a technikához képest felértékelődik. Kimutatták, hogy a tágabban értelmezett hardver a fejlett ipari piacgazdaságokban ma már csak kb. *egynegyed* részben hat a gazdasági növekedésre, míg a munkaerő minősége (szakmai felkészültsége, általános tudati, erkölcsi színvonala), kb. *egyharmad* részben, a kutatási-fejlesztési potenciál és annak folyamatos hasznosítása pedig mintegy *40* százalékos arányban befolyásolja a gazdaság eredményességét. Tovább erősödött az a már tíz évvel ezelőtt is érzékelhető tendencia, hogy a világszerte elsősorban *technológiai* és *hitelezési* verseny. A technológia viszonylagos felértékelődésére utal a világszerte ismert és használt "high technology" (népszerűen: "high-tech") kifejezés, amelyet a hazai szakirodalom "csúcstechnológia" szóképpel azonosít.

A gépgyártástechnológiában megfigyelhető legjelentősebb változások a következők:

- (1) A gépipari termékek és gyártási folyamatok jellege egyre komplexebbé válik és ez a gyártmány- és gyártástervezés minden szintjén rendszerszemléletű megközelítést követel. A komplexitás legfontosabb megnyilvánulásai:
 - A társtudományok mind nagyobb része fonódik össze a gépgyártástechnológiával. Egyfelől új interdiszciplináris tudományok jelennek meg (pl. mechanika, elektronika és informatika egyesítésével: "mechatronika"), másfelől a társtudományok (pl. rendszertechnika, operációkutatás, informatika, gazdaságtudományok) eredményei a gépgyártástechnológiai problémák megoldásában egyre kiterjedtebb alkalmazást nyernek;
 - Ugrásszerűen nő a konkrét megmunkálási módok, eljárások száma (példaként a szuperpontosságú, ultraprecíziós eljárások csoportja, a "rapid prototyping" és a lézeres megmunkálások hozhatók fel.).
 - A gépgyártástechnológiában uralkodó fejlesztési irányzattá válik a magasfokú automatizálás az anyag- és adatfeldolgozás integrációja (CIM).

- (2) A gyártási folyamatokban résztvevő technológiai egységek (gyártóberendezések és -eszközök, adagoló-, szállító-, tároló, stb. eszközök), amelyeket korábban jórészt szubjektív és esetleges munkairányítói tevékenység kapcsolt összes, ma objektív technikai rendszerekké szerveződnek, amelyekre minőségileg új determináltabb technológiai törvények jellemzők (gyártórendszerek belső hierarchiája). A számítógéppel segített technológiai tervezés egyre pontosabban képes modellezni a többszintes folyamattervező rendszerek struktúráját és folyamatait a rendszerek mindenkor automatizáltsági foka és integráltsága figyelembevételével.
- (3) A modern gépgyártástechnológia - saját tárgyköréből kiindulva - egyre intenzívebben keresi a kapcsolatokat a gyártás anyagi folyamatai feletti irányítási és tervezési hierarchia egyéb fontos információtermelő és továbbító rendszereivel (CAxx funkcionális alrendszerek egy CIM rendszerben).

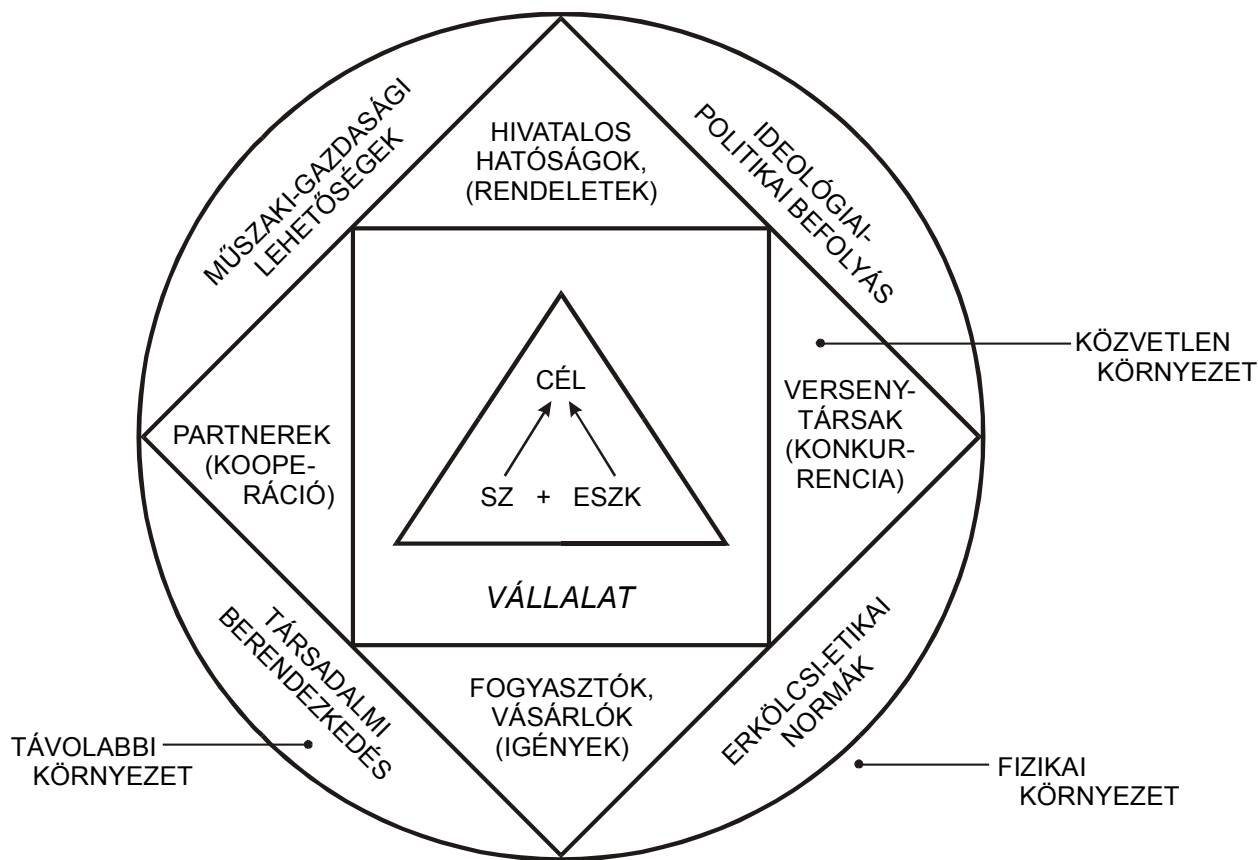
Fontos hangsúlyozni, hogy a CIM egyaránt megközelíthető gépgyártástechnológiai, alkalmazott informatikai, rendszertechnikai, sőt gazdasági nézőpontból is. Bármelyik parciális megközelítés túlhangsúlyozása nemcsak terméketlen didaktikai vitákhoz vezet, de eltereli a figyelmet a CIM lényegéről: a számítógépes integrációról, az anyag- és adatfeldolgozásnak egy magas komplexitású rendszerben való egyesítéséről.

2. Az iparvállalat kibernetikai rendszer-modellje

Az iparvállalat az általános rendszerelmélet szempontjából egy *bonyolult (kibernetikai) rendszer*. Érvényes rá az általános rendszer-definíció, mely szerint adott célra irányított elemek összessége, valamint ezen túlmenően az alábbi specifikus rendszerjellemzők:

- az elemek nem homogének (személyek és eszközök integrálódnak benne);
- dinamikus kapcsolatban áll környezetével;
- működésének eredményessége elsősorban mennyiségi aspektusokat tükröz;
- általánosságban eredményekkel is bizonyítható múltja, belső és külső konfliktusokból származó problémákkal terhelt jelene és bizonytalan kimenetelű jövője van.

A 2.1. ábra a vállalat és a környezetének kapcsolatát mutatja be.



2.1. ábra: A vállalat (mint rendszer) kapcsolata közelebbi és távolabbi környezetével.

Az ábra közepében a vállalatot a SZEMÉLYEK + ESZKÖZÖK-ből, mint elemekből a CÉL megvalósítására szerveződött rendszer jelképezi. A vállalat nem elszigetelten, hanem egy ún. *közvetlen környezetben* tevékenykedik. Működése közben pozitív és negatív behatások érik:

- A *FOGYASZTÓK* (vásárlók) irányából érkező *igényeknek pozitív* hatásuk van, úi. nagymértékben hozzájárulnak a vállalati célok kialakításához (amelyek közül az egyik lehet pl. éppen a vásárlók igényeinek kielégítése), ezáltal teremtve reális alapot a vállalatnak, mint rendszernek a működéséhez.
- A *VERSENYTÁRSAK* (konkurencia) általában *negatívan* befolyásolják a vállalat tevékenységét (gyakran a vállalat létét fenyegetve).
- A *PARTNEREK* (kooperáció) elősegítik a vállalat működését, azáltal, hogy mintegy kiterjesztik annak SZEMÉLY + ESZKÖZ hátterét.
- A *HIVATALOS HATÓSÁGOK* rendeleteken keresztül szabályozzák a vállalat működését. E tevékenységük általában negatívan befolyásolja a vállalat működését, mivel korlátozza annak lehetőségeit.

A vállalat egy ún. *távolabbi környezettel* is állandó kapcsolatban van, amely a vállalatnak, mint rendszernek elsősorban a szubjektív oldalára (a személyekre) hat.

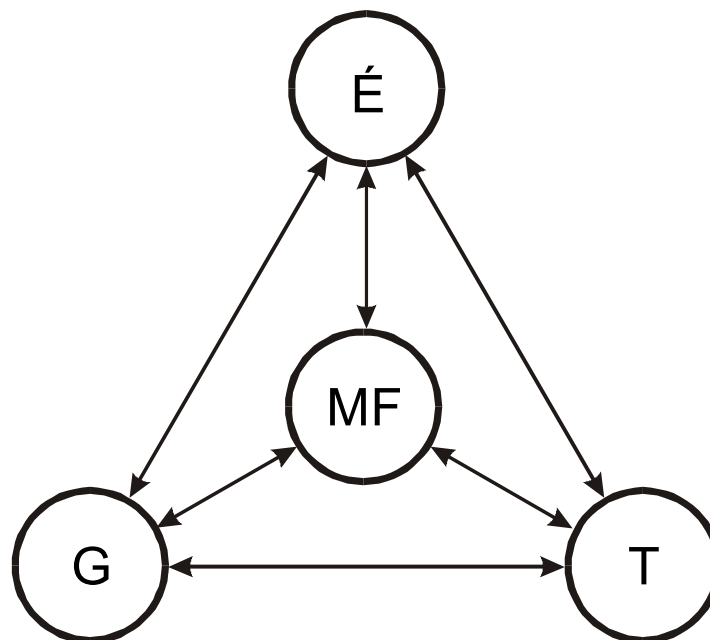
- *A MŰSZAKI-GAZDASÁGI LEHETŐSÉGEK* egyaránt kihatnak a SZEMÉLYEK+ESZKÖZÖK elemekből strukturált rendszerre (vállalat), döntő mértékben befolyásolva ezáltal az elérhető célokat (pl. gazdasági értelemben).
- *Az IDEOLÓGIAI, POLITIKAI BEFOLYÁS, AZ ERKÖLCSI-ETIKAI NORMÁK és A TÁRSADALMI BERENDEZKEDÉS,* mint tényezők a SZEMÉLYEKEN keresztül fejtik ki hatásukat: egyrészt a CÉL-nak, másrészt pedig az ahhoz vezető útnak (utaknak) beszabályozása által.

A közvetlen és távolabbi környezeten kívül megkülönböztethető még egy harmadik környezet is (fizikai környezet), amelynek hatása csak többszörös áttételezéssel jut el a vállalathoz.

A továbbiakban a vállalatok közül csak az *iparvállalatokkal*, ezen belül is mindenekelőtt a *gépipari vállalatokkal* foglalkozunk.

Az iparvállalatnak olyan problémák kombinációival kell megküzdenie, amelyek igen megnehezítik a hatékony működést. Ilyen problémák:

- Az iparvállalati tevékenységre (gyártás és szerelés) a viszonylagosan magas költségek jellemzőek. A nyersanyagok, az energia, a termelőberendezések költségei, valamint a kifizetendő bérköltségek egyre magasabbak. Ily módon az optimális működés csak a rendelkezésre álló erőforrásokkal (emberek + eszközök) történő jobb gazdálkodással valósítható meg.
- A gyártó- és szerelő típusú vállalatok általában igen bonyolult végtermékeket (pl. szerszámgépek, műszerek, elektronikus berendezések) állítanak elő. A termékek ezenkívül jelentős változtatásnak vannak kitéve a vevői igények vagy a megváltozott technológiai háttér (új technológia) következtében.
- Az iparvállalatnál az egyes szervezetek működésük során törvényszerű érdekellentétben vannak egymással (2.2. ábra).



T - Termelési
G - Gazdasági
É - Értékesítési
MF - Műszaki fejlesztési
belső szervezetek

2.2. ábra. Iparvállalatok belső szervezeteinek kölcsönkapcsolatai (T – Termelési, G – Gazdasági, É – Értékesítési, MF – Műszaki fejlesztési belső szervezetek)

Az értékesítést végző szervezet (É) célja, hogy az eladható termékeket mennél nagyobb számban és változatban készletezze, ezáltal biztosítva a vevők magas kiszolgálási szintjét.

A gazdasági ügyeket bonyolító szervezet (G) a költségek (anyag, bér, termelés, beruházás, stb.) alacsony szinten való tartására törekszik.

A termelési osztályok (T) a gyártás folyamatosságát szeretnék biztosítani, amelyhez a nyersanyagok, a termelő-berendezések, valamint a munkaerő vonatkozásában elégséges tartalékok szavatolását igénylik.

A műszaki fejlesztés (MF) szoros kölcsönhatásban áll az előző három területtel és legfőbb célja a gyártmány és a gyártás műszaki paramétereinek állandó fejlesztése.

*A valóságos helyzet – a vállalat normális működése esetén – az, hogy a 2.2. ábrán feltüntetett szervezeti egységek a vállalatnál *dinamikus egyensúlyban* vannak*

egymással a vállalat által meghatározott célok megvalósítása érdekében. Az a tény, hogy a vállalati célok melyik területet részesítik előnyben, az adott időszakban tükrözi a vállalatnak az őt körülvevő környezettel szemben kinyilvánított *stratégiáját*.

- Az iparvállalatok egyik legsúlyosabb problémája a bonyolult gyártás és a nehézkes ügyvitel következtében megjelenő, tömeges méretű szétszórt és nehezen hozzáférhető információ, amelyet
 - műszaki és gyártási dokumentációk;
 - különféle kartotékok;
 - kérdőívek és válaszjelentések;
 - műhelybizonylatok;
 - kivételezési (raktár-) jegyzékek,
 - ún. „mindentudó” kis füzetek, stb.tartalmazznak.

A felsorolt problémákat egy iparvállalat csak akkor küzdheti le, ha a termelésirányítással kapcsolatos feladatait egy olyan – a rendszerelméleti szempontokat is tükröző – komplex és integrált adatfeldolgozó rendszerrel oldja meg, amely felhasználja az alkalmazott matematika (operációkutatás), a szervezés- és vezetéselmélet, a technológiai tudomány, valamint az alkalmazott informatika eredményeit.

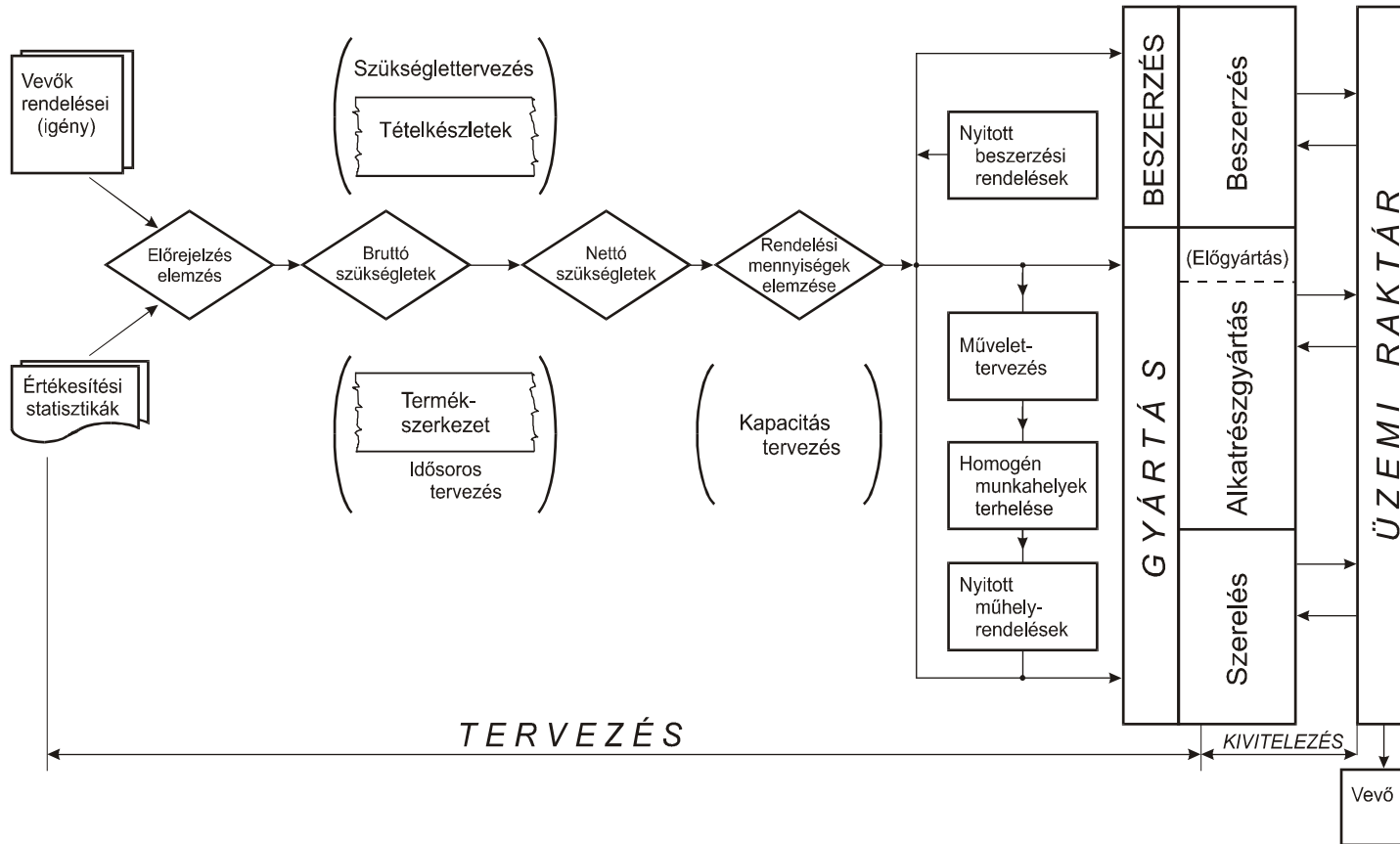
2.1. A termelés főfolyamata és a számítógépes termelésirányítási rendszer (TIR) egy általános (elvi) modellje

A 2.3. ábra egy általános termelési modellt szemléltet. A folyamat a vevők rendeléseitől és az előző évek értékesítési statisztikáitól egészen a rendelésekre való leszállításig vezet. Az általánosított modell egy *tervezési* és egy *kivitelezési* fázisra tagozódik.

2.1.1. Termelés-tervezés

A tervezés a konkrét megrendelések és várható értékesítések prognózis-adatainak *tervvariációkká* történő integrálásával kezdődik. Ebben a szakaszban az a legfontosabb követelmény, hogy olyan *tételes végtermék-kiszállítási tervet* fogadjanak el, amely

- „hozza” a tervezett vállalati nyereséget;
- a SZEMÉLYEK+ESZKÖZÖK oldaláról reális fedezete van (beleértve a kooperáció reális mértékét);
- tükrözi a vállalat hosszútávú műszaki fejlesztési elképzeléseit.



2.3. ábra: Az iparvállalat általános termelési modellje

Az így kialakított „gyártási főterv” azonban *nemcsak kizárólagosan végtermékekre, hanem tartalék szerelvényekre és szerviz alkatrészekre is vonatkozik.*

A tervezés második fázisa az ún. *primer szükségletekből* (gyártási főterv) sorozatos „nettósítás” és gyártmányszerkezet-lebontás után megadja minden egyes komponens tétel ún. *nettó anyagszükségletét*. (*Nettósítás: a névleges v. bruttó szükségletek szembeállítása a raktárkészlettel és a már indított rendelések eredményeként képződő készletekkel.*)

Az anyagszükséglet tervezés által meghatározott rendelési mennyiségek a vásárolt tételeket tekintve általában elfogadhatók és indíthatók, azonban a saját gyártású és/vagy szerelésű tételeknél szükség van a rendelkezésre álló termelőberendezések kapacitáskorlátainak figyelembevételére is. Ez az egyes *homogén munkahelykapacitásoknak* és a megfelelő műveletterveken szereplő *időadatoknak* az összevetésével oldható meg (*terhelésszimuláció, kapacitás-terhelés egyensúly számítása*). (Homogén munkahely: a vállalat legalsó, még társadalminak (tehát nem

teljesen automatizáltnak, emberi közreműködés nélkülinek) tekinthető olyan irányítási szintje, amelyen a dolgozók a gyártás sajátosságaitól (tömegszerűség, gyártási automatizáltsági fok, stb.) függően értelmezhető körülmények között egyenértékű (mennyiségi és minőségi szempontból kb. azonos) munkát végeznek.) Abban az esetben, ha túlterhelés nem mutatkozik az egyes homogén munkahelyeken, akkor az eredetileg tervezett rendelések elfogadhatók. Ellenkező esetben szükséges a tervezett rendelések olyan módosítása, hogy ezáltal a kapacitáshiányok megszűnjenek. A terhelés-kiegyenlítés számos módszere közül az egyik lehet pl. az *alternatív műveletek és homogén munkahelyek aktivizálása* is. A kapacitástervezés (durva programozás) végrehajtása után sor kerülhet a tervezés utolsó szakaszára, a finomprogramozásra, amely már rövid időszakokra (1-5 napra) adja meg az elvégzendő feladatokat homogén munkahely, esetleg egyedi gép bontásban. Ezzel párhuzamosan elkészülnek a papír-alapú és/vagy elektronikus gyártási dokumentációk, amelyek a műveletterveket, műveleti utasításokat, szerszámjegyzékeket, műveletirányítási lapokat, anyagkivételezési és –mozgatási „jegyeket”, NC technika esetén az alkatrészprogramokat tartalmazzák.

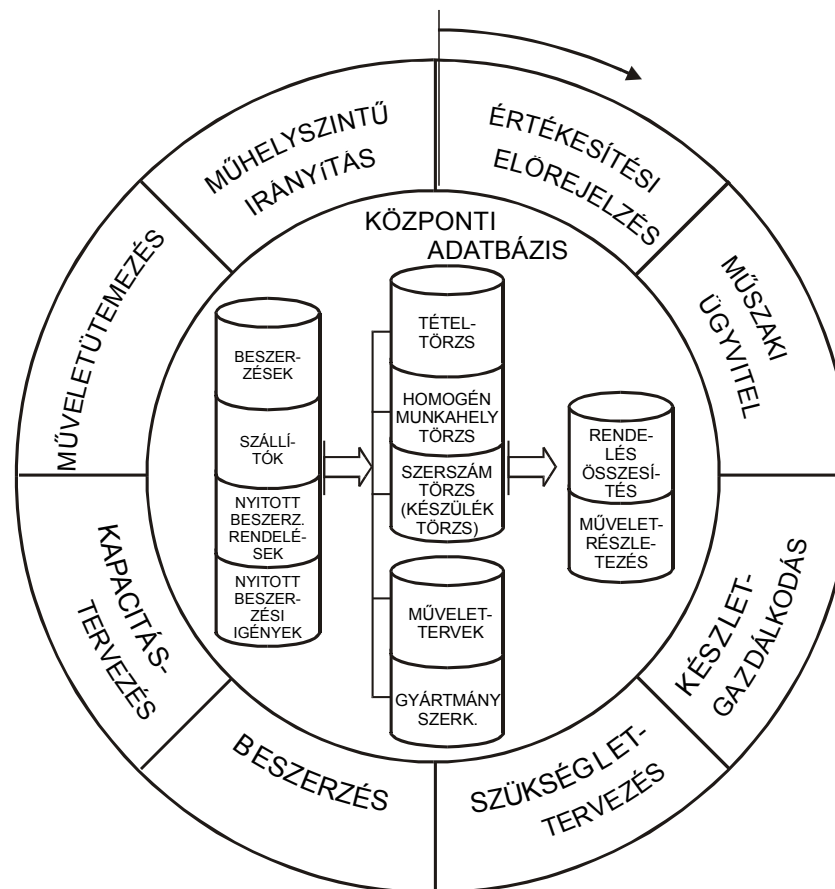
2.1.2. Kivitelezés

A kivitelezési fázisra jellemző, hogy az abban folytatott tevékenységek a *tárgyidőszakban és viszonylag kis előretartással (vagy esetleg késéssel) történnek*. A kivitelezés a beszerzéssel kezdődik, amely a megrendelések nyomkövetését és a késésben lévő szállítások megsürgetését végzi. A gyártási és szerelési szinteken különböző kivitelezési funkciókat végeznek. (A műhelyrendeléseket létrehozzák, továbbítják, újraütemezik és felosztják a homogén munkahelyek között. Eközben az elvégzett műveletekről érkező visszajelentések aktualizálják a homogén munkahely kapacitásokat és a nyitott műhelyrendeléseket).

Az alkatrészek a gyártást végző műhelyekből a félkészáruraktárakba, majd a szerelést végző műhelyekbe kerülnek. A szereldék mellett általában ugyancsak működnek raktárak szerelési részegységek tárolására. A késztermékek – a részegységekből való teljes összeszerelés, végkikészítés és ellenőrzés után – a késztermék(áru-)raktárakba kerülnek. A kivitelezési fázisban a végső ciklus a szállíthatóság megállapítása, intézkedések a készáru csomagolására és a fiókraktárba vagy a megrendelőhöz (vevőhöz) történő szállításra.

2.2. Számítógépes termelésirányítási rendszer modell

Az iparvállalati termelésirányítási feladatok legnagyobb része megoldható egy átgondoltan felépített és szervezési szempontból jól előkészített modell működtetésével és az abból származó információknak a reális háttérre (vállalat) történő kivetítésével. A 2.4. ábra a gyakorlatban jól bevált, a későbbi fejlesztések szempontjából alapvető fontosságú számítógépes termelésirányítási modellt mutat (IBM PICS). A modell az iparvállalat legfontosabb tevékenységeit 8 db alrendszerbe integrálja, amelyek egy központi adatbázisban tárolt adathalmazra épülnek. Az adatbázis a legmagasabb szinten gyűjti össze az adatokat, oly módon, hogy egyúttal megoldja az adatok között meglévő logikai kapcsolatok („reláció-struktúrák”) számítógépes leképezését is. Valamennyi alrendszer jól dokumentált és a felhasználói igények szerint „átszabható” programcsomaggal rendelkezik.



2.4. ábra: Egyszerűsített számítógépes TIR modell

A programokban a korszerű operációkutatási algoritmusok paraméterezhetően beépített formában vannak jelen, és annyira rugalmasan kezelhetők, hogy értelemszerű adaptációval jó alkalmazhatók a hazai viszonyokra is.

Az egyes alrendszerek funkciója a 2.4. ábrán (a nyíl irányában) a következő:

(1) *Értékesítés előrejelzés*

Ez az alrendszer az elmúlt tervidőszakok végtermék-értékesítési statisztikai adataiból a regresszió- és korreláció-analízis módszereivel *becslést* készít a jövőben *várható értékesítési lehetőségekről*. Az alrendszer működésének eredményeként képződő végtermék igényeknek a konkrét megrendelésekkel történő összevetése útján *különböző tervvariánsok* állíthatók elő.

(2) *Műszaki ügyvitel*

Ez az alrendszer lényegében az ún. műszaki-technológiai adatbázis létrehozását, karbantartását és az adatbázisból származtatható leglényegesebb dokumentációk számítógépes előállítását végzi.

Az adatbáziskezelő rendszer szavatolja az adatok között fennálló logikai kapcsolatok leképzését, a különféle szempontok szerint történő gyors információ-visszakeresést „lekérdezőprogramok” segítségével.

A műszaki ügyviteli alrendszernek két fontos funkciója van, ezek:

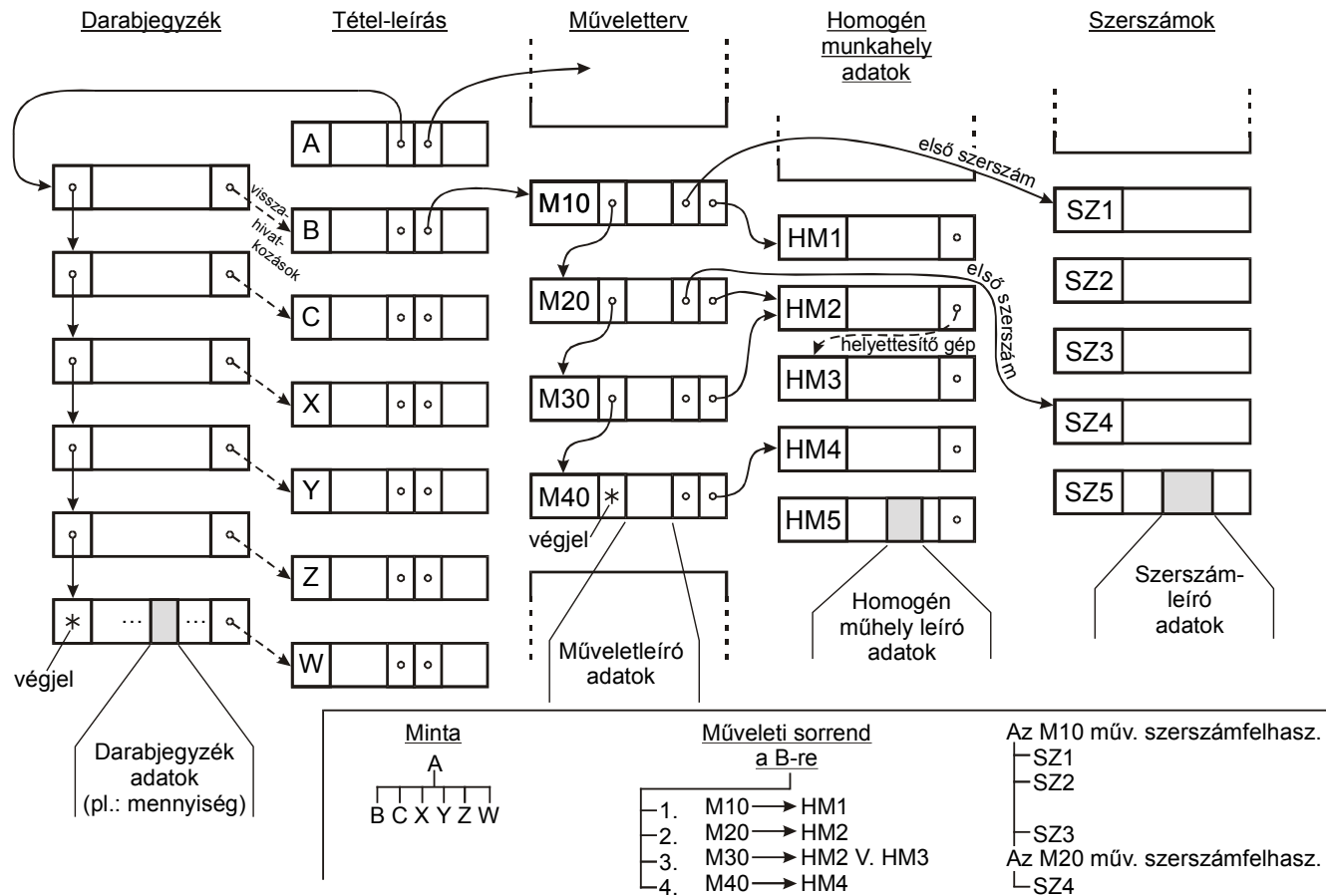
- az iparvállalat műszaki-technológiai alapadatainak:
 - Tétel leírások;
 - Darabjegyzékek;
 - Művelettervek (műveleti utasítások);
 - Homogén munkahely adatok;
 - Szerszám- és készülék adatok számítógépes nyilvántartása és kezelése.

- A műszaki-technológiai adatbázis felhasználásával a konstrukciós és a technológiai szervek információkkal való ellátása.

E két feladatot a felhasználói igényeknek megfelelően generált adatbázis kezelő programrendszer látja el, amely elvégzi:

- a műszaki-technológiai adatoknak közvetlen hozzáférésű tárolóeszközökön (mágneslemez) történő tárolását;
 - a tárolt adatok között lévő logikai kapcsolatok leképezését fizikai címreferenciák segítségével;
 - a tárolt adatok karbantartását;
 - az adatbázisban tárolt adatokból a megfelelő típuskimutatások:
 - tétel-katalógusok
 - darabjegyzékek
 - művelettervek (műveleti utasítások)
 - homogén munkahely terhelések
 - szerszám (készülék) szükségleti jegyzékek
- számítógépes előállítását.

A termelésirányítási rendszer az adatbázis koncepciót következetesen érvényesíti a műszaki-technológiai alapadatok vonatkozásában is. Ez azt jelenti, hogy ezek az adatok központosított formában, redundanciamentesen tárolódnak. A 2.5. ábra szematikusan szemlélteti a különböző adatcsoportok közötti leglényegesebb kapcsolatokat, amelyeket az adatbáziskezelő rendszer a műszaki-technológiai adatok vonatkozásában megvalósít. A valóságos rendszernél ezek a kapcsolatok, amelyet a rendszer címreferenciák (pointerek) és az azok sorozatos alkalmazásával képződő ún. címláncok segítségével kezel, a műszaki technológiai alapadatokra nézve igen bonyolult információlekérdezéseket tesznek lehetővé. A 2.5. ábra nem szemléltet minden kapcsolatot.



2.5. ábra: A műszaki-technológiai alapadatok közötti kapcsolatok

Általánosságban a műszaki-technológiai adatok kezelését végző rendszer lehetővé teszi:

- valamely tételhez tartozó komponenseknek a legkülönbözőbb *darab-jegyzékek* formájában (egyszintű, szerkezeti, vagy összesített) előállítását;
- valamely tétel *közvetlen* és *közvetett* felhasználását reprezentáló ún. *beépülési jegyzékek* elkészítését;
- egy tétel (szerelvény vagy alkatrész) gyártási vagy szerelési *művelettervének* lekérdezését;
- az egyes műveletekben alkalmazandó *homogén munkahelyek* adatainak visszakeresését;
- a *szerszámfelhasználási kimutatások* elkészítését;
- *alternatív műveletek* és *alternatív homogén munkahelyek* előállítását.

A műszaki-technológiai alapadatokat kezelő rendszer minden esetben a *vállalatnál meglévő adatokat* használja fel, függetlenül azoknak előállítási módjától, azaz:

- tétel-adatoknál a meglévő termék-, szerelvény-, alkatrész- és nyersanyag alapadatokat;
- gyártmányszerkezet-adatoknál a jelenleg meglévő gyártmányfelépítési információk és variációs lehetőségeket;
- műveletterv adatoknál a jelenlegi műveleti sorrend és normaidő adatokat, alternatív műveletek és homogén munkahely felhasználások adatait;
- szerszámadatok esetében a meglévő, vagy a gyártás idejére beszerezhető szerszám adatait.

(Megjegyzés: A számítógépes technológiai tervezőrendszerek felé ennek az alrendszernek kell megteremtenie a kapcsolatot, ha a termelésirányítási és technológiatervezési feladatokat közös számítógépes rendszerben akarjuk összevonni. A PICS rendszerben ilyen megoldás még nincs, a technológiai tervezés eredményadatait a priori ismertnek tételezi fel.)

(3) *Készletgazdálkodás*

Ez az alrendszer az iparvállalatnál meglévő készletek (nyersanyagok, vásárolt alkatrészek, raktározott félkésztermékek, stb.)

- nyilvántartásával,
- osztályozásával,
- gazdaságos rendelési mennyiségeinek meghatározásával

foglalkozik. A készletgazdálkodás eredményeképpen információk nyerhetők a mindenkor raktárkészletekről (tárolási helyenként vett bontásban is), valamint az optimális készletfeltöltési időpontokról és mennyiségekről.

(4) *Szükséglettervezés*

Ez az alrendszer a végtermékekre vonatkozó gyártási program, a számítógépben tárolt szerelvény-komponens (szerelési részegység-alkatrész) összefüggések (darabjegyzékek), valamint a mindenkori raktáron és rendelés alatt álló készletek alapján az ún. idősoros szükségletgenerálás és nettósítás módszereivel meghatározza a nettó szükségleteket *végtermék, szerelvény, alkatrész és nyersanyag* szinten. A nettósítás eredményeképpen a tervezési szinthez tartozó periódusok (pl. dekád) nettó szükségletei gazdaságos gyártási vagy beszerzési *sorozatokba* vonhatók össze az adott tétel osztályzó kódjának megfelelően. A rendelés *kezdeményezési idejét* úgy határozza meg az alrendszer, hogy a gyártási (szerelési) vagy beszerzési *átfutási idők által kívánt előretartást* veszi figyelembe.

(5) *Beszerezés*

A beszerzési alrendszer a szükséglettervezés által meghatározott beszerzendő tételek kezelését végzi. A beszerzési alrendszer – kapcsolatot teremtve a szállítókkal – biztosítja azt, hogy a szükséges mennyiségek a vállalat raktáraiba időben beérkezzenek.

(6) *Kapacitástervezés*

A kapacitástervezési alrendszer feladata a vállalat *termelési lehetőségeinek összevetése a gyártandó tételek összesített időszükségleteiből származtatott terhelésekkel*. A kapacitástervezési alrendszerhez *két programcsomag* tartozik. Az ún. „*végtelen kapacitásokra*” tervező programcsomag lényegében csak azt vizsgálja, hogy az egyes homogén munkahelyeken mutatkozik-e alul- vagy túlterhelés, vagyis bizonyos homogén munkahelyek további intézkedések nélkül időalapjuk egy részében kihasználatlanul maradnak-e, vagy éppen ellenkezőleg: irreálisan magas (az időalapot túllépő) terhelési igény lép fel. Ezzel szemben az ún. „*véges kapacitástervezés*” figyelembe veszi az *aktuális* (tényleges) *kapacitáskorlátokat* és szükség esetén különféle ún. „*simítási algoritmusok*” használatával megkísérli a túlterhelések kiegyenlítését. Ha a kiegyenlítés ténylegesen megtörténik, ez rendszerint változásokat eredményez a szükséglettervezés által létrehozott (tervezett) rendelési információkban.

(7) *Műveletütemezés*

A műveletütemezési alrendszer lényegében a finomprogramozási feladatokat látja el. A számítógép egy 5 napos programot készít, amelyben minden egyes homogén munkahelyre megadja az ott elvégzendő munkák sorrendjét a kezdési és befejezési időpontokkal együtt. Ezen túlmenően a műveletütemezési alrendszer végzi el a megmunkálási műveletekhez szükséges szerszám-szükségletek meghatározását is.

(8) *Műhelyszintű irányítás*

Ez az alrendszer végzi a gyártáshoz szükséges dokumentációk számítógépes előállítását és a tervezett rendeléseknek a nyitott rendelés-állapotba történő áthelyezését. Az alrendszer másik szerepe a műhelyrendelések előrehaladásának regisztrálása.

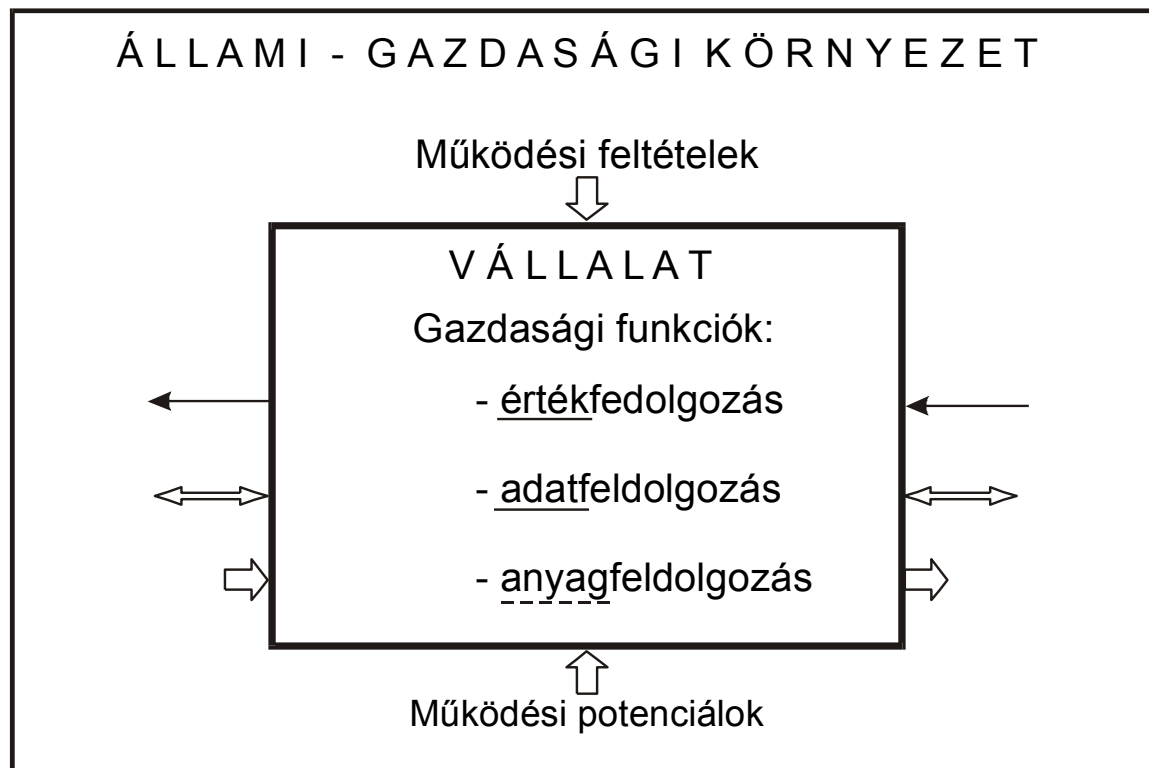
3. A vállalat funkcionális modellje

A *vállalatot*, mint rendszert, kívülről jogi és gazdasági keretek határolják el a környezetétől:

- lehetőségei szerint: *jogi személy*,
- rendeltetése szerint: *gazdasági egység*.

A vállalat belső szerkezetét a rendeltetésének megfelelő *belső gazdasági funkciók* határozzák meg. Ezek elvont lényege a *gazdasági áramok transzformációja*. Minden iparvállalatban háromféle transzformációs folyamat megy végbe (3.1. ábra):

- anyagáram és –feldolgozás,
- adatáram és –feldolgozás,
- értékáram és –feldolgozás.



3.1. ábra: Az anyag- és adattranszformációk, mint az iparvállalat alapvető funkciói

Az *anyagáramok* mentén szerveződnek azok a műszaki funkciók, amelyek során a nyersanyagból késztermék lesz. Az *adatáramok* a javasolt funkcionális modellben csak a termékre, illetve annak részeire (diszkrét folyamatok esetén), valamint a megvalósítás anyagi folyamataira vonatkozó közvetlen információk áramlását jelentik. (Az irányítást szolgáló közvetett utasítások és jelentések belső információáramát ezektől kategorikusan megkülönböztetjük). Az információ-feldolgozást a műszaki-gazdasági tervező részlegek látják el. Az *értékáramok*, lényegüket tekintve, pénzben mérhető ellentételei az anyag- és adatfeldolgozás során felhasznált anyagoknak és működési potenciáloknak. Az értékfeldolgozást a vállalatgazdasági apparátus látja el.

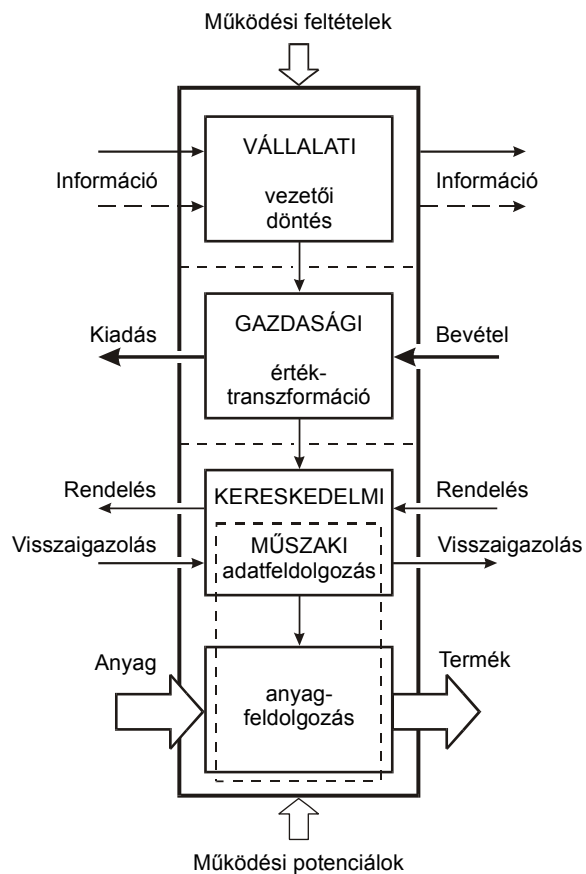
Mindhárom áram szigorú követelmények szerint felel meg egymásnak és együttesen is eleget tesz a jogszabályokban rögzített *működési feltételeknek*.

A vállalat belső mozgását a *működési potenciálok* tartják fenn. Ezek lehetnek:

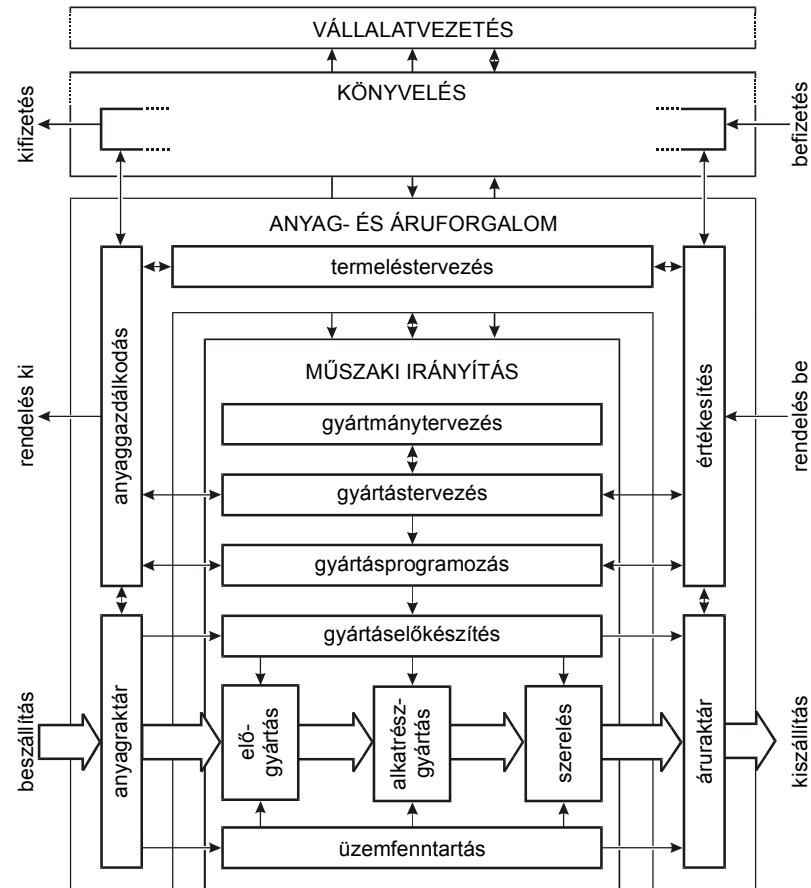
- *emberi* tényezők: az élő szakismeret és az emberi munkavégző képesség,
- *technikai* tényezők: az eszközökben tárgyiasult szakismeret és a fizikai energia.

Az áramok tehát a vállalat *működésének tárgyai* és a potenciálok a *működés alanyai*. A hagyományos gazdasági szemlélet ezeket összevonja a gazdasági értéküknek megfelelő „erőforrás” (*manufacturing resources*) fogalomba, amely eltér az itt alkalmazott, konkrétabb mérnöki látásmódtól.

A 3.2. ábrán, eléggé széles körben általánosítható példaként, egy jól szervezett, egytelephelyes gépipari közép vállalat funkcionális modellje látható. A vázlatban csak azok a szervezeti egységek szerepelnek, amelyek a jelen interdiszciplináris szakterület szempontjából *lényeges számítógépes információs rendszer* (IR) funkcióihoz kapcsolhatók. Ez strukturálisan megfelel a „*szakismereti elvnek*” is, amelyre a korszerű menedzsment módszerei és épülnek. A vállalaton belül az anyagi folyamatok főleg szervezett funkciókat a kereskedelmi és műszaki szakterületek fedik le (3.3. ábra). Ebben kapcsolódhatnak konzisztens módon *termelésirányítási* (Production Management = PM), *gyártmánytervezési* (Computer Aided Design = CAD), *gyártási folyamatok tervezésére* szolgáló (Computer Aided Process Planning = CAPP) és *gyártásirányítási* (Computer Aided Manufacturing = CAM) rendszerek is (3.4. ábra).

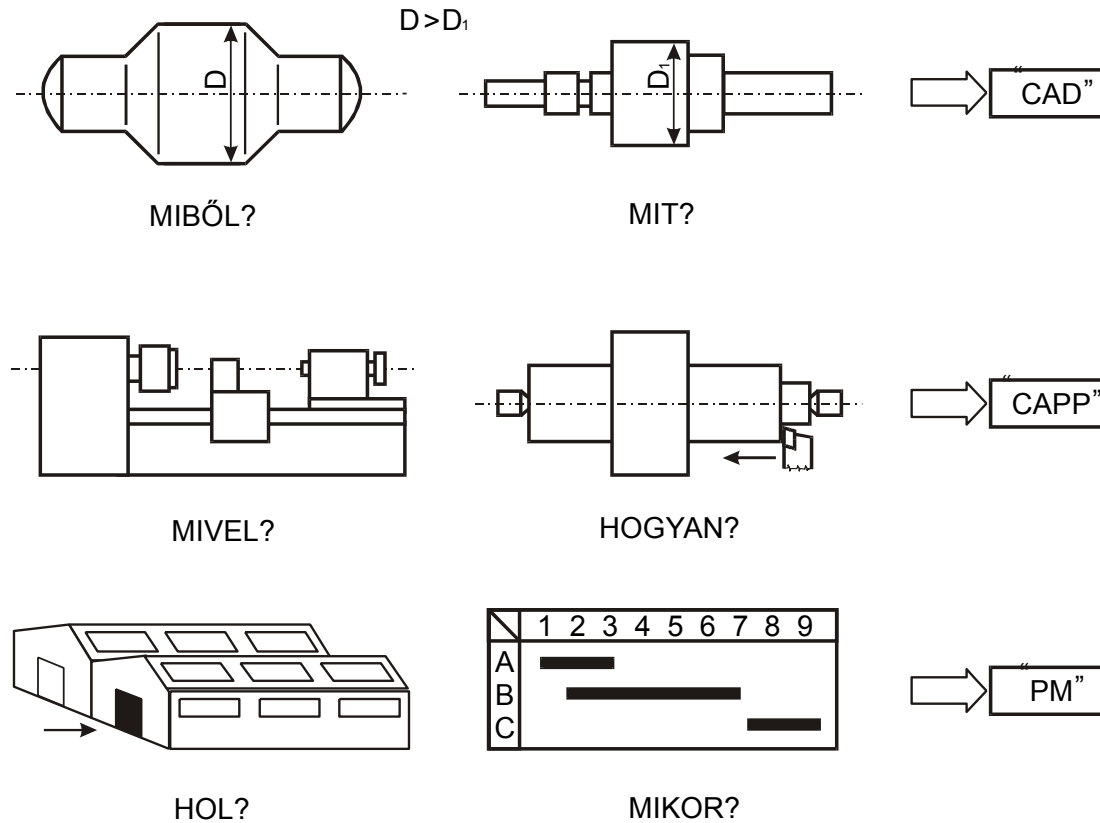


3.2. ábra: A vállalati funkciók szakmai tagolása



3.3. ábra: A gyártási struktúra részfunkciói, adat- és anyagáramai (gépipari közép vállalat funkcionális modellje: *diszkrét* gyártási folyamatok).

CAD/CAPP/PM FUNKCIÓK



3.4. ábra: Számítógépes tervezőrendszerek (CAxx) alapfunkcióit definiáló kérdések

A vállalat belső funkcióinak a 3.2. és a 3.3. ábrákon vázoltaknál részletesebb, de hasonló rendező elveken alapuló felbontásával el lehet jutni a vállalat hiánytalan és ellentmondásmentes *funkcionális modelljéig*. Az anyagáramok tervezett intenzitásából (pl. darab/idő) általában jól meghatározhatók az előkészítésükhöz szükséges *információáramok intenzitásai* (adat/idő) is. A funkciókhoz ezek alapján rendelhetők hozzá a jól megfeleltetett *anyag- és adatfeldolgozó munkahelyek* („kapacitások”, „keresztmetszetek”). Az anyagáramok „hely” szerinti tagolásában elsősorban műszaki-szervezési szempontok érvényesülnek.

A gyártás rendszereinek, vagyis a gyártás helyeinek hierarchikus szerkezete az általánosan használt elnevezések szerint a következő:

- gyáregység,
 - üzem,
 - műhely,
 - csoport,
 - munkahely.

Ezek a szervezési szintek elsősorban *gazdasági funkcióik és jogi jelentőségük* alapján különülnek el egymástól. Fontos rámutatni, hogy az anyagi folyamatok technológiai jellege tehát nem kizárólagosan meghatározó tényező még a legalsó szintű struktúrák szerveződésében sem. Ez a megállapítás nemcsak *diszkrét*, hanem *folytonos* gyártási folyamatok esetében is érvényes.

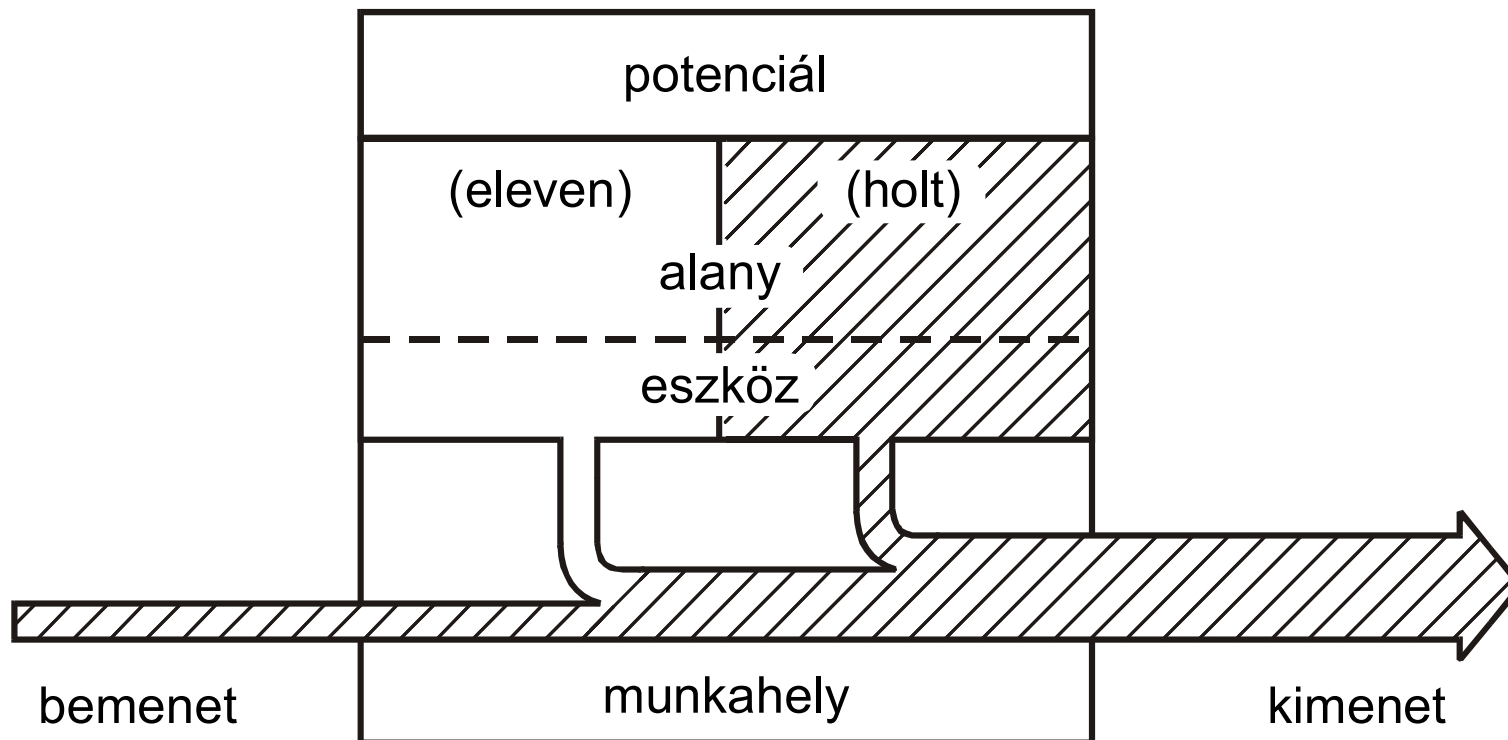
A munkahely az a legkisebb gazdasági egység, amelyben még a gyártás funkcionális összetevői maradéktalanul megtalálhatók. Ezek a komponensek a következők:

- a *munka tárgya*: munka-anyag, -darab, -szerelvény, stb.;
- a *munka alanya*: irányító dolgozó, mechanikus-, vagy elektronikus vezérlés, stb.;
- a *munka eszközei*: dolgozó manualitás, szerszámgép, gyártóeszközök, stb.

A munka alanya és a munka eszközei együtt adják a *munkahelyi rendszer potenciálját*. Az „erőforrás” szót általános elterjedtsége ellenére is helytelenítjük, mert rossz hasonlatként őrzi a mechanika XIX. századi terminológiai zavarát az *erő*, a *potenciális energia* (munkavégző képesség) és a *teljesítmény* fogalmi megkülönböztetésében.

A *munkavégző képesség* újszerű felosztását *szellemi* (intellektuális alanyi) részre és *technikai* (eszköz) részre, tekintet nélkül annak emberi vagy gépi realizálására, a korszerű gazdasági rendszerszemlélet és a mikroelektronika rohamos terjedése indokolja.

Ezáltal a munkahelyek kategorizálásában, technológiai és gazdasági elemzésében a valóságos viszonyokat jobban tükröző modellek képezhetők. A munka tárgyában nyers állapotban értéként megjelenő „holtmunka” csakis közgazdasági értelemben „erőforrás”. A technológia szemszögéből ez a munkahelyi rendszer bemenete (*input*-ja), amelyhez gazdasági értelemben hozzáadódik a munkahelyi potenciálok „eleven” és „holtmunka” tartalmának egy-egy része. Ezek az elkészült munkatárgyban, a kimeneten (*output*-ban) már kizárólag csak a „holtmunka” értéknövekményében jelennek meg (3.5. ábra). Az ábra szemléletesen mutatja, hogy *a munkahelyi transzformáció lényege az, hogy a munkahelyi potenciál (alany, eszköz) révén az anyagáram információtartalma megnő.*



3.5. ábra: A munkahely rendszerében végbemenő anyagtranszformáció.

A munkahely potenciáljától meg kell különböztetnünk a *munkahely informatikai kapacitását*, amely – egy tartály vagy kondenzátor analógiájára – annak mértéke, hogy az mennyi és hányféle konkrét, realizálható ismeretet (rajzok, utasítások, programok, stb.) képes intellektuálisan befogadni. Az informatikai kapacitás fogalmának a munkahely funkcionális összetevői megfeleltetésében van jelentősége. Nyilvánvaló, hogy bármilyen nagy az intelligenciája egy munkahelyi rendszernek, ha nincs a munkája műszakilag előkészítve, akkor a potenciális értéke nulla.

Ez az értelmezés gazdaságilag is értékelhetővé teszi a műszaki előkészítés dokumentumaiban rejlő konkrét holtmunka értékét, természetesen csak akkor, ha azt nem a vállalati rezsiben oldják fel, hanem a gyártmányra (termékre) számolják el.

Az itt bemutatott, széles műszaki-gazdasági területre általánosítható modell megfelel azoknak a tapasztalati szervezési szabályoknak, amelyeket a vállalkozói érdekek hagyományosan kialakítottak. Ezek főbb jellemzői – latens módon, közvetetten – a *minőségmenedzsment főbb szempontjait is tükrözik*:

- Egy vállalat szervezeti alapja az a professzionális munkamegosztás (műszaki, kereskedői, könyvelői), amelyben a kooperáló szakágak felelős döntési autonómiával rendelkeznek az alájuk rendelt szervek felett.
- A vállalat összes külső anyagi folyamatait (input-output piaci kapcsolatait) zárt felelősségi láncban azonos vezető irányítja és ugyanígy a belső anyagi folyamatokat is (a gyártás műszaki előkészítését és realizálását) egyetlen felelős személy vezeti.
- A tervezés és előkészítés mélységét (részletezettségét és időtávját) a piaci követelmények, a gazdasági kockázat és a tervezési költségek szabják meg, vagyis ettől függ a megfelelő funkcionális szervek optimális kapacitása is; általában a nagybonyolultságú egyedi termékek esetében a szaktudás és a döntési hatókör decentralizált kooperáló egységekre oszlik, míg a nagysorozatú stabil termékek esetében a szakismeret és a döntési kör központosított.

- A külső és belső változásokhoz való kellő alkalmazkodáshoz, gyors működésű visszacsatoló, beavatkozó és zavarelhárító organizmust (szabályozó hálózatot) építenek ki, amely biztosítja, hogy operatív döntések csak ott születhessenek, ahol a döntéshez szükséges tárgyi és szakmai ismeretek, valamint a végrehajtás feltételeit megteremtő rendelkezési lehetőségek is megvannak.

A nagyobb vállalatok felbontását önálló gyártó és kereskedelmi egységekre a következő két tényező indokolhatja: egyrészt a távoli telephelyek helyi vezetése hatékonyabb lehet, mint a központi; másrészt a bonyolult termékek szakmai áttekinthetősége és az alkalmazott technológiák fizikai elkülönülése is munkamegosztást követelhet meg. Fontos tapasztalat az, hogy az önálló egységek akkor működőképesek, ha vagy csak a gyártás műszaki vezetési szintjén osztódnak, vagy pedig a teljes külső forgalmuk vezetési szintjén is önállósulnak. A részleges átmeneti megoldások mindig irányíthatatlan folyamatokhoz vezetnek.

Az iménti tapasztalati szabályok egyébként levezethetők az általános rendszerelmélet törvényszerűségeiből is. A bonyolult rendszerek irányítási sajátosságait a szabályozáselmélet eszközeivel lehet egzaktabbá tenni. A további fejezetekben ezekre a technológiai szemlélethez közelebb álló lényegi jellemzőkre is utalunk.

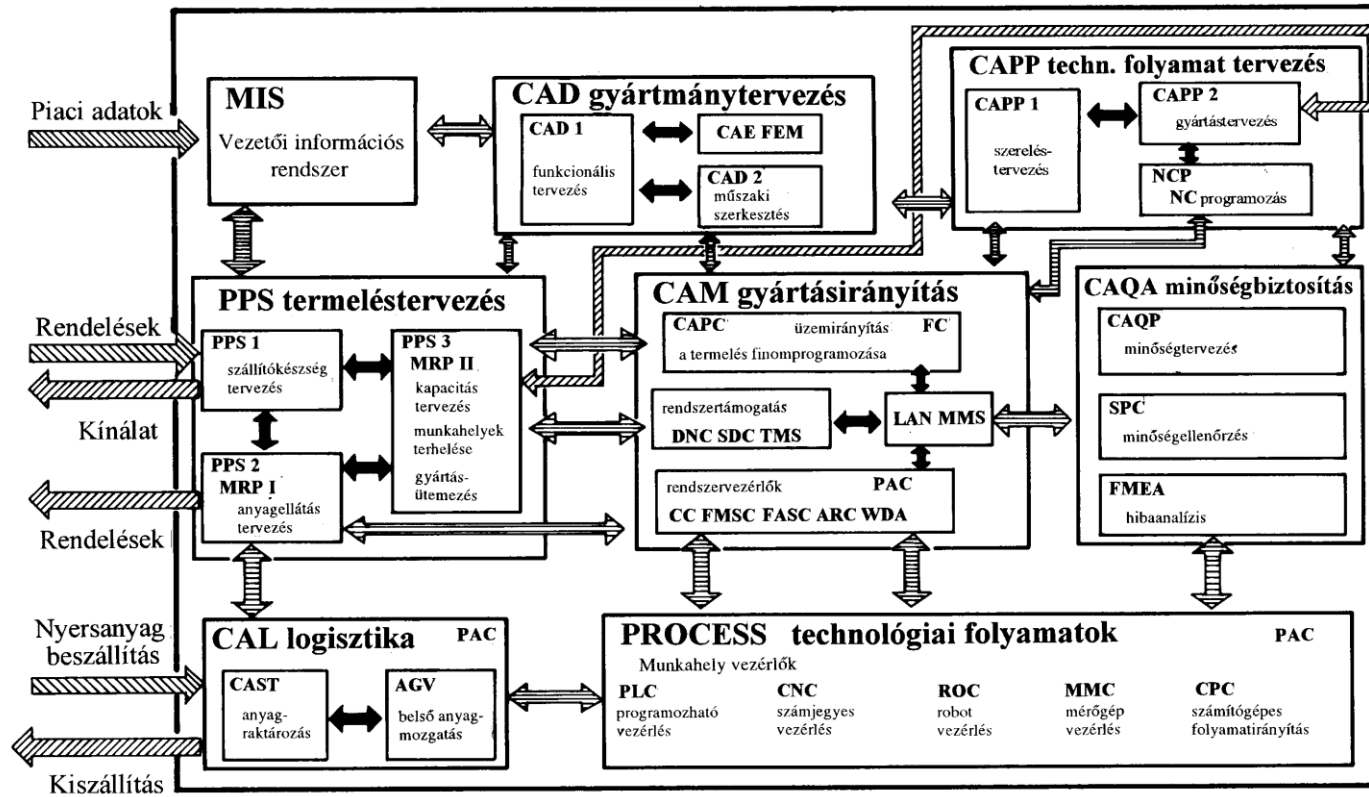
A gyártás folyamatainak szabályozása, akár a *tervezés*, akár a *végrehajtás* szintjét nézzük, döntő módon műszaki feladat. A kereskedelmi (anyag- és áruforgalmi) irányítása pedig a *termeléstervezés*, valamint a vállalat *külső kapcsolatrendszerének* funkcióit fogja át. (A „*gyártás*” fogalmán csak a vállalaton belüli anyagáramokat, transzformációkat és az ezek feletti informatikai folyamatokat értjük, a „*termelés*” fogalmába befoglaljuk ezeken kívül a vállalat kifelé irányuló piaci, beszerzési és értékesítési tevékenységeit is.)

4. A CIM-OSA vállalati modell

4.1. A modellezés megközelítési módjai

A számítógéppel integrált gyártás lényege a számítógéppel támogatott vagy számítógéppel irányított funkcionális "szigetek" egységes egészbe ötvözése (integrációja). Ennek megfelelően minden modell, amely a CIM funkcionális szerkezetét próbálja megadni, el kell, hogy helyezze a globális rendszerben az önállóan is működő CAD, CAM, CAPP; MRP, stb. alrendszereket.

A 4.1. ábra a CIM egy lehetséges tevékenységi modelljét mutatja. Az ábrában megtalálhatjuk a fő funkcionális autonóm alrendszereket és azok kapcsolódásait. A külső szemlélő számára a vállalat olyan célorientáltan működő rendszer, amely adott termékprofilra vonatkozóan képes megrendeléseket elfogadni és az adott piaci környezetben versenyképes határidővel leszállítani. Ezen felül a vállalat többnyire megrendelői szerepet játszik a beszállítóival fennálló viszonyban is, amennyiben a termeléshez szükséges szerelvények, alkatrészecskék, részegységek és a nyersanyagok szállítására rendeléseket ad.



4.1. ábra: Jellegzetes CIM-tevékenység modell

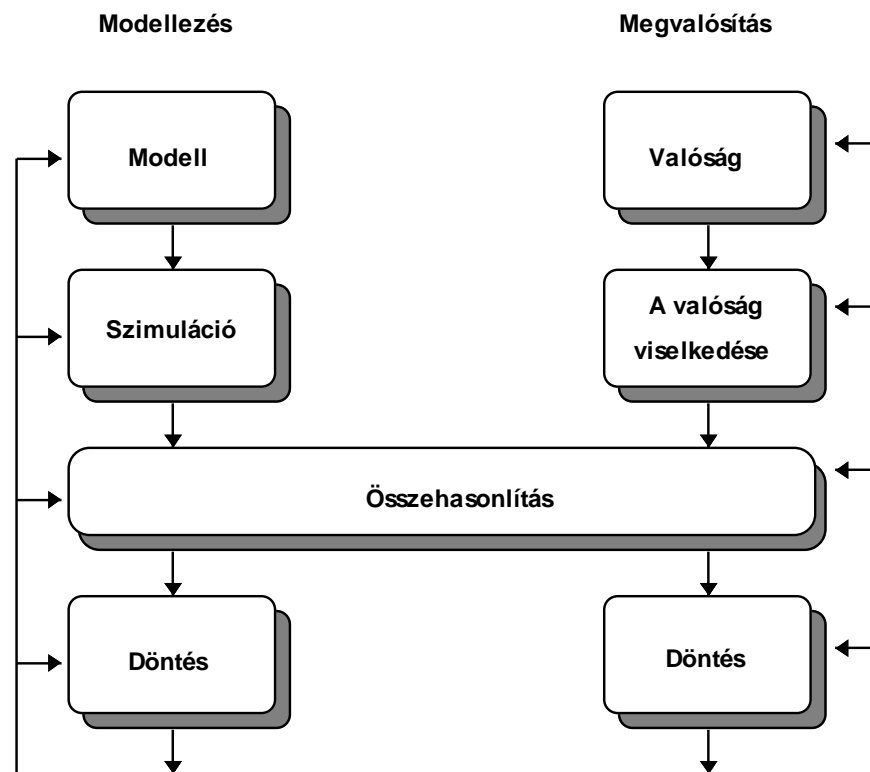
Évek óta a kutatás homlokterében áll a modern vállalati architektúrák vizsgálata. A kutatás ma ismert egyik bölcsője, kiindulási pontja *a rugalmas gyártórendszerek tervezési módszertana*, amelynek hazánkban is figyelemreméltó eredményei vannak (*Hatvany József, Nemes László, Bernus Péter*). A jelenlegi kutatás egyfelől *retrospektív* (visszatekintő) jellegű, annak megállapítására irányul, hogy a szakirodalomban mi maradt korszerű, használható, időtálló. Teljesen világossá vált ennek kapcsán, hogy világszerte heterogén adatbázisok jöttek létre, amelyek formailag ugyan teljesen alkalmatlanok az integrálásra, de tartalmuk egy része a jövőbeni rendszerekben is nélkülözhetetlen. Az is nyilvánvalónak látszik, hogy egy újfajta, úgynevezett *életciklus-architektúra* nyomon követésére is szükség van, amely nemcsak a termékekre, hanem bizonyos fokig a termékeket előállító vállalatra is vonatkoztatható. Egy vállalt fejlődését, áttételesen és absztrakt módon ugyanis termékeinek fejlődésével is nyomon lehet követni és be lehet mutatni. Másfelől ki kell választani azokat a mértékadó integrációs forrásmunkákat, amelyek a legtöbb általánosítható *elvet, modellt és módszert* ajánlják a szintézishez.

Az MTA SZTAKI - jelenleg Ausztráliában élő - két kutatója, *Bernus Péter* és *Nemes László* évek óta dolgozik az általánosítható vállalati architektúrák témakörében. Megállapításuk szerint ma a világon mindössze két olyan színvonalú és méretű integrációs megközelítés van, amelyek alapján egy sikeres szintézisre vállalkozni lehet.*

Ezek:

- az *ESPRIT* (CIM-OSA) európai megközelítés, amely egy *közös vállalati metamodell* megkonstruálása útján keresi a megoldást (4.2. ábra);
- a *Purdue University* megközelítési módszere, amely *Theodore Williams* professzor irányításával egy módszertant ad az iparvállalatok *informatikai és gyártási* eszköz- és tevékenység-rendszerének feltérképezésére.

* Állításuknak némileg ellentmondani látszik a *Computers in Industry* (Elsevier) célszáma, amely "CIM in the Extended Enterprise" címmel jelent meg (1995. március, szerk. *P.Falster* és *H.Jagdev*). Ebben számos más integrációs modell is szerepel, jóllehet valóban a CIM-OSA áll a figyelem középpontjában.



4.2. ábra: A CIM-OSA valóságmodellezési módszere.

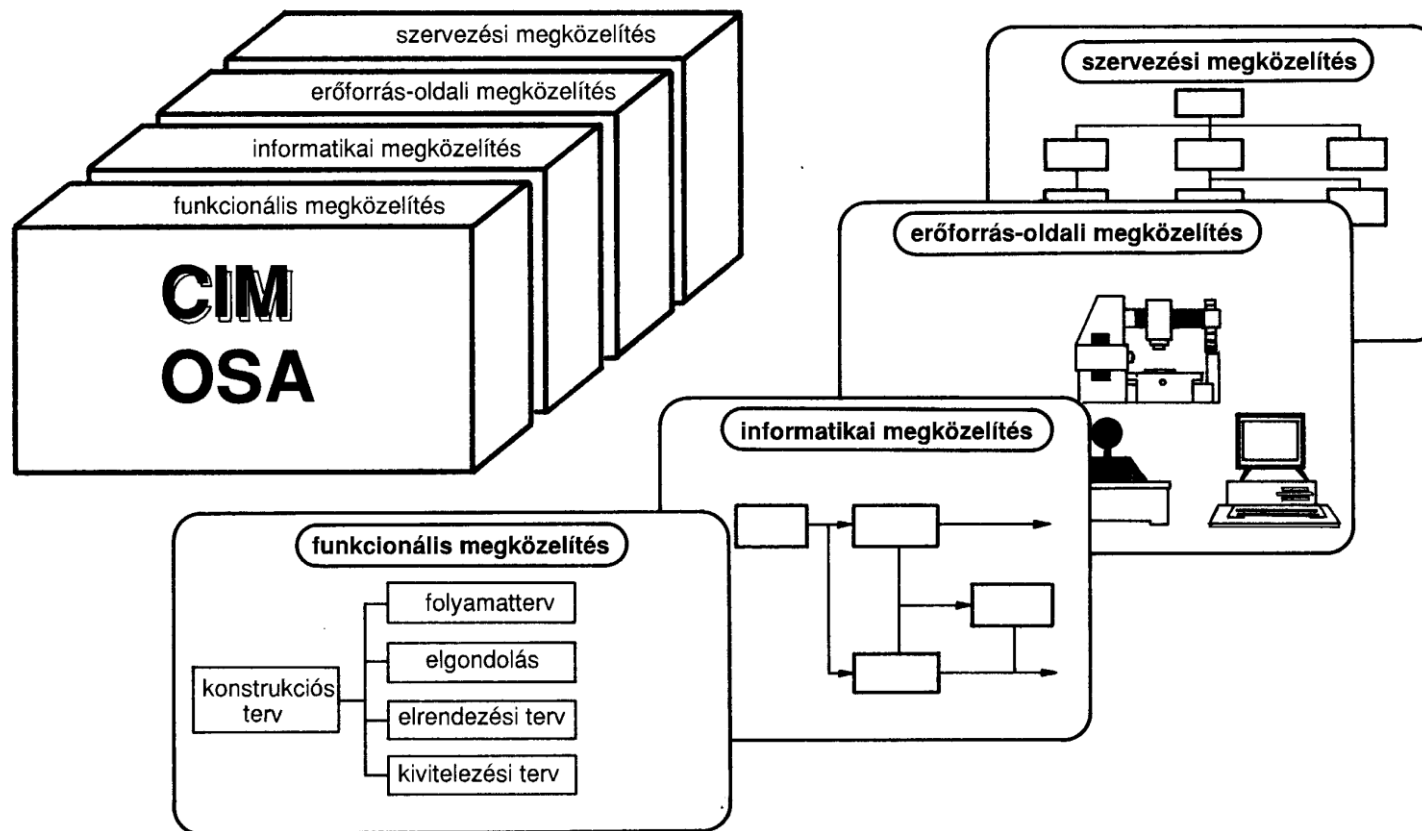
A szintézisre a Nemes László és Bernus Péter általa vezetett kutatócsoportok tesznek kísérletet. Gondot jelent a különböző *fogalomrendszerek* egyeztetése, *konzisztenciavizsgálata*. Bernus állítása szerint a CIM-OSA és a Purdue University módszertana (Purdue Guide to Master Planning) *nem versenytársak*, hanem egymást többé-kevésbé jól kiegészítő, *komplementer* megközelítési módok. Egy kissé másként fogalmazva, a CIM-OSA főként a *formális*, a Purdue University módszertana pedig az *informális* (tartalmi) kérdésekre helyezi a hangsúlyt. A kétféle eljárás szintézise egyfajta fogalmi "mátrixmunka" roppant fáradságos elvégzését nem kerülheti meg, az említett magyar kutatók ezen dolgoznak. Az egyik jelentős felismerésük például a *funkció* és a *viselkedés* megkülönböztetése, amely gyakorta nem esik egybe. Igen fontos felismerés az is, hogy a CIM-OSA metamodell tulajdonképpen a különböző célzatú mesterséges nyelvek adekvát modellje, amelybe a felhasználási szempontból adekvát leírási nyelvek is beletartoznak. El kell jutni a teljes vállalati életciklus leírásához (*Generic Enterprise Reference Architecture Modelling* \equiv *GERAM*).

Az ilyenfajta modellek vállalati bevezetésének potenciális sikere pedig az adott vállalat fogadókészségén (szakmai "érettségén") múlik. Ehhez a CIM-OSA az ún. *Capability Maturity Model* alkalmazását ajánlja, főleg szoftver-felmérésterén. Bernus Péter rendkívül érdekes előadása arra is kitért, hogy a CIM-OSA a NATO révén Európai Előszabvánnyá is válhat és ezáltal "betörhet" az USA-ba is.

Ehelyütt az ESPRIT (CIM-OSA) lényegéről adunk rövid áttekintést.

Az európai EC országok egyik legnagyobb méretű kutatási projektje az ESPRIT jelentős erőket fordított az iparvállalatok *funkcionális, szervezeti és informatikai* architektúrájának kutatására. Ezek az architektúra kutatások szolgálnak alapul az integrációs fejlesztések, ezen belül a számítógépes integráció (CIM) módszereinek és eszközeinek definiálásához. (ESPRIT AMICE Consortium, CIM-OSA projekt.).

Az architektúra vizsgálatok céljára a CIM-OSA projekt a következő megközelítési módokat (nézőpontokat) definiálta (4.3. ábra):



4.3. ábra: CIM-OSA megközelítési módok szemléltetése

- funkcionális,
- informatikai,
- erőforrás oldali,
- szervezési

megközelítés.

Az EC országok jelentős anyagi és szellemi erőforrásokat mozgattak meg ezen a kutatási területen, amelynek eredményei a CIM-OSA architektúrában fogalmazódtak meg.

A CIM-OSA nevében használt nyitott architektúra az informatikai szakzsargonban a UNIX elterjedésével jelent meg először. A szakemberek néha teljesen eltérő értelmű fogalomként használják a nyitottságot, ezért mindenekelőtt érdemes definiálni, mikor nevezhetünk egy rendszert nyitottnak. *Nyitottnak nevezhető egy rendszer, ha más rendszerekhez való illeszkedésének specifikációja a rendszert használó, vagy azzal együtt működő tetszőleges partner számára is hozzáférhető.* Ez a definíció érvényes fizikai rendszerre éppúgy, mint egy szoftver-rendszerre, amely teljes egészében szellemi alkotás.

A nyitott rendszer bármikor integrálható környezetébe, mivel az adott rendszerhez illeszkedő termék előállítási lehetősége elvileg bármely cég számára adott. Ez az illesztés persze nem feltétlenül egyszerű, a lényeg az elvi lehetőség megléte. Az illesztés dokumentált interfész segítségével valósítható meg, amely nyilvános és emiatt nem szükséges az eredeti gyártóhoz fordulni. A CIM-OSA modellt a *rendszer technikai nyitottság* elvéből kiindulva építették fel.

A nyitottság problematikáját, mint az integráció előfeltételét a CIM-OSA elsősorban az elvi lehetőségek felől közelíti meg. A nyitottság problémájával a következő *három* jellegzetes szinten kerül szembe a rendszerintegrátor:

A szinkronizáció szintje. Az embernek össze kell hangolnia és irányítania kell a vállalat elemi tevékenységeit abból a célból, hogy minden lokális egység az egységes (globális) céloknak megfelelően működjön. Ehhez a vállalat működését modellekkel kell szimulálni az elemi tevékenységek és azok kapcsolata meghatározásán keresztül.

Egy integrált irányítási rendszerhez fel kell építeni egy olyan struktúrát, amelyben az egyik oldalon egy "előrejelző rendszer" ("build-time system") van, és ezzel párhuzamosan működik egy "futtató rendszer" ("run-time system"). A két rendszert a tervezett eredmények és a valóság összevetésével kell szinkronizálni, állandó kölcsönhatást hozva létre közöttük.

A változások szintje. Az embernek uralnia és irányítania kell a rendszert abban az értelemben is, hogy a működés során állandóan változások állhatnak be. A rugalmas gyártás követelményei szerint a normális működés velejárójaként kell értékelni a változtatások kényszerét. A belső ütemtervek éppúgy állandó változtatásokra szorulnak (pl.: nem várt események miatt), mint a külső tényezők által kikényszerített technológiai, vagy stratégiai célok megváltoztatása. Az állandó változás a normális működés létezési módja.

A hibaelhárítások szintje. Egy rendszer működése mindig magában hordozza a meghibásodás lehetőségét is. Az irányítónak fel kell készülnie annak lehetőségére, hogy a működésben hiba lép fel. A rendszer nyitottsága gyakran meghatározza a hibák okozta zavarok elháríthatóságát.

A számítógépes integráció kidolgozása során követett elveket tömören így lehet összefoglalni:

- gondolkodj globálisan,
- cselekedj lokálisan,
- keresd a moduláris megoldásokat,
- tedd az alrendszereket az irányító számára nyitottá,
- kezeld az információkat időtől, tértől és formátumtól függetlenül,
- integráld a modellt és a valóságot egyetlen információs rendszerbe.

A CIM-OSA létrehozott egy *általános referenciamodellt*, amelynek elemeivel és megoldásaival tetszőleges vállalat számára meg lehet adni az alrendszerek integrációjához szükséges megoldásokat. Adott vállalat számára az általános referenciamodell segítségével kidolgozható egy speciális referenciamodell, amely tartalmazza a vállalat működése során felmerülő igényeket és azok megoldásait. A *speciális referenciamodell* leírása *három* további modellel történik: a *vállalati*, az *implementációs* és a *közbenső* modellekkel. Minden modell szerkezetét a CIM-OSA a már említett *négy* megközelítési mód, a funkcionális, az *informatikai*, az *erőforrás* oldali és a *szervezési* nézőpontokból taglalja.

4.2. A CIM-OSA modellek felépítési környezete

A CIM-OSA alapvető célja a szélesen értelmezett termelési funkciók integrálása a vállalaton belül az információ-technológia felhasználásával.

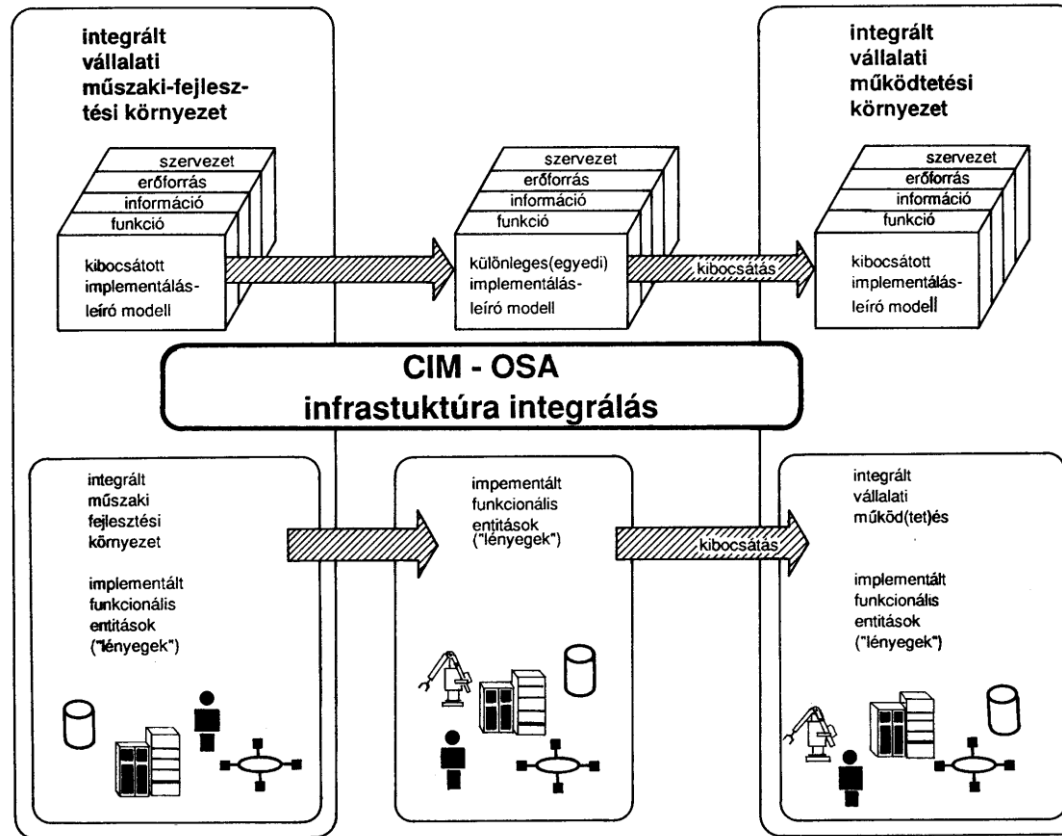
A CIM megvalósításához a CIM-OSA a következő felépítési elveket fogalmazza meg:

- A speciális referenciamodellt a vállalat számára mind a négy nézőpontnak megfelelően meg kell konstruálni.
- A funkciókat el kell választani azok irányításától és felügyeletétől.
- Létre kell hozni olyan integrációs infrastruktúrát, amely az egész rendszer számára nyújt szolgáltatásokat.

Ahhoz, hogy a megfelelő üzleti, alkalmazási és fizikai szintű integrációt végrehessen hajtani, a CIM-OSA két részre osztja az integrációs környezetet: (4.4. ábra):

- integrált vállalati műszaki-fejlesztési és
- integrált vállalati működtetési környezetre.

A műszaki-fejlesztési környezet folyamatosan karbantartja a piaci környezet igényeinek megfelelően a vállalat lényeges entitásait, azok szükséges változásának, változtatásának terveit. A fejlesztési környezet absztrakt modelleket használ számítógépes infrastruktúra támogatásával.

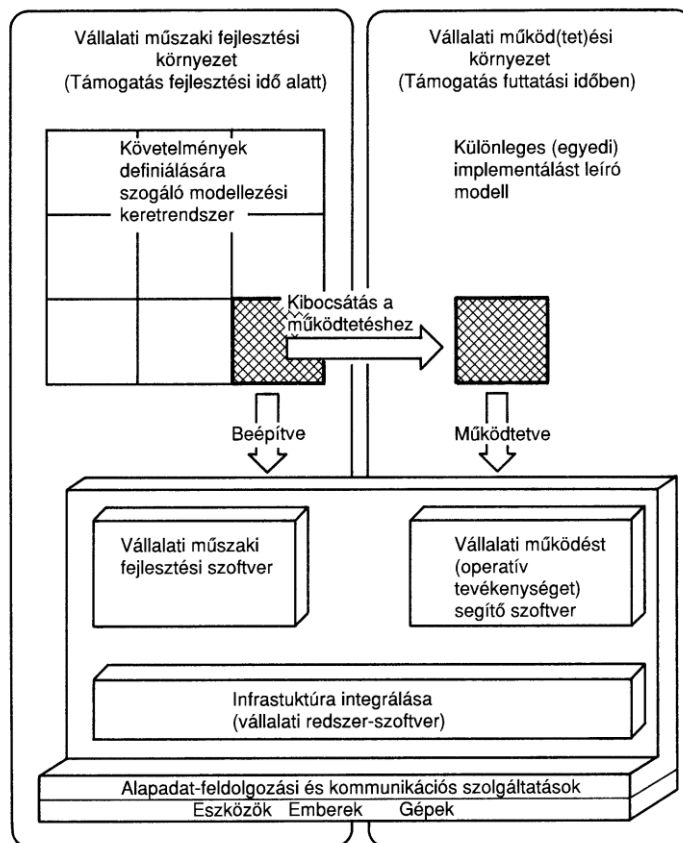


4.4. ábra: Modell és valós világ integrációja

A vállalati működési környezet a funkcionális modulok valós működési környezete, ahol az irányítási és hibaelhárítási események a termelés valós viszonyai között realizálódnak (lásd 4.5. ábra).

A 4.5. ábrából látható, hogy mindkét integrációs környezet be van ágyazva a CIM-OSA integrált infrastruktúrába (közös szolgáltatások és protokollok) a valós termelés implementált funkcionális elemeibe (funkcionális szolgáltatások) és egy közös dinamikus rendszerdefinícióba a működő vállalati környezetbe.

A működő vállalati környezet az üzleti folyamatok és a termelési tevékenységek együttes modelljét tartalmazza a CIM-OSA irányelvek szerint. Ez a modell tartalmazza a valós folyamatokat és azok modelljét a CIM-OSA négy nézőpontjának megfelelő felosztásban.



4.5. ábra: A CIM-OSA szerepe

Az irányító és felügyelő rendszerek helyének meghatározása céljából vizsgáljuk meg részletesebben a CIM-OSA speciális, a konkrét vállalati felépítéséhez tartozó integrációs modelljeit.

(a) A vállalati modell

Funkcionális nézőpontból a modellt három módon lehet definiálni:

Struktúra és tartalom: itt kell definiálnunk az elemi üzleti folyamatokat, azok kapcsolatát, a működési szabályokat és az elemi vállalati tevékenységeket.

Célszerű viselkedés és irányítás: ez olyan szabályhalmaz, amely definiálja a vállalat irányításának folyamatát, a célokat és a korlátokat.

A vállalati tevékenységek működése: minden elemi tevékenységet teljes részletességgel meg kell adni; idetartoznak a be- és kimenetek (elsődleges, másodlagos) továbbá az alapadatok (törzsadatok). Az ezekből felépített funkcionális építőkövek egymáshoz kapcsolásával (ez formailag egy irányított gráffal szemléltethető) kapjuk meg az üzleti és műszaki, valamint a gyártási folyamatok menetét.

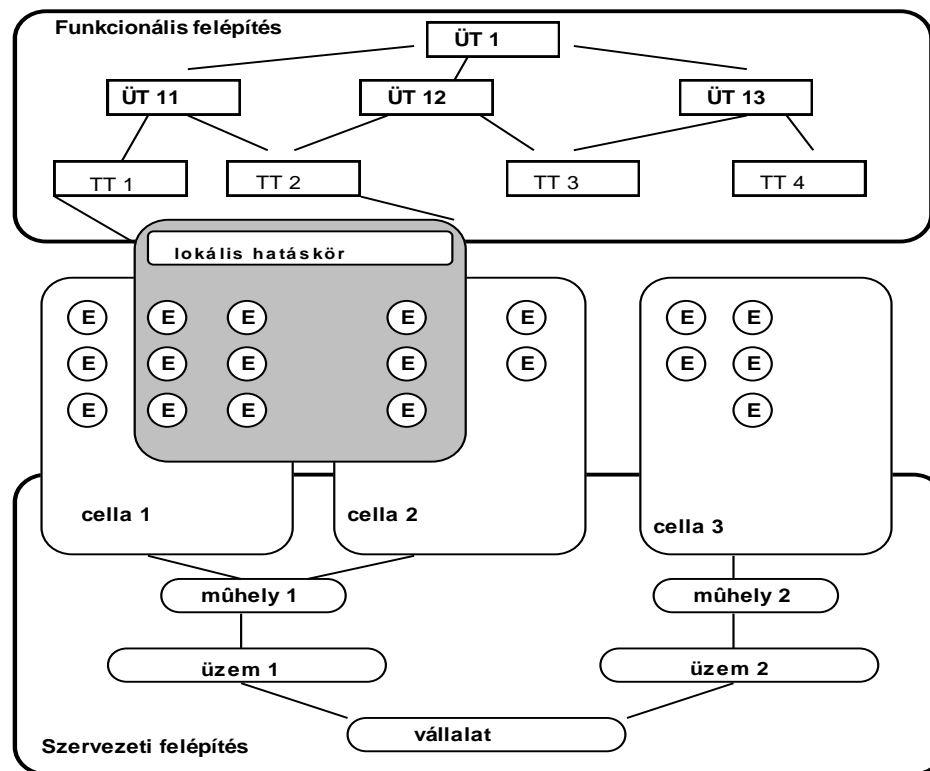
A CIM-OSA a vállalati folyamatok három kategóriáját különíti el:

- menedzsment folyamatok (tervezés, irányítás, felügyelet, döntések),
- operatív folyamatok (fejlesztés, tervezés, beszerzés, értékesítés),
- támogató folyamatok (üzemfenntartás, karbantartás, javítás).

Az *informatikai* nézőpont legfontosabb elve, hogy a rendszer modularitása a lehető legmélyebb szintekig megmaradjon. Ehhez megfelelő dekompozíciós módszereket kell alkalmazni a modulok tervezésekor.

Az *erőforrás-oldali* nézőpont meghatározza az erőforrások fizikai elrendezését és megállapítja azok hatáskörét. A vállalati információs rendszer számára pontosan definiálni kell az erőforrások jellemzőit is (4.6. ábra).

A *szervezési* nézőpont a vállalat eszközeihez való hozzáférési jogokat definiálja, illetve az azokhoz tartozó üzleti tevékenységek, folyamatok, termékek, stb. körét határozza meg.



ÜT - Üzleti Tevékenység
 TT - Termelő Tevékenység
 E - Erőforrás

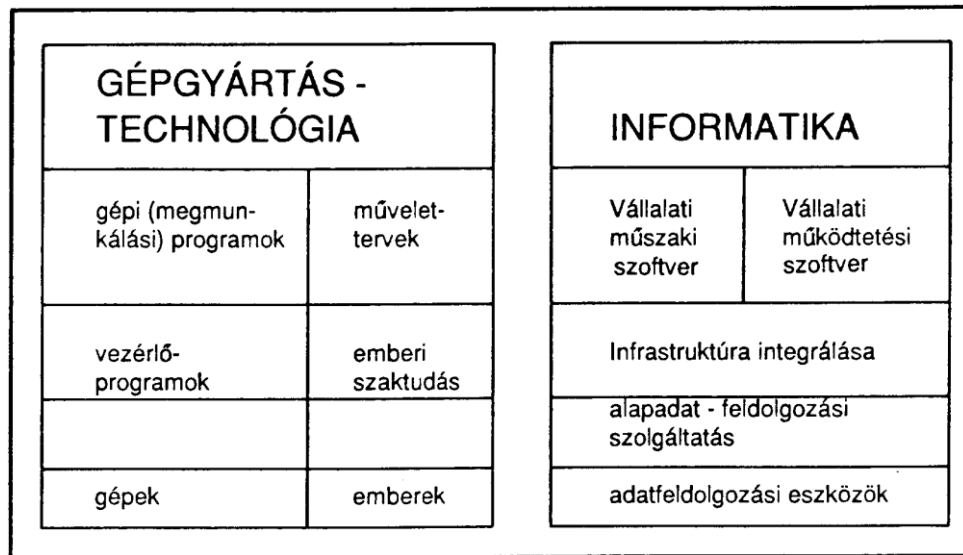
4.6. ábra: A közbenső modell struktúrája

(b) Implementációs modell

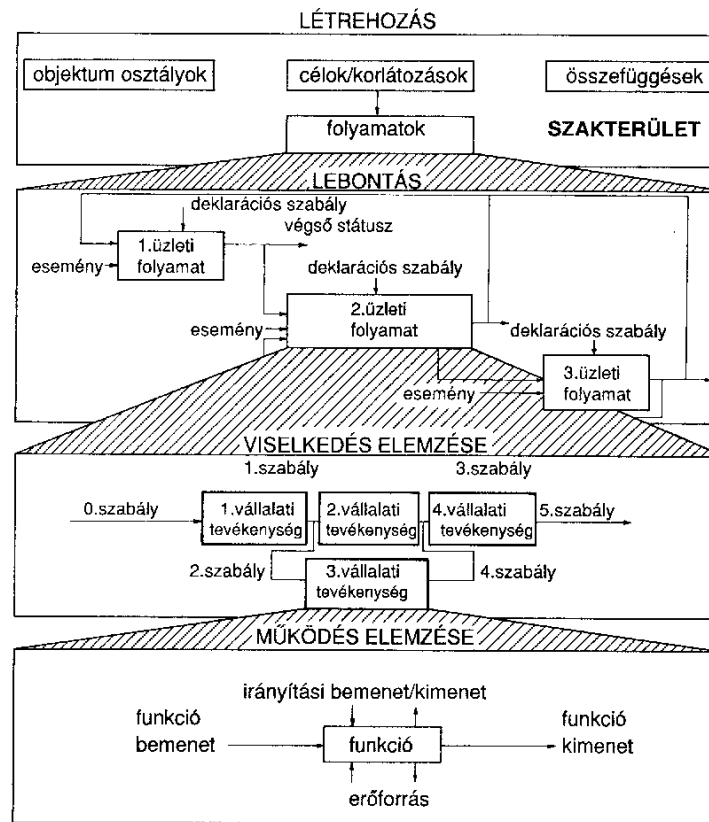
Az implementációs modell: a valós, megvalósítható vagy megvalósított rendszert írja le rendszerek, szolgáltatások és komponensek segítségével (4.7., 4.8. ábrák).

A funkcionális nézőpont jellemzői:

- az üzleti folyamatok részletesen kidolgozott hierarchiája és a kapcsolatok szabályhalmaza;
- az üzleti folyamatok konkrét igényeire aktivizálható vállalati tevékenységek köre;
- a vállalati tevékenységek operatív egységeinek specifikációja, kapacitása;
- az implementált funkcionális műveletek leírása, ahol a funkcionális művelet a legkisebb adat vagy anyagfeldolgozás céljából irányítható egység;
- a vállalati tevékenységek halmazát az üzleti folyamatok követelményei szerint kell létrehozni.



4.7. ábra: Az implementációs modell komponensei



4.8. ábra: A CIM-OSA funkcionális megközelítésének megfelelő implementációs terv létrehozása

Az informatikai nézőpont: olyan belső séma generálását jelenti, amely pontosan meghatározza, hogy milyen adatok hol és hogyan legyenek tárolva és azokkal milyen adatfeldolgozási műveleteket kell végezni.

Az erőforrás-oldali nézőpont: a gyártási rendszerek és az informatikai rendszerek elemeinek specifikációja, azok beszerzésére, vagy kifejlesztésére vonatkozó leírás.

A szervezési nézőpont: meghatározza, hogy mely szervezeti egységhez milyen erőforrások tartoznak, mi az egységek hierarchián belüli helye, hatásköre és felelőssége.

Mint látható, a CIM-OSA architekturális modellezés elvei elég általánosak ahhoz, hogy tetszőleges integrált anyag- és adatfeldolgozó rendszer megtervezésére és működtetésére használhatók legyenek.

5. A vállalat-fogalom általánosítása: a Virtuális Vállalat

5.1. Bevezetés

Az előadásvázlat áttekintést ad a virtuális vállalat (Virtual Enterprise = VE) és a párhuzamos mérnöki tevékenységek (Concurrent Engineering = CE) kapcsolatáról, összefoglalva a *termékmodellek* és a *vállalati modellek integrációját* ezen a területen.

A gyártó vállalatok erősen érdekeltek abban, hogy piaci versenyképességük megőrzése végett a nagyméretű, hierarchikus szervezeteket kisebb, decentralizált, részben autonóm és kooperatív egységekkel váltsák fel, amelyek gyorsan képesek reagálni a felhasználók igényeire (*customer-driven market*).

Az új, lazábban kapcsolódó autonóm egységek új információs architektúrákat is igényelnek. Ha néhány autonóm termelőegység a termeléshez számítógépes hálózat útján kommunikáló koordinált hálózatot alkot, ezt a szervezeti formát már "virtuális vállalatnak" vagy "kiterjesztett vállalatnak" szokás nevezni.

Az informatika (Information Technology = IT) eszközeivel mind a termék, mind a vállalat modellezhető. A modellek az információt és a tudást különböző formákban reprezentálhatják, így kapcsolataik (*data exchange*) vagy integrációjuk (ezen belül az adatok és a tudás megosztása, *data/knowledge sharing*) komoly problémákat vet fel. Azt a koncepciót, amely képes kezelni, integrálni a termék- és vállalati modellek különböző típusait, ***Concurrent Engineering***-nek nevezik (CE).

5.2. Osztott, időlegesen együttműködő termelési rendszerek

Különböző megközelítési módok, különböző elnevezések fedik le a szakirodalomban ugyanazt a lényeges elképzelést: autonóm termelő (gyártó) egységek egy rugalmasan együttműködő hálózatát.

Világszerte nagy nemzetközi projektek kapcsolódnak ehhez a területhez; legátfogóbb az ***Intelligens Gyártórendszerek*** (Intelligent Manufacturing Systems = IMS) program, amelynek legfőbb céljai:

- (1) egységes leírás kifejlesztése a gyártórendszerek egy új generációjához;
- (2) gyártórendszer-modellek és szimulációs megközelítési módszerek létrehozása a vállalatok számára.

A korszerű gyártórendszerek (*advanced manufacturing systems*) esetében a szakirodalom négy perspektivikus irányzatot emel ki:

- (1) Gyorsan reagáló gyártórendszerek (*Agile Manufacturing Systems*);
- (2) Autonóm és osztott gyártórendszerek (*Autonomous & Distributed Manufacturing Systems*);
- (3) Biológiai gyártórendszerek (*Biological Manufacturing Systems*);
- (4) Fraktál vállalat (*Fractal Company*).

Az (1) és (2) közvetlenül kapcsolható a VE paradigmához. A biológiai gyártórendszerek az IMS-ek legfontosabb jellemzőit a biológia, molekuláris biológia, alkalmazott matematika és a számítógéptudomány legújabb eredményeivel valósítják meg (*Merkle, 1993*).

A "fraktál vállalat" legfőbb jellemzői (Warnecke, 1993): a belső hasonlóság az egységek felépítésében és tagolásában, az önszervezés, az ön-optimalizálás, a célrairányultság és a dinamizmus.

A VE autonóm és osztottan működő egységeket kombinál egy specifikus igény kielégítésére. Az egységek szétválnak, amint az összetartó igény (szükséglet) kielégítést nyer.

1995 óta több nemzeti és nemzetközi kutatási projekt indult, amelyek kifejezetten a VE-hez kapcsolódnak, pl. az ESPRIT programon belül: PLENT (Mezgár, 1998), PRODNET (Camarinha-Matos, 1997).

5.2.1. Az elméleti háttér

A legtöbb VE teoretikus a *holonikus rendszer* fogalmából indul ki (Arthur Koestler, 1989: "The Ghost in the Machine"). A holonikus gyártási rendszer az autonóm és decentralizált gyártási szervezetek elméleti kereteként tekinthető megközelítés.

A *holon* fogalmát olyan *önálló entitásként* (lényegként) definiálják, amelyre érvényes néhány alapvető sajátosság, nevezetesen

- *nyitottság* (a holonok képesek egymással együttműködni, hogy egy közös célt elérjenek);
- *rugalmasság* (bármelyik holon képes önmagát újra-konfigurálni, hogy megfeleljen egy külső készletnek, igénynek);
- *hasonlóság* (a holonok ugyanazokat az alapvető elveket, értékeket és célokat követik).

Ezen túlmenően, a *holon önmagában egész, ugyanakkor más egészek része* ("a whole unto itself and a part of other wholes"). A definíció a mikrobiológiából származik: miként a sejtekből épül fel az egész élő test, a holonok olyan önálló entitások, amelyek képesek koordinált viselkedésre.

A *holonikus rendszer* olyan hálózati gráf (*network graph*), amelyben a csúcsok (*nodes*) reprezentálják a holonokat, az ívek (*arcs*) pedig interakciós kapcsolatokat hoznak létre a csúcsok között.

Az utóbbi években a holonikus megközelítést a gyártás területére alkalmazva jutottak el a VE fogalmához. Ez az új szervezési paradigma azon az előfeltevésen alapszik, hogy *a gyártási környezet önmagát kívánja transzformálni egy holonikus rendszerré.*

Ahhoz, hogy egyedi vállalatok egy ilyen rendszer részei legyenek, holonokká kell alakulniuk, vagyis rugalmassá és megfelelően nyitottá a korábbi definíció szerint. Egyidejűleg a környezetnek is támogatnia kell ezen vállalatok integrációját egy olyan fejlődő rendszer keretében, amely többrétegű hálózat formáját veszi fel. Ez hatékony kommunikációs és szállítási eszközök útján érhető el, valamint a közös elvek, értékek és know-how hálózat útján való terjesztésével.

5.2.2. A VE főbb jellemzői

Jelenlegi definíciója szerint a VE pénzügyi és mérnöki cégek, gyártó, szerelő és elosztó tevékenységeket folytató vállalatok célorientált kombinációja. A VE egy olyan holonikus rendszer, amelynek alrendszerei időlegesen szerveződnek egyedi vállalatokból a közösen elérendő célra.

Néhány lényeges előny, amely a VE struktúrába szerveződött vállalatok számára vonzó lehet:

- Új üzleti lehetőségek tárulnak fel azáltal, hogy a komponens vállalatok termelőkapacitását és piaci erejét a VE keretében közösen vetik be.
- A tervezői és fejlesztői kapacitás megnövekszik azáltal, hogy a kiegészítő képességeket és szaktudást célszerűen integrálják.
- Új termékek kifejlesztésének költségei és kockázata megoszlik a VE komponens vállalatai között.
- A hálózaton belüli szerepek specializációja következtében minden egyedi vállalat a saját profiljába eső folyamatokra tud koncentrálni, ezáltal javítani, esetenként optimalizálni képes saját belső tevékenységét.

5.2.3. Követelmények VE kialakításához

VE létrehozását indokolhatják olyan tényezők, mint: gyorsan fejlődő piacok, a tervezési és gyártási idők csökkenése, a kommunikációs és szállítási eszközök megnövekedett hatékonysága.

A gyakorlatban két főbb út van VE létrehozására:

- (1) Egy nagyvállalat szétbontása kisebb egységekre; vagy
- (2) Kisebb cégek összevonása (*small and/or medium enterprises*) VE formába.

A két megközelítés különböző követelményeket elégít ki, mivel a két esetben mind az örökölt jellemzők, mind az eredeti gyártóegységek céljai nagyon eltérőek.

ad(1): *Nagyvállalatok dekompozíciója*

A rendszer-duplikálás gyakran jelentkezik elsődleges követelményként a VE-hálózatot alkotó komponensek (csomópontok) számára. Ez az előfeltevés, amely a nagyvállalati igényekből származik, a mai VE-modellek esetében tipikus. Amikor egy nagyvállalatot kisebb egységekre bontanak fel, hogy virtuális hálózati struktúrát hozzanak létre, általában könnyű helyreállítani (reprodukálni) az egész rendszert minden egyes csomópontban, mivel az összes csomópont (komponens-vállalat) ugyanazt az irányítási struktúrát, információs rendszert és működtetési módszereket veszi át, mint amelyeket a teljes vállalat szintjén alapoztak meg. Minden csomópont a külvilággal ugyanazon stílusban végzi interakcióit (pl. ugyanazt a vállalati *logo*-t használja és közös piaci gyakorlatot folytat).

ad(2): *Kis cégek egyesítése*

Amikor kis cégek egyidejűleg kívánják megtartani alapvető jellemzőiket és fejleszteni versenyképességüket, ellentmondások, problémák jelentkezhetnek. A csomópontok önállóságát és a VE hálózat stabilitását turbulens környezetben is fenn kell tartani. A különböző VE-típusok főbb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza:

1. táblázat

Főbb jellemzők	Lebontás útján nyert VE	Egyesítés útján nyert VE
A gyors reagálás alapja	Funkcionális specializáció	Örökölt rugalmasság
Rendszerszervezés módja	Rendszer-duplikálás	Az identitás megőrzése
Egyesítés	Időleges	Stabilitás
Koordináció	Lokális	Globális

5.2.4. Hogyan javítható a VE működése?

Mivel a VE alapvető integrációs tényezője az *információs infrastruktúra*, a legkönnyebb út a VE hatékonyságának növelésére ezen a területen kínálkozik. A fejlesztés egyik iránya, hogy olyan új adat- és tudásreprezentációs formákat dolgozzanak ki, amelyek az információk és a tudás hatékony leírását teszik lehetővé. A másik irányzat az információcsere formáinak és módjainak fejlesztéséhez kapcsolódik. Az első megközelítés a modellezési technikák és technológiák fejlesztésére koncentrál, a második pedig a protokollokra és a szabványosításra.

5.3. Modellek és koncepciók az életciklus reprezentációra

A modell - mint ismert - egy létező vagy tervezett objektum/rendszer lényeges tulajdonságainak speciális szempontok szerinti leírása, amely a rendszerről/objektumról szóló ismereteket egy célszerű formában reprezentálja (feldolgozhatóság, tárolhatóság, stb.).

A termékek és vállalatok *életciklus-modellezése* az utóbbi években terjedt el. Ez a megközelítés igen összetett modelleket igényel (a koncepcionális modellektől a környezetkímélő újrahasznosítási modellekig), ezért a modellek integrációja kiemelkedően fontos szerepet játszik. A grafikus modell-reprezentációk különösen gyorsan terjednek (virtuális környezet, virtuális valóság), mivel az információcserének ez a módja a leghatékonyabb, továbbá az ember számára a legkönnyebben érthető a tervezés és elemzés számos területén.

5.3.1. A Concurrent Engineering jellemzői

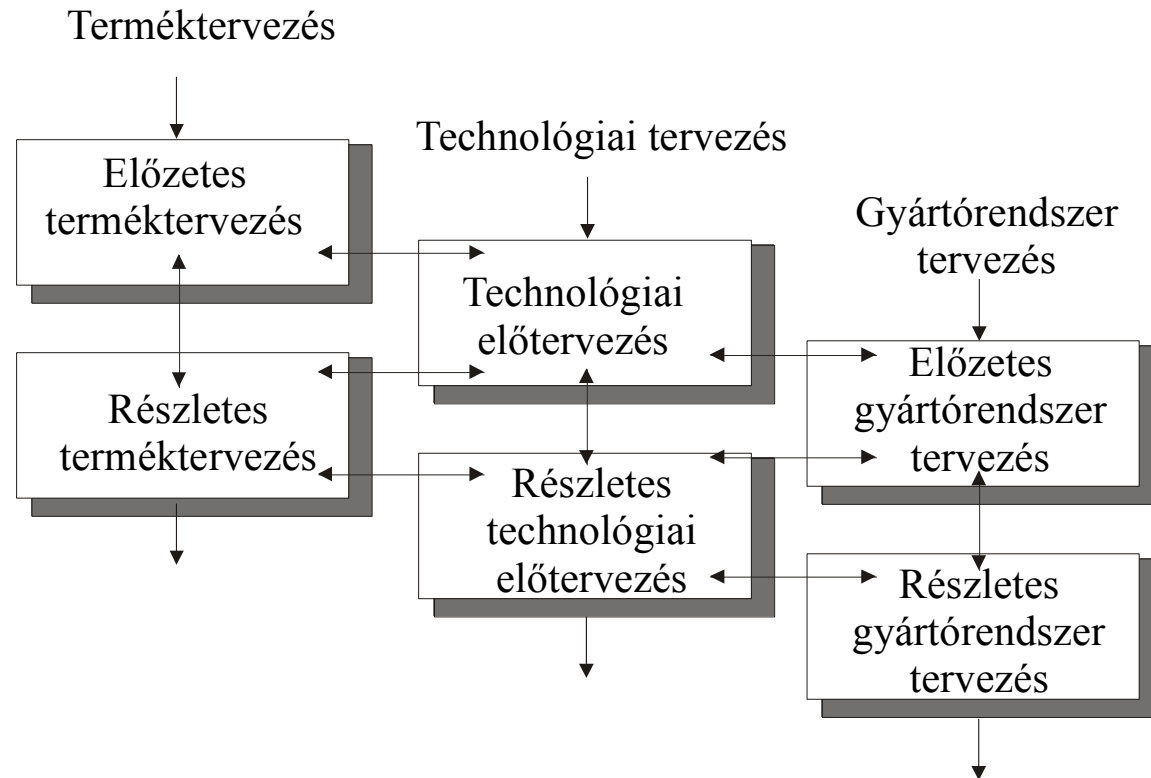
A termékfejlesztés életciklus-alapú megközelítési módszere túlmutat magának a terméknek az életciklusán. A Concurrent Engineering (CE) a szokásos definíció szerint: szisztematikus megközelítés a termékek és a hozzájuk kapcsolódó folyamatok párhuzamos és integrált tervezésére, beleértve a gyártást és az egyéb támogató funkciókat is. A CE módszertan *párhuzamos, interaktív és kooperatív* csoportmunkát igényel mind a termék, mind a folyamattervezésben, szemben a hagyományos tervezési gyakorlattal, amely *szekvenciális, iteratív és megosztott*.

A CE igazi alkalmazási területe komplex termékek, nagyméretű rendszerek tervezése. Esettanulmányok szerint a CE a termékfejlesztési ciklus idejét átlag 35 %-kal, a költségeket mintegy 40 %-kal, a hulladék mennyiségét átlag 60 %-kal mérsékli.

5.3.2. A közeljövő gyártási környezetének igényei

Az olyan típusú osztott termelési architektúrák fejlesztése, mint amilyen a VE is, új kihívásokat jelent a CE-rendszerek számára. Alapkövetelményként jelentkezik az osztott hozzáférésű adat- és tudásbázis, valamint a CE funkciók kiterjesztése a termelési rendszer konfigurálására vagy újra-konfigurálására a termék mindenkori követelményei és a gyártási lehetőségek szerint. A CE megközelítés kiterjesztése lehetővé teszi, hogy nem csupán a termék életciklusát, hanem magának a termelőrendszernek az életciklusát is figyelembe vegyük. A tervezési tevékenységek minőségi reprezentációja az 5.1. ábrán látható.

A CE ilyen kiterjesztése, mint új elv, azt jelenti, hogy a terméktervezés korai fázisában nemcsak egy-egy alkatrész gyártástechnológiáját választják meg, hanem azokat a gyártóberendezéseket és gyártóeszközöket is, amelyek megvalósítják ezt a technológiát, sőt, azt a teljes gyártórendszert is, amely képes az adott alkatrészeket közel optimális módon legyártani.



5.1. ábra: A Concurrent Engineering, mint a konstrukciós tervezés, a technológiai tervezés és gyártórendszer tervezés (újrakonfigurálás) párhuzamos megközelítési módszere.

Virtuális technikák és szimuláció felhasználásával a gyártási folyamat "lejátszható" és ennek eredményeire alapozva a szükséges módosításokat már a tervezés fázisában végre lehet hajtani a terméken, hogy elkerüljük a gyárthatósági problémákat. Ez a megközelítési mód felhasználható gyártórendszerek konfigurálására vagy átkonfigurálására az aktuális termelési helyzetnek megfelelően, figyelembe véve optimalási szempontokat (pl. minőség, költség, átfutási idő).

5.3.3. Concurrent Engineering VE-környezetben

A CE alapvetően megosztott és kooperatív természetű mind vertikális (életciklus), mind horizontális (párhuzamos tervezési tevékenységek) tagozódásban. A CE-módszertant eredetileg egyetlen vállalatra fejlesztették ki, nem pedig a vállalatok egy hálózatára.

Az egy vállalatra vonatkozó CE alkalmazás igényei a következő négy csoportba sorolhatók (*Osario*, 1998):

- (1) a kooperatív működési folyamatok definiálása és ellenőrzése;
- (2) csatlakozó információs modellek;
- (3) a mérnöki információ menedzselése,
- (4) közösen használható számítástechnikai és információs infrastruktúra.

A számítástechnika és a hálózati technológiák gyors fejlődése új lehetőségeket nyújt az osztott és kooperatív rendszerek számára. A hálózati technológiák területén megfigyelhető "technológiai konvergencia" lehetővé teszi, hogy különböző kommunikációs és számítógépes hálózatok működjenek együtt. Ez az áttörés-erejű fejlődés (*breakthrough*) a hálózatok hardver és szoftver eszközeiben nagymértékben elősegíti a CE különböző szintű alkalmazásait VE-környezetben.

A VE-k teljes mértékben Internet-bázisúak, mivel életciklusuk egész tartama a hálóhoz kapcsolja őket (szervezés, működés és a VE szétválása). Az Internet-bázisú szoftver-eszközök (pl. www-böngészők, HTML) és a kliens/szerver technológia viszonylag egyszerűen lehetővé teszi, hogy egy vállalat belső hálózatát (intranet) a világháló architektúrája irányában kiterjesszük (*Mezgár, 1999*).

A CE és VE paradigmák összehozásában a következő lépés a VE holonikus alapú megközelítésének illesztése a CE ágens-alapú (*agent-based*) megközelítési módjával.

A legfontosabb különbség az egyetlen vállalatra kifejlesztett CE rendszer és a VE-környezetbe illesztett CE rendszer működésében az, hogy a VE működése rendelésfüggő (*order-driven*), vagyis az üzleti és termelési szempontoknak harmóniában kell lenniük.

Ez azt is jelenti, hogy a rendelések koordinálása, a különböző erőforrások optimális kijelölése kulcsfeladat az ilyen kooperatív termelési környezetben.

Egy Internet-bázisú CE-alkalmazásnak új technikai és architektúrális igényeket kell kielégítenie. Ezért az egyedi vállalatra orientált CE-jellemzőket a következőképpen kell módosítani:

- a kooperatív működési folyamatokat illetően az üzleti folyamatokat kell elsődlegesnek tekinteni, mivel ez a VE motorja;
- a csatlakozó információs modellek esetében az integráció szerepe kapja a legnagyobb hangsúlyt;
- a mérnöki információk menedzselése a különböző közlési formák (képek, video, grafika, hang, stb.) miatt hálózati eszközökkel fejlett és összehangolt technikát igényel;
- a közösen működtethető számítástechnikai és kommunikációs infrastruktúra speciális architektúrák, keretrendszerek kifejlesztését igényli, különös tekintettel a biztonsági problémák megoldására.

A szokásos alapdefiníció szerint:

A termékmodell a termék életciklus-modellje és egyaránt reprezentálja a konstrukciós tervezésre (geometria, anyagmegválasztás, stb.) és a gyártásra vonatkozó információkat (*Krause, 1993*).

A termékmodellnek VE környezetben teljesítenie kell az elosztott (ún. ágens-alapú, *agent-based*) rendszerekkel szemben támasztott követelményeket (*Toenshoff*, 1994).

A termékmodellt különböző ágensek használják, pl. a konstrukciós tervezési ágens és a folyamattervezési ágens. Mivel a rugalmasság a VE egyik fő jellemzője és egy általános termékmodell túlságosan nagy és rugalmatlan lenne az összes ágens támogatására, célszerű a különböző ágensek számára különböző *belső* termékmodelleket kifejleszteni.

A VE szabványokat igényel, amelyek képesek a termékre vonatkozó összes információt továbbítani. Az IGES és VDA-FS nem megfelelőek, még a legújabb szabvány, a STEP (ISO 10303) is csak részben alkalmas erre a célra.

A termékmodellel szemben támasztott követelmények VE-környezetben:

- Minden ágens szabadon használhatja saját belső termékrepresentációs formátumát, beleértve a tudás-reprezentációt is.
- A VE-környezetnek rugalmas szoftver-eszközöket kell tartalmaznia a termékadatok és a tudásbázis cseréjére, módosítására.
- Az egyes ágensek számára meg kell engedni, hogy szabadon megválasszthassák a termékadatok és a tudásbázis cseréjének formátumát.
- Az egyes ágensek számára a termékadat-csere formátumának újrakonfigurálása is megengedett kell, hogy legyen.

A konstrukciós tervezés és a technológiai folyamatok tervezése területén már vannak jól használható részeredmények, amelyek támogatják a termékadat-cserét VE-környezetben. Ez a módszertan az *alaksajátosságokra* épül (*feature-based technology*).

5.4. Az integrált tervező és irányító rendszerek főbb fejlődési trendjei

- A tömeggyártás és a sorozatgyártás mellett előtérbe kerül az *egyedi gyártás* (one-of-a-kind production) iránti igény;
- folytatódik az *integrálódás* a számítógéppel integrált gyártáson (CIM-en) belül (pl. diszkrét folyamatok tervezésének és ütemezésének átlapolódása, feature-alapú megmunkálásra képes vezérlők);
- az *időfaktor* jelentősége tovább nő (konkurens mérnöki tevékenységek, gyors és virtuális prototípus készítés, szimuláció);
- a *minőség* az eladhatóság elengedhetetlen tényezője lesz (felügyelet, diagnosztika, nagypontosságú megmunkálás, minőségmenedzsment);
- a *gazdasági és műszaki döntések* az eddigieknél kevésbé válnak szét (business process re-engineering, vállalatintegráció, menedzsment támogató rendszerek);
- kulcsfontosságú lesz a "*fenntartható fejlődés*" (sustainable development), vagyis az erőforrások tudatosan takarékos felhasználása (a termékkövetés teljes élettartamon át, újrahasznosítás - life-cycle engineering, recycling);

- az "embernélküli gyár" (unmanned factory) korábbi víziója helyett fokozottan visszatér az *emberi tényező* szerepe (oktatás, új szervezeti formák);
- előtérbe kerül a *tudásintenzív* módszerek, technikák felhasználása (intelligens gyártási folyamatok és rendszerek).

A trendek átlapoltan és súlyozottan jelennek meg az *intelligens gyártórendszerek* (Intelligent Manufacturing Systems, IMSs) paradigmában.

* * *

Napjaink gyártórendszerei

- gyorsan változó, bizonytalansággal terhelt környezetben működnek;
- növekvő komplexitásúak.

A hagyományos CIM-rendszerek kritikája: erősen hierarchikus felépítés, nagy befektetés miatt hosszú kifutási idejű, merev struktúra → csekély adaptációs készség változó környezethez, zavarok kiküszöböléséhez.

Komplexitás, változások, zavarok kezelése gyártási struktúrákban (5.2. ábra):

- (1) Reaktív/proaktív rendszerek
- (2) Elosztott rendszerek.

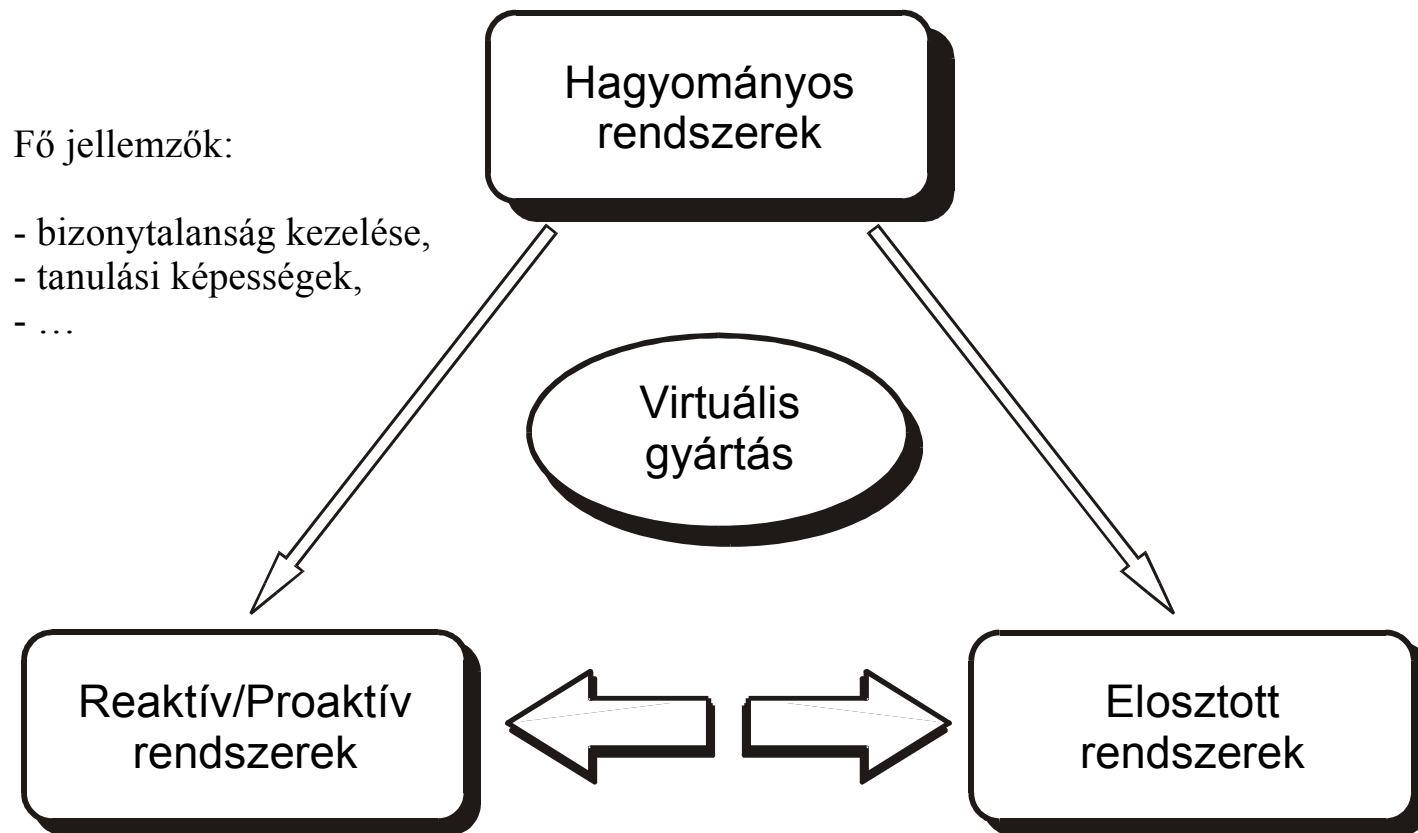
ad(1): ***Reaktív/proaktív rendszerek***

A hagyományos, predikciós modellekkel szemben a végrehajtás felügyelete és a zavarok diagnosztikája kerül előtérbe (5.3. ábra).

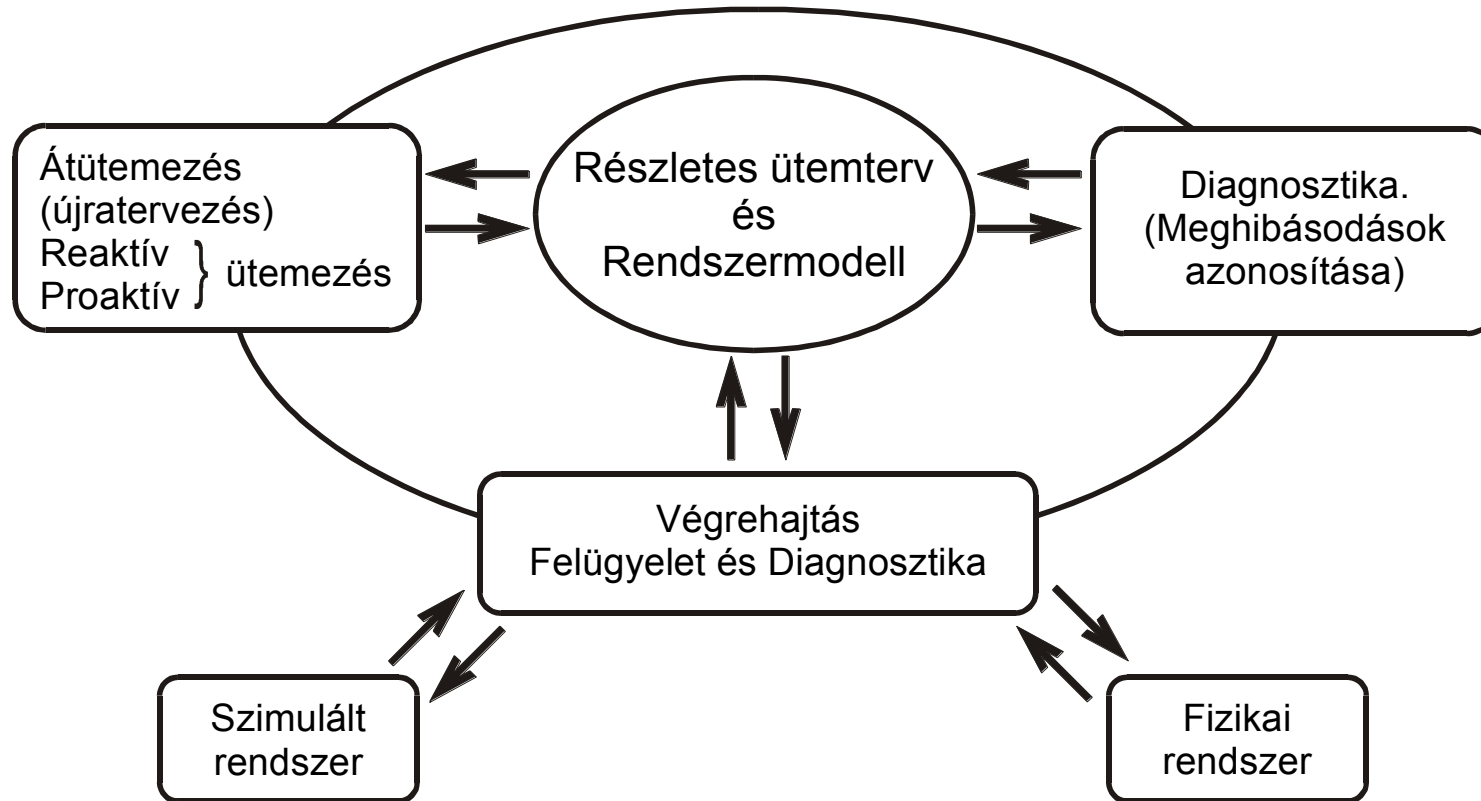
ad(2): ***Elosztott (ágens alapú) struktúrák***

A két legjellegzetesebb struktúra:

- Holonikus gyártás
- Fraktál vállalat.



5.2. ábra: Irányzatok a változások és zavarok kezelésére



5.3. ábra: Valós idejű vezérlési struktúra reaktív/proaktív beavatkozási lehetőséggel

5.4.1. Holonikus gyártás

Történeti háttér:

- *Herbert Simon* Nobel-díjas közgazdász hasonlata a két svájci órás mesterről, *Tempus*-ról és *Horus*-ról.

Tempus → alapelemek

Horus → részegységek ⇒ nagyobb siker (véletlen rontások könnyebb kiküszöbölése)

- *Arthur Koestler*: "The Ghost in the machine" (1967)

holosz (egész) & *on* (rész, pl. neutron, proton stb.) ⇒ *holon*.

Következtetés: stabil közbenső részrendszerekből gyorsabban és könnyebben alakulhatnak ki nagy, komplex struktúrák, mint alap-építőelemekből.

A holonok legfőbb tulajdonságai:

- autonómia
- kooperáció.

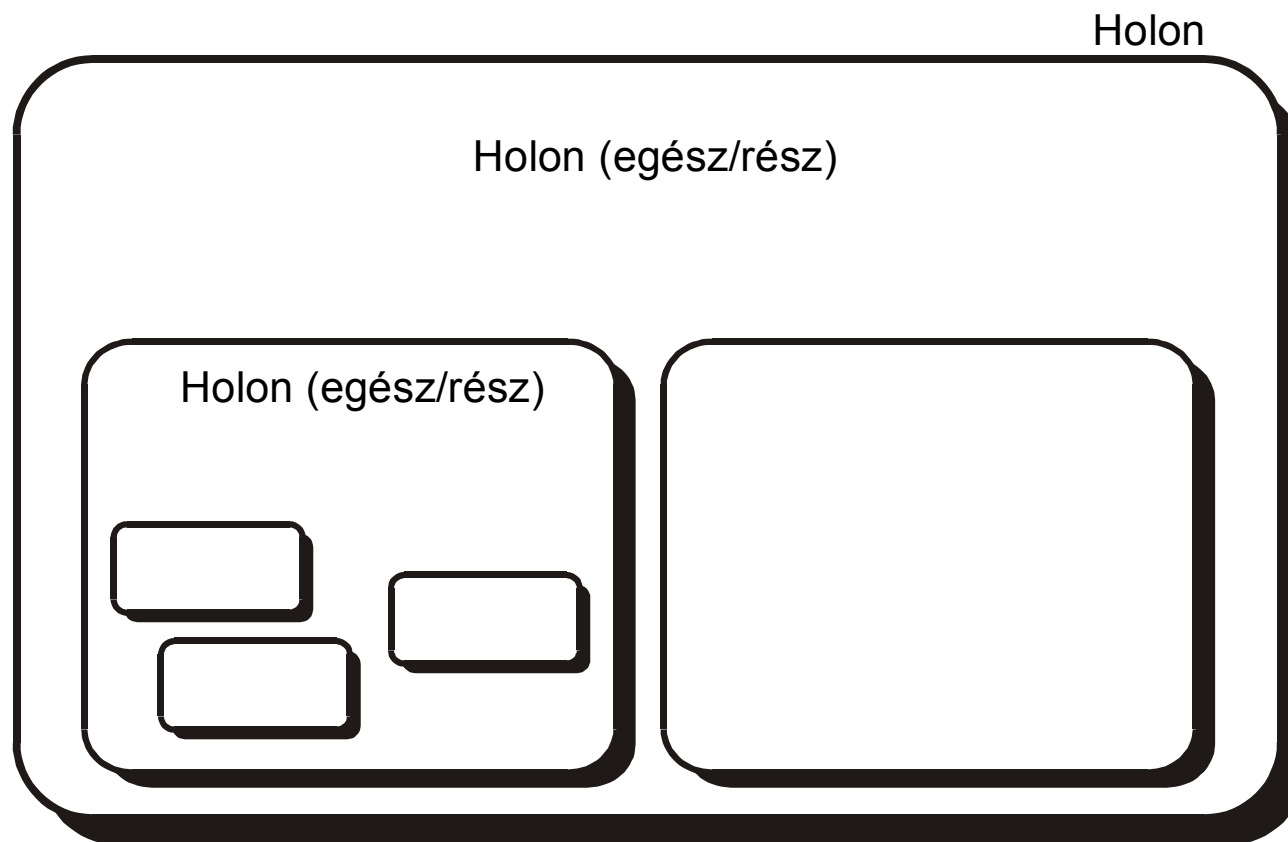
A holonok egymásba ágyazhatók (5.4. ábra). A holonokat az általuk végzett funkciók, feladatok alapján különítjük el. Autonómiájuknál fogva a holonok önálló feladatmegoldásra törekednek, de ha nem képesek a feladatot önállóan megoldani, akkor kapcsolatba lépnek más egységekkel és közös csoportba tömörülve oldják meg a problémát.

A holonikus csoportokban ideiglenes hierarchia is kialakulhat, ha egy holon feladatra orientált csoportot szervez maga köré és azt irányítja a feladat teljesítéséig.

A kialakult szervezet tehát nem statikus, különböző feladatokra más-más csoportosulások jönnek létre; a feladat teljesítése után a csoport felbomlik.

A rendszerben található holonok viselkedését kötött szabályok és *rugalmas stratégiák* irányítják.

A **kötött szabályok** a rendszer konfigurációjára, az elemek közötti kapcsolatteremtésre, a kommunikációra vonatkoznak. A különböző **stratégiák** az autonóm holonok működésének lehetséges változatait határozzák meg.



5.4. ábra: Holonikus rendszer felépítése

A részegységek egymásba ágyazott időleges strukturális hierarchiáját Koestler *holarchiának* nevezte el (5.5. ábra).

Adaptáció holonikus gyártórendszerekre (1992, IMS, japán kezdeményezés)

- *Holon:* Autonóm és kooperatív egység a gyártórendszerben, amely átalakít, szállít, raktároz fizikai objektumokat és/vagy információt dolgoz fel. A holonok általában egy információ-feldolgozó és egy fizikai feldolgozó egységgel rendelkeznek. Adott holon egy másik része lehet.
- *Autonómia:* Egy adott egységnek azon tulajdonsága, amelynek segítségével önmaga által létrehozott terveket és stratégiákat alkalmaz, illetve végrehajt.
- *Együttműködés:* Az a folyamat, amelynek során a holonok egy halmaza kölcsönösen elfogadható tervet dolgoz ki és végrehajtja azt.

- *Holarchia:* Együtműködésre képes holonok rendszere, amely adott cél elérése érdekében működik. A holarchia meghatározza a kooperáció alapvető szabályait, így korlátozza a holonok autonómiáját.

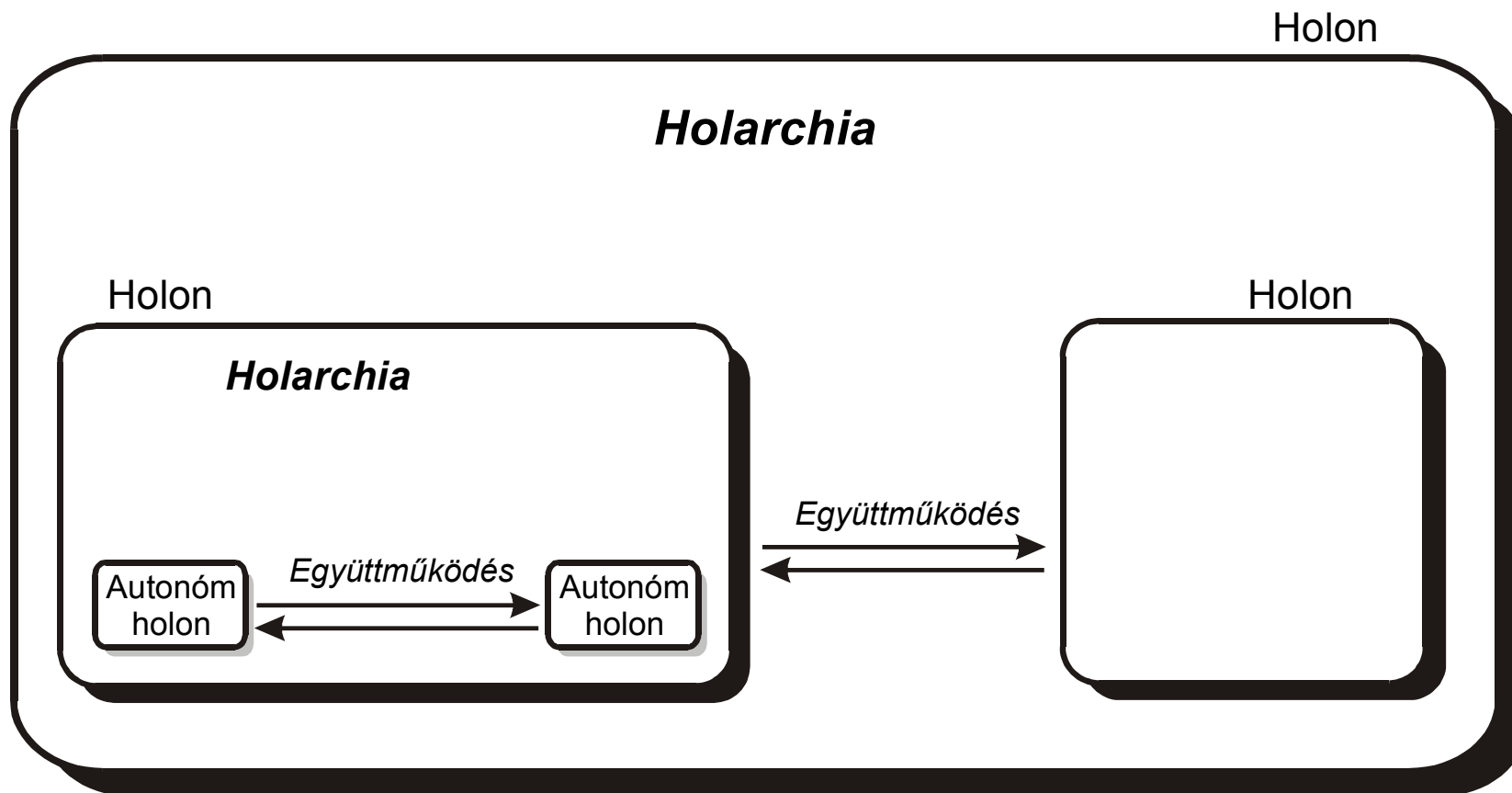
- *Holonikus gyártórendszer:* Olyan holarchia, amely összefogja a termelési folyamat minden fázisát a megrendeléstől a tervezésen, a konkrét gyártáson, összeszerelésen keresztül a marketing tevékenységig.

- *A holonok legfontosabb tulajdonságai:* autonómia és együtműködés (v.ö.: 5.6. ábra).

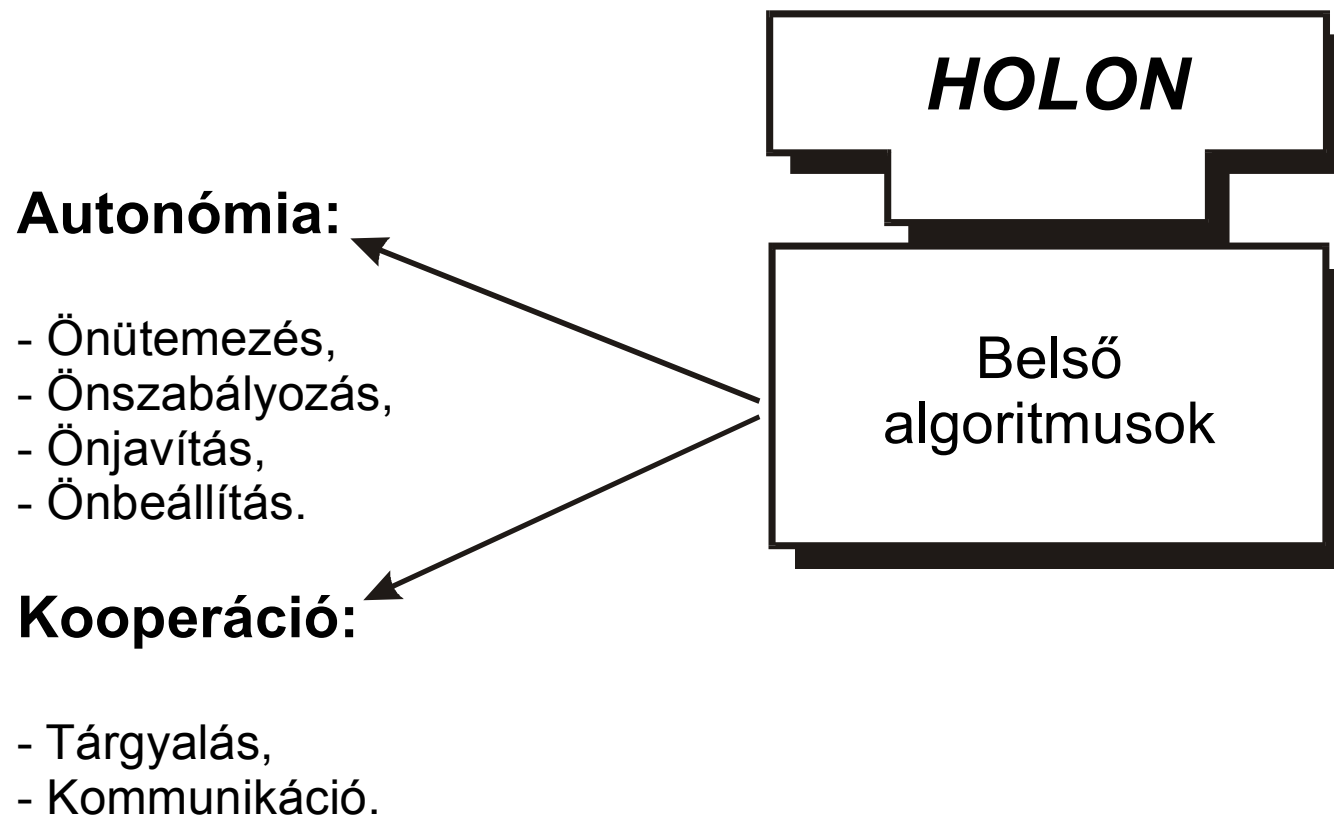
Mivel az ember autonóm és együtműködésre képes, a holonikus gyártórendszerekbe könnyen illeszkedik (5.7. ábra).

Egy holonikus gyártórendszer célszerű struktúrája látható a 5.8. ábrán.

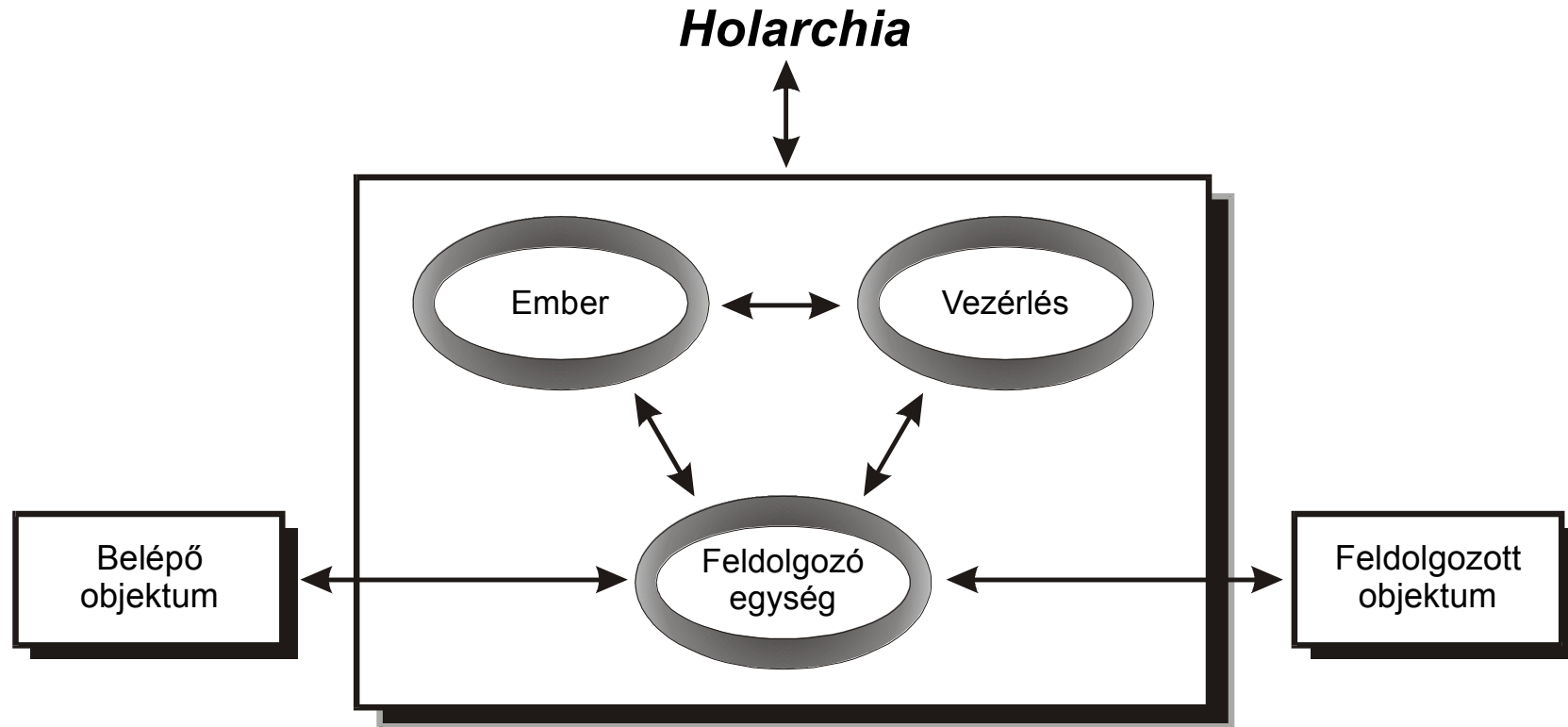
A holonikus rendszerek kutatása nagyon ígéretes, de sok még a megválaszolatlan kérdés.



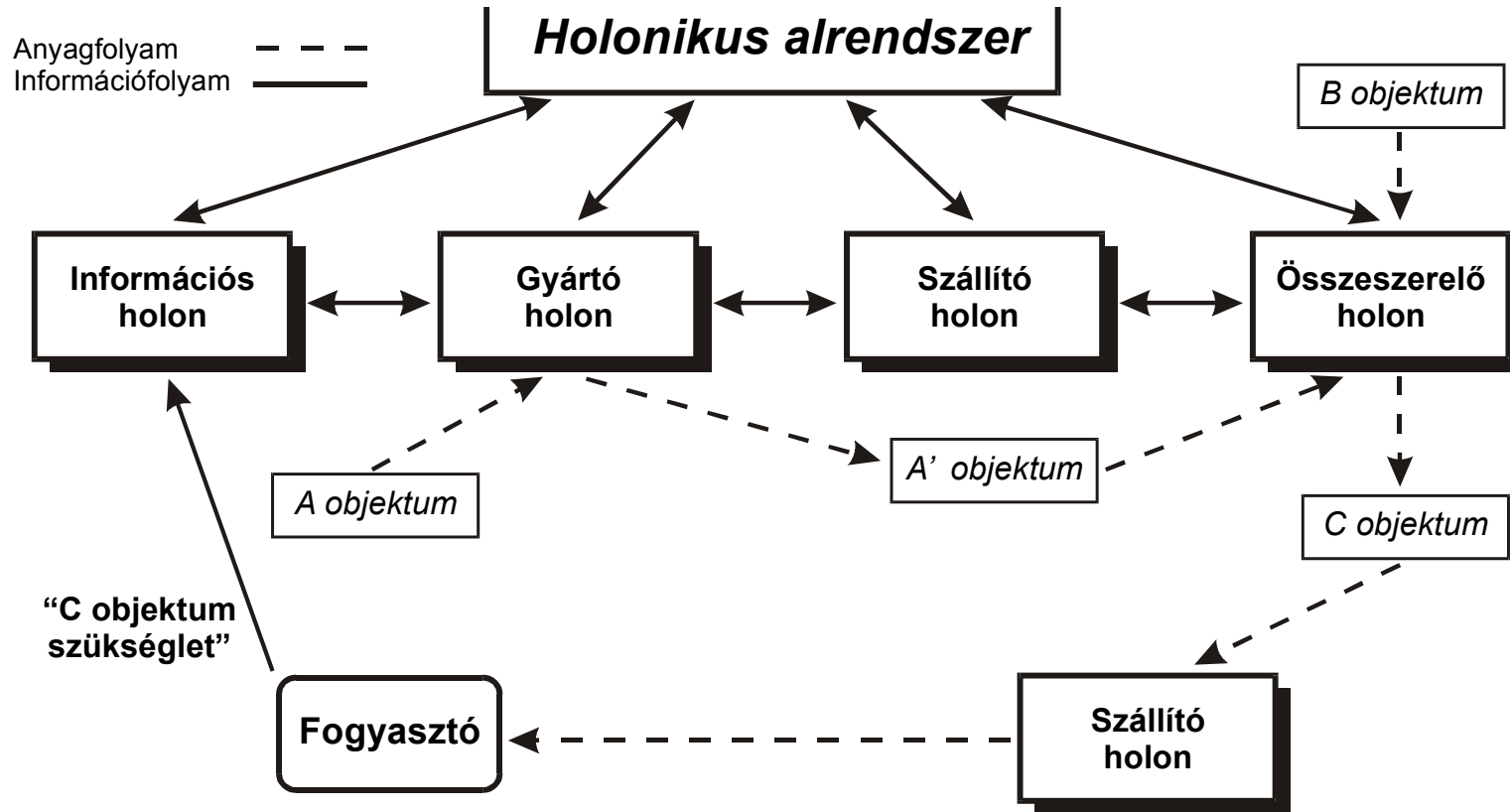
5.5. ábra: Holarchia és kooperáció



5.6. ábra: A holonok két legfontosabb tulajdonsága



5.7. ábra: Embertől függő holon



5.8. ábra: Holonikus gyártórendszer struktúrája

Ilyenek:

- Miként biztosítható az autonóm egységek csoportba tömörülése és a csoporton belül olyan feladatok elvégzése, amelyhez több résztvevő szükséges?
- Hogyan vehetők rá a holonok a kooperációra?
- Vannak-e garanciák arra, hogy a holonok elvégzik ezeket a feladatokat?
- Kiszámítható-e egy ilyen rendszer működése?

Lehetséges megoldás: büntetés/jutalom rendszer a résztvevőknek; piaci törvényszerűségek alkalmazása.

Valós körülmények: szenzorjelek feldolgozása, bizonytalanság kezelése, tanulás
⇒ neurális hálók, fuzzy technikák, hibrid AI-rendszerek.

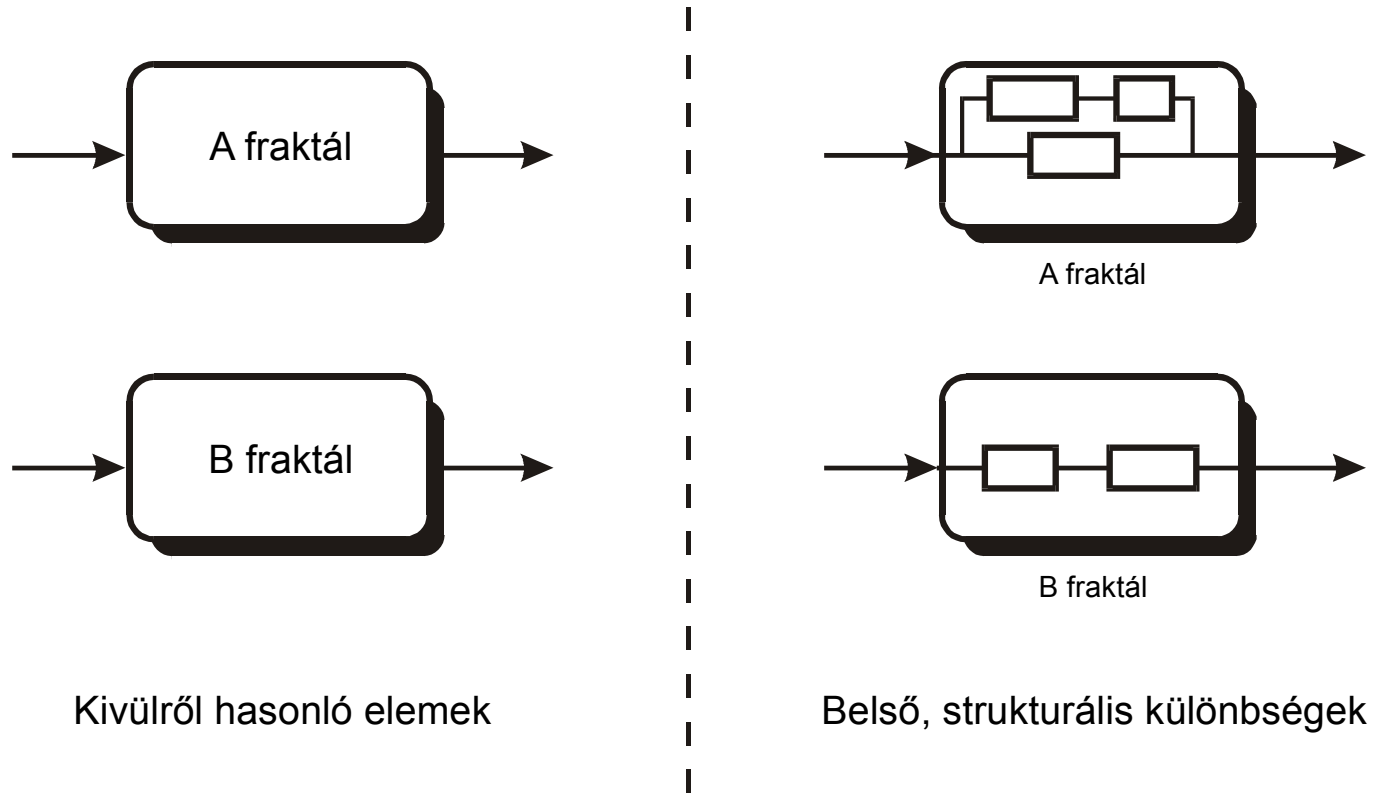
5.4.2. Fraktál vállalat

Német kezdeményezés (1993, H.J. *Warnecke*)

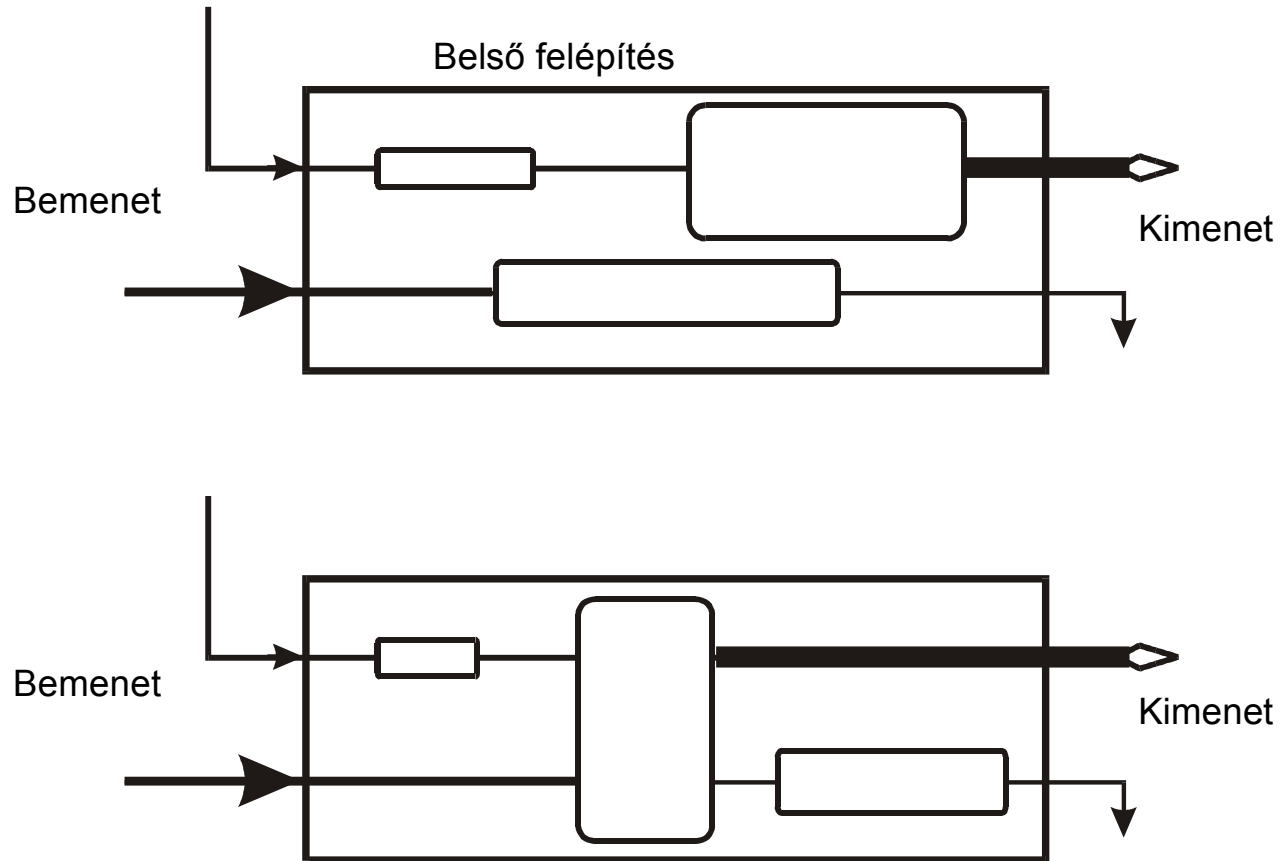
(Alapmű: "The Fractal Company, a revolution in corporate culture." Springer-Verlag, 1993).

A koncepció bevezetésének célja: egy olyan szervezeti struktúra bemutatása, amely alkalmas a nyugat-európai nagyvállalatok szerkezetének átalakítására a rendkívül változó környezethez való alkalmazkodás végett.

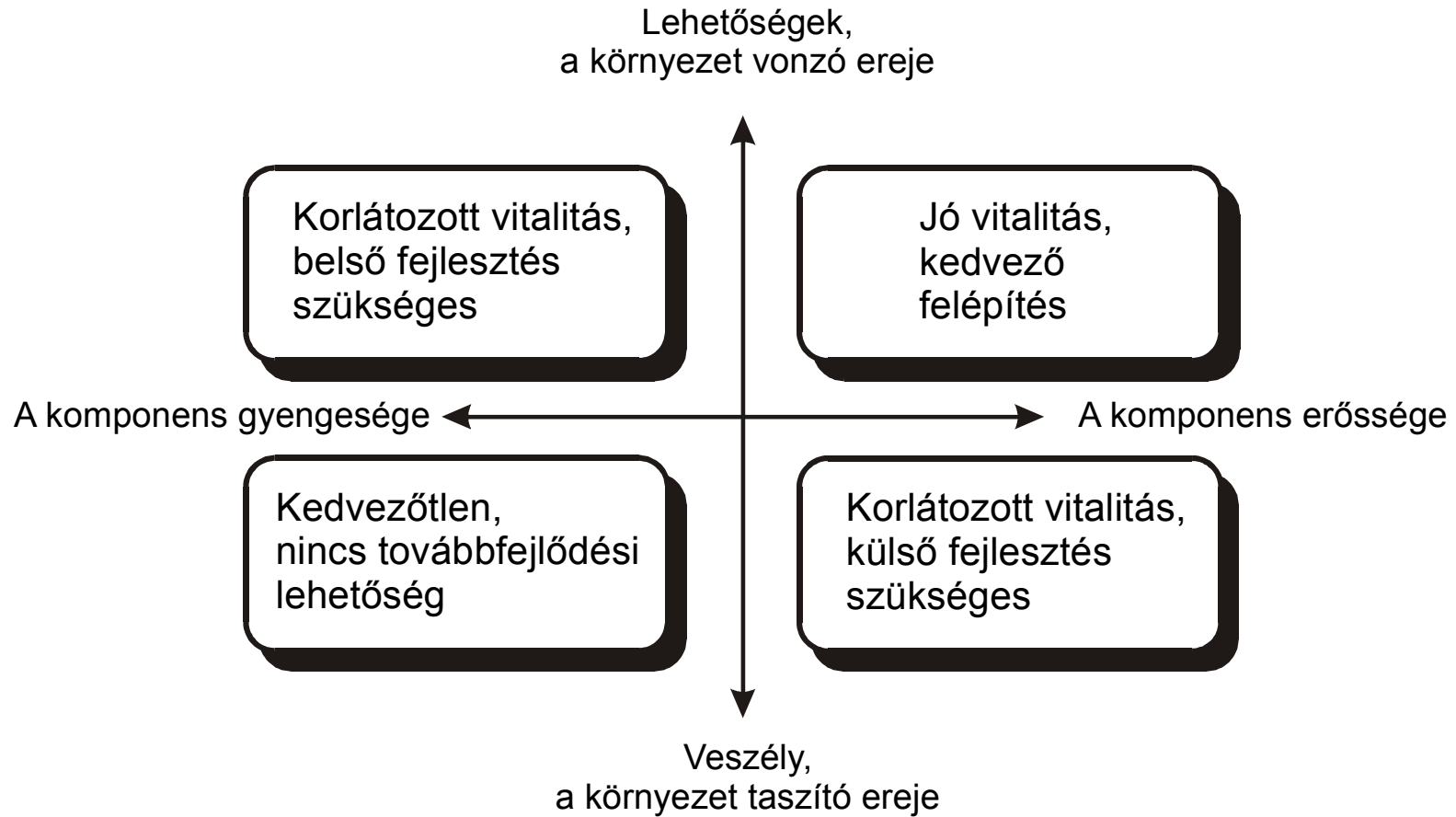
A fraktál vállalat a nevét a fraktál geometriából kapta. A fraktál vállalat néhány jellemzőjét az 5.9., 5.10., 5.11., 5.12., 5.13. és 5.14. ábrák szemléltik.)



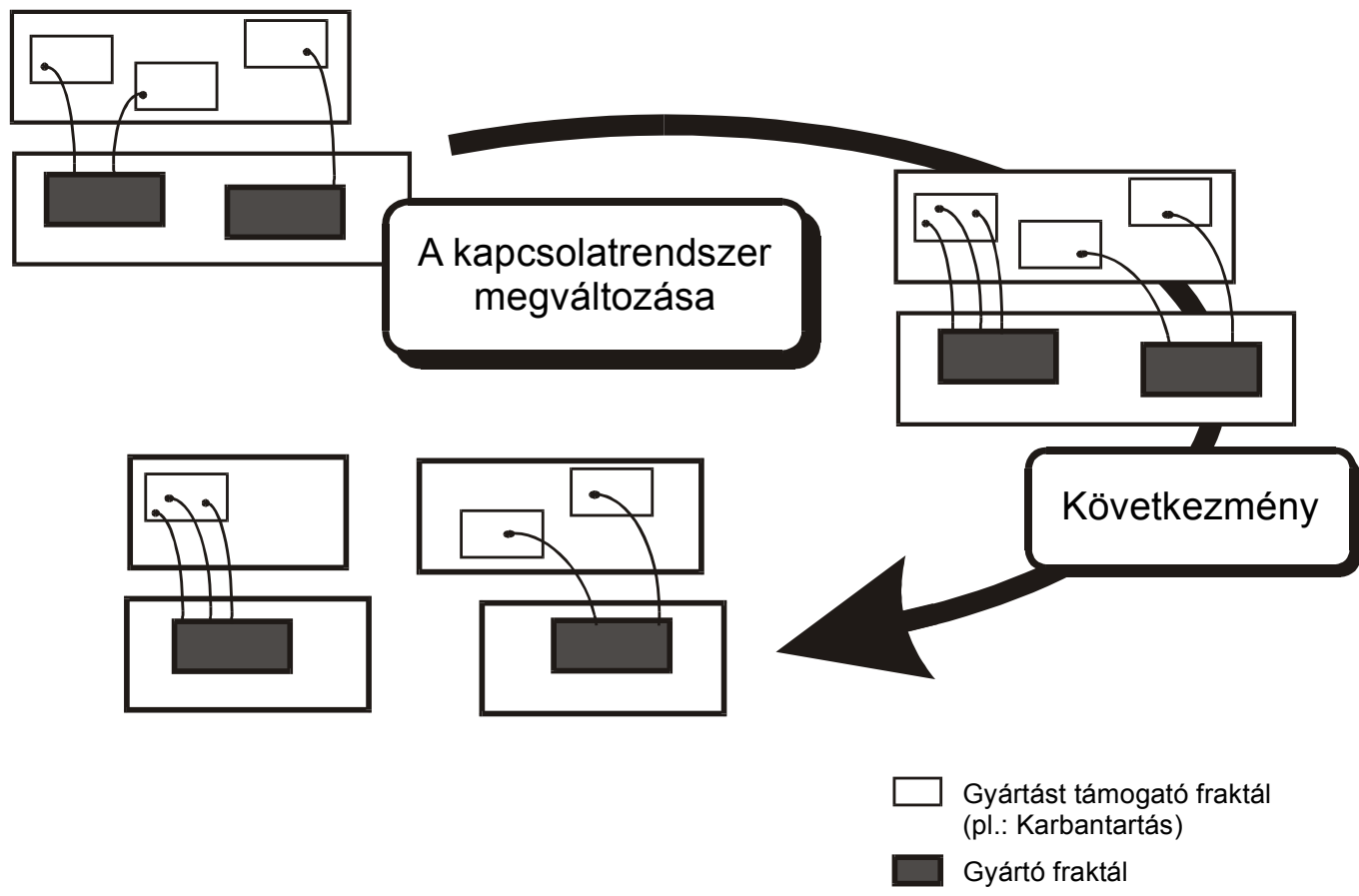
5.9. ábra: Hasonlóság és különbség a fraktálok között



5.10. ábra: Hasonló feladatot ellátó fraktálok belső felépítése különbözhet



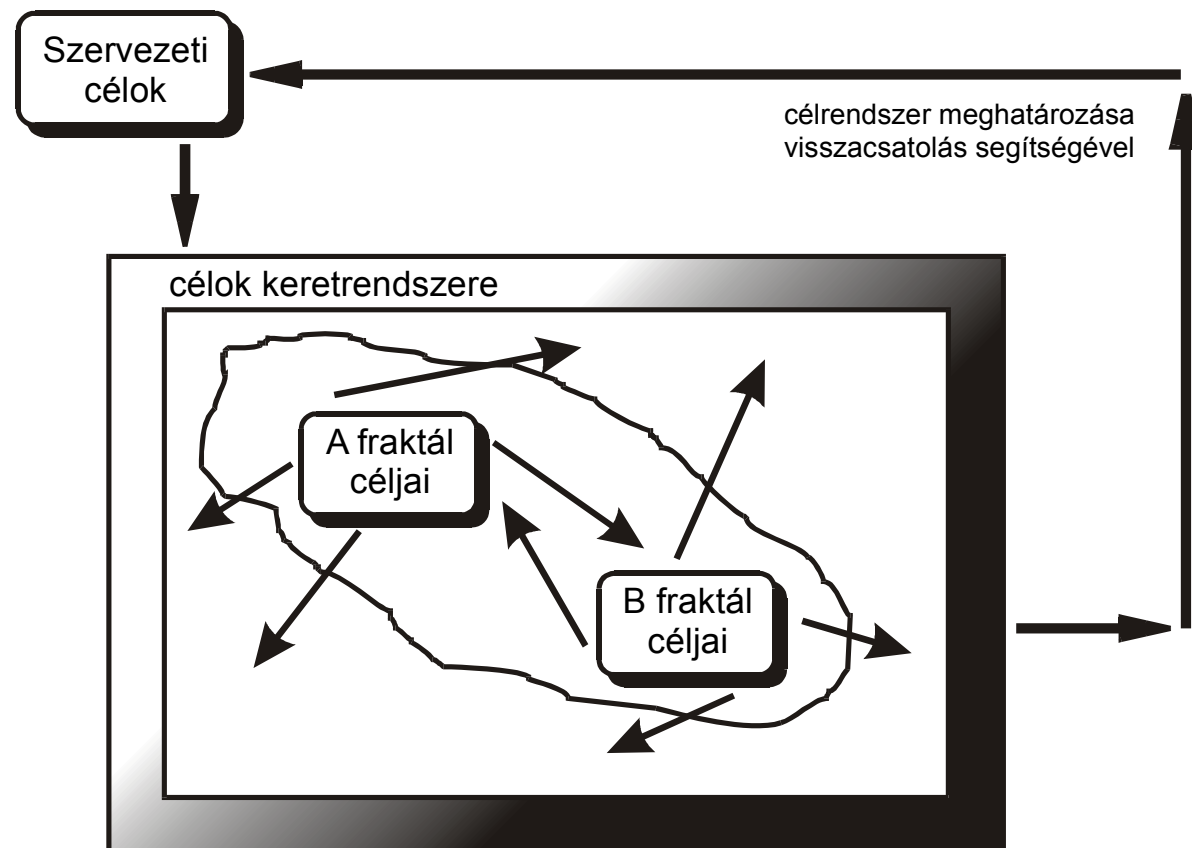
5.11. ábra: Vitalitás portfólió fraktálok esetén



5.12. ábra: Gyártási környezet dinamikus újrastrukturálása



5.13. ábra: Statikus szegmensek és fraktálok kialakítása közötti különbség



5.14. ábra: Célrendszer kialakítása

Definíciók:

- *Fraktál:* önállóan cselekvő szervezeti egység, amelynek céljai és teljesítménye pontosan meghatározhatók.
- *Hasonlóság:* a fraktálok egymáshoz hasonlóak, mert mindegyik valamilyen szolgáltatást végez, céljaik vannak és ezeket hasonló folyamatok során alakítják ki.
- *Önszerveződés:* operatív, taktikai és stratégiai szinten. Az operatív szint konkrét feladatokhoz, a taktikai szint és stratégiai szint hosszabb távú, iteratív folyamatokhoz tartozik (folyamatos egyeztetés).
- *Célrendszer:* ellentmondásmentes származtatás a komponens fraktálok egyéni céljaiból.