

Foglalkoztatáspolitikai és Munkaügyi Minisztérium
Humánerőforrás-fejlesztés Operatív Program

Tóth Tibor – Hornyák Olivér – Nehéz Károly – Buza Ákos

A számítógépes termeléstervezés és termelésirányítás alapjai

Szakmérnöki jegyzet

Magyarország célba ér



Készült

„A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése”

*CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok
projekt keretében*

Miskolci Egyetem



**Miskolc
2006.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés. a termelés-informatika fogalomköre és hatásterületei	7
2. A termelés tervezése és irányítása.....	11
2.1. A termelésirányítás tágabb és szűkebb értelmezése.....	11
2.2. A termelésirányítás elméleti háttere.....	12
2.3. A termelésirányítási rendszer funkciója	22
2.4. A termelésirányítási rendszer struktúrája	22
2.4.2. <i>Időbeli ciklusok struktúrája</i>	24
2.4.3. <i>Hierarchikus struktúra</i>	25
2.4.4. <i>Adatbázis-struktúra</i>	25
2.5. A számítógépes termelésirányítási rendszerek kialakulása és első változatai	29
3. Rugalmas gyártórendszerek termelésirányítása	36
3.1. A rugalmas gyártórendszerek osztályozása fizikai	37
3.2. Rugalmas gyártórendszerek termelésirányításának alapesetei, követelményei	38
3.3. Off-line irányítási környezetű FMS-ek termelésprogramozási rendszere.....	42
3.4. A termelésprogramozási rendszer működése on-line üzemmód esetén.....	45
4. A termelésirányítás optimalizálási problémái	47
4.1. A termelés-tervezés és -irányítás feladata	47
4.2. A termelésirányítás célja, az optimális irányítás fogalma.....	47
4.3. A termelésirányítás hierarchikus szintjei	48
4.4. Vezetési struktúra	48
4.5. Modellezés	48
4.6. A számítógép és az ember viszonya.....	49
4.7. Termelés-tervezés	49
4.8. Termelés-ütemezés	50
4.9. Termelésprogramozás	50
4.10. Nagyméretű optimalizálási feladatok megoldása	51
4.11. Termelésirányítási rendszerek ipari bevezetése	52
4.12. Gépipari gyártásformák, irányítási feladatok.....	52
4.12.2. <i>A gyártásformákat jellemző tényezők</i>	53
4.12.3. <i>Néhány gyakran előforduló gyártásforma</i>	54
4.13. Integrált gyártórendszerek termelésirányítása (IGYR)	56
4.14. Matematikai modellek a termelésirányításban.....	57
4.14.1. <i>Lineáris programozás</i>	57
4.14.2. <i>Diszkrét programozási problémák</i>	58
4.14.3. <i>Ütemezési problémák és megoldási lehetőségeik</i>	62
5. Gyártórendszerek irányítása	68
5.1. Gyártásirányítási rendszerek struktúrája	69
5.2. Gyártórendszerek informatikája	71
5.2.1. Gyártórendszer vagy gyártóműhely vezérlők	72
5.2.2. Megmunkálórendszer (cella) vezérlők	73
5.2.3. Munkahely (gép) vezérlők	74
5.2.4. Folyamatvezérlők	75
5.2.5. Tipikus számítástechnikai platformok	75
5.3. A MES rendszerek	76
5.4. A MES funkcionális modellje	77
5.4.1. Erőforrás allokáció és menedzselés, nyomon követés	77
5.4.2. Műveletek ütemezése/finomprogramozása	78

5.4.3.	Gyártási egységek feladatirányítása.....	78
5.4.4.	Specifikáció menedzsment.....	78
5.4.5.	Adatgyűjtés, adatszerzés.....	78
5.4.6.	Munkahely-, munkaerő menedzsment.....	78
5.4.7.	Minőségmenedzsment.....	79
5.4.8.	Folyamat menedzsment.....	79
5.4.9.	Karbantartás menedzsment.....	79
5.4.10.	Termék nyomkövetés és leszármaztatás.....	79
5.4.11.	Teljesítmény-analízis.....	79
5.4.12.	Anyag-, és eszköz menedzsment.....	80
5.5.	MES központi funkciói.....	80
5.5.1.	Interfész a technológiai tervező rendszerekhez (Planning system interface)	80
5.5.2.	Gyártási megrendelések kezelése (Work Order Mangement).....	81
5.5.3.	Munkaállomások kezelése (Workstation Management).....	82
5.5.4.	Készletnyilvántartás.....	84
5.5.5.	Adatgyűjtés (Data Colection).....	85
5.5.6.	Kivételkezelés.....	85
5.6.	A MES kiegészítő funkciói.....	86
5.6.1.	Karbantartás menedzsment.....	86
5.6.2.	Munkaidő nyilvántartás és jelenléti ívek kezelése.....	87
5.6.3.	Statistical Process Control.....	87
5.6.4.	Minőségbiztosítási funkciók.....	88
5.6.5.	Folyamat adatainak/teljesítményének vizsgálata.....	88
5.6.6.	Dokumentáció/termékadatok kezelése.....	88
5.6.7.	Termék nyomkövetés funkciója.....	91
5.6.8.	Beszállítói menedzsment funkciók.....	91
5.7.	MES interfészek.....	91
5.7.1.	A MES-től a külső alkalmazások felé.....	91
5.7.2.	A külső rendszerektől a MES felé.....	92
5.7.3.	MES adatok particionálása.....	92
6.	Számítógépes hálózatok a termelésben.....	95
6.1.	Történeti áttekintés.....	95
6.2.	Hálózatok csoportosítása.....	95
6.3.	Számítógépes hálózatok topológiája.....	96
6.4.	LAN hozzáférési módok.....	97
6.4.1.	Ethernet.....	97
6.4.2.	Token Bus és Token Ring.....	98
6.4.3.	ISDN.....	99
6.5.	Az ISO OSI referencia modell.....	100
6.5.1.	Fizikai réteg.....	100
6.5.2.	Adatkapcsolati réteg.....	100
6.5.3.	Hálózati réteg.....	100
6.5.4.	Szállítási réteg.....	101
6.5.5.	Viszonyréteg.....	101
6.5.6.	Megjelenítési réteg.....	101
6.5.7.	Alkalmazási réteg.....	101
6.6.	Manufacturing Automation Protocol (MAP).....	102
6.7.	Kommunikációs szolgáltatások.....	102
6.7.1.	Az RFC-k (Request for Comments).....	102

6.7.2.	A korai protokollok	103
6.7.3.	Az Internet és a World Wide Web	104
6.7.4.	A Java, mint a WWW programozási nyelve	106
6.7.5.	Web-szolgáltatások	107
7.	Optimális raktározási politika	108
7.1.	Bevezetés	108
7.2.	Készletgazdálkodás menedzsment	109
7.3.	A készletgazdálkodási modellek és költségek csoportosítása	112
7.4.	Determinisztikus készletgazdálkodási modellek	114
7.5.	Sztochasztikus modellekről általában	114
7.6.	Szállítók által vezérelt készletek (Vendor Managed Inventory)	115
7.7.	A készletgazdálkodási problémák történeti áttekintése	115
7.8.	A klasszikus újságáros modell	117
7.9.	Az újságáros modell alkalmazása az igény szerinti tömeggyártásban	121
7.9.1.	Analitikus megközelítés	121
7.9.2.	A célfüggvények összetevői	123
7.9.3.	Az optimális és kritikus raktárkészlet meghatározása	124
7.9.4.	Mintafeladat	126
7.9.5.	Szimulációs módszer a politika ellenőrzésére	127
7.9.6.	A beszállítói költségfüggvény paramétereinek szimulációs vizsgálata ...	129
7.10.	A raktározási probléma kiterjesztése több hét együttes gyártására	132
7.11.	A beszállítói probléma vizsgálata a korlátozás programozás módszerével	133
7.12.	A készletgazdálkodási probléma megoldása genetikus algoritmus segítségével	137
7.12.1.	A genetikus algoritmus rövid áttekintése	137
7.12.2.	Az algoritmus	137
7.12.3.	Kereszteződés és öröklődés	138
7.12.4.	Mutáció	139
7.13.	Az újságáros modell kiterjesztése két hét együttes lefedésére	140
7.14.	Mintafeladat	142
8.	Függelék: Az Infor:COM vállalatirányítási rendszer bemutatása	143
8.1.	Előszó	143
8.2.	Bevezetés	143
8.3.	Alapfogalmak	144
8.3.1.	Törzsadatok	144
8.3.2.	Rendelések	145
8.3.3.	Értékesítés	146
8.4.	Készletgazdálkodás	146
8.5.	Költségekalkuláció	147
8.6.	Termelésütemezés	147
8.7.	Gyártáskövetés	148
8.8.	Vezetői Információk	148
8.9.	Felületelemek	149
8.10.	Példafeladat	150
8.11.	Példafeladat megoldása	151
8.12.	Vevő felvétele	152
8.13.	Szállító felvétele	152
8.14.	Munkahelyek felvétele	152
8.15.	Raktárhelyek felvétele	154
8.16.	Cikkek felvitele	154
8.17.	Forrásjegyzék felépítése	156

8.18. Vevői rendelés elkészítése	158
8.19. Durvatervezett rendelés létrehozása	159
8.20. Beszerzési rendelési javaslat létrehozása	161
8.21. Beszerzési rendelés létrehozása	162
8.22. Árufogadás	163
8.23. Finomtervezett rendelések létrehozása, gyártásba adása, gyártás visszajelentése	164
8.24. Szállítólevél és számla kiállítása	167
Felhasznált irodalom	169

1. Bevezetés. a termelés-informatika fogalomköre és hatásterületei

A globális versenyképesség megőrzése napjainkban arra ösztönzi a cégeket, hogy a profit növelését, az önköltség csökkentését, a gyors rendelés-kielégítés iránti igények teljesítését és a minőség javítását átfogó és integrált vállalati stratégia részévé tegyék. Ebben a folyamatban jelentős támogató szerepet játszik a „termelésinformatika” egyre szélesebb körű alkalmazása és a CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) paradigma továbbfejlesztése, az EAI (*Enterprise Application Integration*) és a SOA (*Service Oriented Architecture*) technika alkalmazása. A számítógépes alkalmazások integrációja tágabb értelemben olyan információtechnológiai (IT) koncepció, módszer és eszköz, amely a termelés tervezését és irányítását hálózati erőforrás megosztással, közös adatbázissal és kommunikációs szolgáltatásokkal támogatja.

A Miskolci Egyetem Alkalmazott Informatikai Tanszéke hosszú ideje végez oktatási és kutatási tevékenységet a „termelésinformatika”, közelebbről a számítógépes technológiai tervezés (*Computer Aided Process Planning, CAPP*), a számítógépes termelés-tervezés és ütemezés (*Production Planning and Scheduling, PPS*), valamint a számítógépes gyártás (*Computer Aided Manufacturing, CAM*) és ezek integrálása (Termelési hálózatok, *Production Networks*) területén. A „termelésinformatika” fogalom – amely gyűjtőnévként az elmúlt évtizedben alakult ki – magyarázatra szorul. Mielőtt ezt megtennénk, célszerűnek látszik magának a *termelésnek* a fogalmát meghatározni.

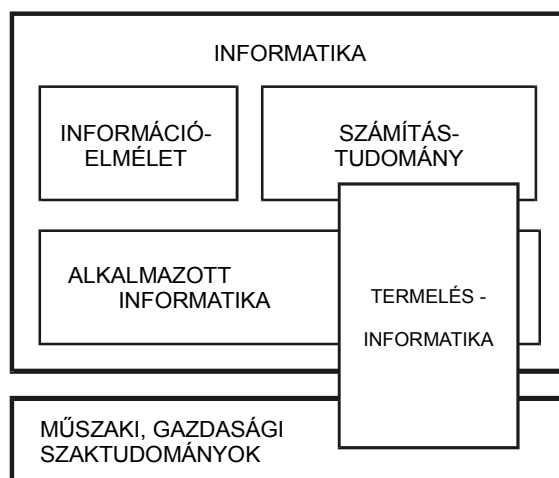
A *termelés* fogalma tartalmi specifikumok nélkül, a legáltalánosabban a következőképpen határozható meg: *fogyasztási javak tervszerű és sokszorozott előállítás a tudomány, a technika és a technológia mindenkori eszközei, valamint a társadalmi, gazdasági és politikai környezet által behatárolt feltételek között.* A termelés hatékonyságát meghatározó szervezési alapelvek (ún. *paradigmák*) az elmúlt másfél évszázadban rendkívül nagy változáson mentek keresztül. E változások hátterében a tudomány teljesítményének exponenciális növekedése áll az első helyen. Ismert statisztikai adatok szerint a mai ismert tudományos eredmények 99,9 %-a az utolsó száz évben jött létre és a valaha élt összes tudós 80 %-a ma dolgozik. A tágabb értelemben vett technológia, vagyis az új tudományos eredményeknek a gyakorlatba való módszeres és igény szerinti mennyiségű átültetése, reprodukciója és megismétlése jelenti a tudományos eredmények és az iparszerű alkalmazás között a mindenkori hidat, a transzformáció lehetőségét és gyakorlatát. A tudományos eredmények egy jelentős része pedig azokban a technikai eszközökben realizálódik, amelyeket működtetve a termelés folyamata a technológia specifikumai szerint végrehajtható.

Az *informatika* önálló tudományterületként való megjelenése csak néhány évtizedes múltat tekinthet vissza és sok tekintetben még ma is vitatott tartalmú fogalom*. Nem is olyan régen informatika alatt még csak a könyvtári technológia korszerű elméletét és technikáját értették. Az informatika tudományterülete ma mindent egybefoglal, ami az információ elméletével, a számítástudománnyal, az információ megszerzésének, tárolásának, feldolgozásának és továbbításának technológiájával kapcsolatba hozható. Véleményünk szerint az informatika integráló tudomány, amelynek eredményeit szinte minden más tudományterület használja. Jelentősége, hatása, tartalmi gazdagsága, technikai eszköztára gyorsan növekszik. Az informatika két alappillére az *információelmélet* és a *számítástudomány* (számítástechnika), de mai gazdagságát az alapokra épített alkalmazások hatalmas köre adja. Ezek az alkalmazások mind interdiszciplináris tématerületek, amelyeken a

* Az *informatika* elnevezést – szakirodalmi források szerint – először a Francia Akadémia 1966 áprilisában ajánlotta (*General Report on the IFIP Conference on Computer Education, 1970.*, p.212.)

tématerület specifikus rendszereinek és folyamatainak törvényszerűségei együtt jelennek meg az *alkalmazott informatika* törvényeivel, módszereivel és eszközeivel.

Napjainkban a világgazdaság minden pénzügyi, kereskedelmi, tőzsdei, üzleti folyamata a termelési folyamatok alapjaira épül. A termelési, különösen az ipari termelési folyamatok technológiája rendkívül gyorsan fejlődik. Az iparilag fejlett országok gazdaságának az I. világháború után a tömegtermelés megjelenése adott nagy lendületet. A II. világháború után az egyik legnagyobb jelentőségű változást az anyag- és adatfeldolgozás integrációja, a CAXx technikák térhódítása, a rugalmas gyártórendszerek elterjedése hozta. Ez természetesen lehetetlen lett volna az informatikai alkalmazások széles körének fejlesztése és használata nélkül. Kialakult és fejlődik az a sajátos interdiszciplináris tudományterület, amely a „termelésinformatika” nevet kapta. A „termelésinformatika” – szűkebben értelmezve – az ipari folyamatok tervezésére (analízisére és szintézisére), szervezésére és irányítására alkalmazható informatikai módszerek, eljárások és eszközök tudományterülete.



1.1. ábra A termelésinformatika környezete a tudományok rendszerében

A témakör egyszerre összetett és szerteágazó. Egyfelől a termelési rendszerek és folyamatok specifikus tulajdonságai bizonyos mértékig eltérő információs technológiát igényelnek, másfelől a termelési rendszerek gazdag funkcionális alrendszer-készlete igényel más-más informatikai alkalmazást. A legújabb információs technológiák (web-alapú technológia, osztott rendszerek, objektum-orientált (OO) adatbázis-kezelés, mesterséges intelligencia módszerek, stb.) elterjesztéséhez sajátos alkalmazási módszereket dolgoztak ki a termelés-informatika területén. Az alkalmazott informatika tudományterületén a dolgok természetéből fakad az interdiszciplináris megközelítés, a témakörök „szemelvény” jellege. A szintézisre a termelésinformatikai alkalmazások széleskörű áttekintése, az egyes alkalmazások integrációja, a termelésinformatika stratégiai tervezése, egyfajta modern termelés-menedzsment szemlélet (modern termelési paradigmák) keretei között kerülhet sor.

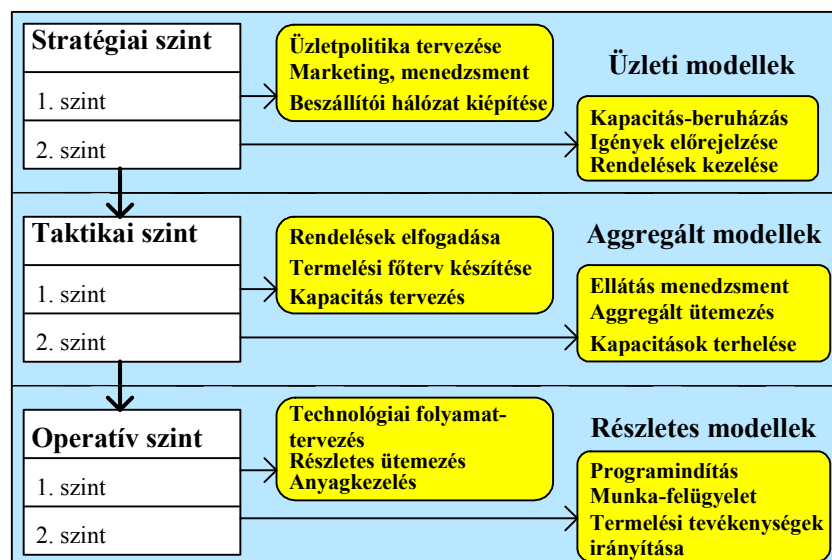
A következőkben röviden összefoglaljuk a termelésinformatika területén megfigyelhető legújabb fejlesztési tendenciákat az ME Alkalmazott Informatikai Tanszékén végzett szakirodalmi elemzés és értékelés alapján. Az irodalomban a termelési folyamatok modellezésére és a funkciók integrálására vonatkozóan hatalmas mennyiségű szakismeret és tudás halmozódott fel. A nemzetközi konferenciákon és a szakfolyóiratokban publikált cikkek száma becslések szerint már 10^6 nagyságrendű. Néhány fontos és átfogó művet erről a hatalmas területről az irodalomjegyzékben felsorolunk. [6], [8], [10], [17], [41], [54], [64], [80], [88], [90].

A termelés-tervező és termelésirányító (*Production Planning and Control, PPC*) rendszerek a modern „digitális vállalatok” (*Digital Factory*) legfontosabb funkcionális alrendszerei közé tartoznak. A PPC rendszerek funkciói és szolgáltatásai a követelmények és igények növekedése miatt jelentősen bővültek. A cégek az éles versenyhelyzetben igyekeznek annyi vevői megrendelést elfogadni, amennyi csak lehetséges. Az erős kínálati piac körülményei között csökkent a raktárra gyártás (*make to stock, MS*) korábbi szerepe még a tömeggyártás körülményei között is. A rendelésre gyártás (*make to order, MO*) azonban több kockázattal jár. A rendelések nagyon változatosak lehetnek és a termelés számos attribútuma a rendelés elfogadásának pillanatában nem ismert. Gyakori az MS és MO termelési politika kevert alkalmazása. Mindez szükségessé teszi a cég termelési jellemzőihez és üzleti politikájához jól illeszkedő, sőt egy cégen belül is több különböző termelési modell alkalmazását.

A stratégiai tervezés termék-, piac- és kapacitás-tervet igényel több éves időhorizonton. A termelés-tervezés során a rendelések és a termékstruktúra alapján anyagterv (*Material Requirements Plan*) és termelési főterv (*Master Plan*) készül. Ezt követi a beszállítói rendelések és középtávú termelési terv generálása, amely valós kapacitásokkal, megengedett idő ablakkal és technológiai precedenciákkal számol. A műhelyszintű ütemterv figyelembe kell vegye a technológiai-, az anyag-, a gép- és humán-erőforrás változatokat, valamint a termelési bizonytalanságokból eredő kockázatokat és elmaradásokat is.

Ismeretes hogy a termelés-tervezés és termelésirányítás fenti követelményei már egy közepes cégnél is olyan nagy mennyiségű alternatív döntési változat kezelését igénylik, amely egyetlen modellel általában áttekinthetetlen és analitikus optimalizálási igény esetén *NP-hard* feladatokra vezet a kombinatorikus „robbanás” miatt.

A követelmények és a lehetőségek közötti konfliktus feloldására a *hierarchikus felépítésű* PPC rendszerek bizonyultak alkalmasnak. (lásd 1.2. ábra.) A kezdetben alkalmazott két (stratégiai és taktikai) szint ma már számos esetben négy szintre bővült. Ez azt jelenti, hogy a taktikai szint egy hosszú- és egy közép-távú modellt használ, míg a rövidtávú, napi termelésirányítás (a MES rendszer) olyan modellt használ, amelyben a terv- és a tényadatok összevetésének, a „szabályozott” (*closed loop*) működésnek kiemelt szerep jut. A modellek entitásainak, állapotváltozóinak illesztése, - a koherencia biztosítása - a tapasztalatok szerint nem triviális feladat.

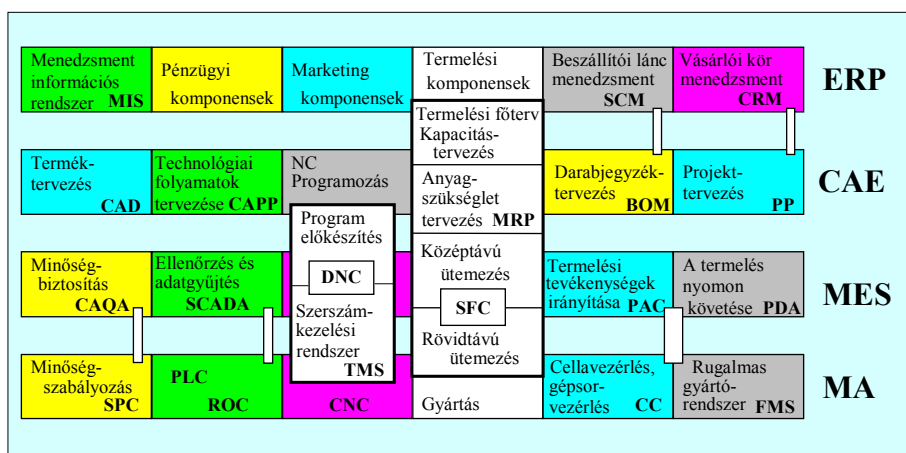


1.2. ábra Hierarchikus modell szintek a termelés-tervezésben és -irányításban

Az utóbbi években a vállalatirányítási és termelésinformatikai alkalmazási rendszerek fejlődése jellegzetes alkalmazási struktúrák kialakulásához vezetett. Ezek a struktúrák funkcionálisan többszintűek, és 4 nagy horizontális, sok komponensből álló réteget alkotnak. Ezek a következők:

1. Vállalatirányítási rendszer (*Enterprise Resources Planning, ERP*)
2. Műszaki tervező rendszerek (*Computer Aided Engineering, CAE*)
3. Termelési végrehajtó rendszerek (*Manufacturing Execution Systems, MES*)
4. Gyártásautomatizálási rendszerek (*Manufacturing Automation, MA*)

A fő horizontális szinteket jellegzetes kommunikációs hidak kötik össze. (lásd 1.3. ábra) Szemmel látható a termelés-tervező és -ütemező rendszerek kiemelkedő szerepe, amelyek több szintet áthidaló funkcionális és integrációs „hidat” alkotnak a vállalatirányítási és döntési funkciók, valamint a termelési folyamatokat irányító és végrehajtó technológiai rendszerek között. Az ERP és MES rendszerekben alkalmazott megoldások többnyire adatmodell és tranzakció centrikusak.



1.3. ábra A termelésinformatika számítógépes alkalmazási rendszerei

A nagyszámú kutatási tanulmány és szakcikk áttekintése azonban nem mindig könnyű. Az ipari gyakorlatban számos termelés-tervezési és -irányítási feladatot ezért szakértői tapasztalatokra alapozott keretrendszerekkel (*framework*) oldanak meg. Ebben azonban tág teret kaphat a sokszor kontrollálatlan heurisztika.

A termelés-tervezés és -irányítás modellezési problémáinak hatalmas nemzetközi irodalma van. A technológia folyamattervezés (CAPP), az operációkutatás, az operáció-menedzsment, a végrehajtó rendszerek (MES), a gyártásautomatizálás (Manufacturing Automation) és az alkalmazások integrációja (CIM) témakörei mind kapcsolódnak a modellezési problémákhoz, megnehezítve a gyakorló termelés-menedzserek dolgát. Hozzájárulhat a nehézségekhez a számítógépes alkalmazások felhasználói (ember-gép) felületeinek bonyolultsága is. A modellezésnél több megközelítési mód és technika alakult ki, amelyeket kutatási és ipari célra egyaránt használnak. Ezek közül a legsikeresebbek a funkcionális, az analitikus (pl. sorbanállási rendszer), és a tranzakcionális (azaz adatbázis-alapú) modellek [17], [25], [53]. Az utóbbi időben fókuszba került a DE (Discrete Event) alapú szimulációs modellek és az empirikus leíró modellek alkalmazása. A teljes problémakör tekintetében néhány összefoglaló munkára utalunk [17], [25], [56], [86], [88], [90], [92].

2. A termelés tervezése és irányítása

A termelés tervezés a három műszaki tervezési folyamat (termék-, technológia- és termelés tervezés) között a legösszetettebb, a legnehezebben modellezhető. Feltételezi a vevő (piac) által igényelt termékek (és/vagy szolgáltatások) részletes és pontos terveinek, valamint az ezek előállításához, legyártásához szükséges technológiai, beszállítói, illetve beszerzési folyamatok terveinek meglétét és pontos ismeretét. A termelés tervezés sajátos hidat alkot a termék – és technológia-tervezés, a gyártás és a vállalat magasabb szintű irányítási szintjei között, ezért szerepe az integrációs folyamatokban központi.

A "termelésirányítás" szakkifejezés, elterjedtsége ellenére, nem egyértelmű és sokféle értelmezésre ad lehetőséget. Nincs szándékunkban az ismert eltérő felfogások értékelő áttekintésébe bocsátkozni, de szükségesnek látjuk saját álláspontunk kifejtését.

A "termelésirányítás" kifejezés pontatlan és nem szerencsés, mert az "irányítás" szó a *végrehajtást* emeli ki és legfeljebb áttételesen utal arra, hogy ezt a tevékenységláncot különféle időhorizontú *tervezési* fázisoknak kell megelőznie. E pontatlanságot újabban a "termelés tervezése és irányítása" (Production Planning and Control, PPC) terminológiával próbálják a szakirodalomban kiküszöbölni. Megjegyezzük, hogy a termelésinformatika területén fejlesztett alkalmazási rendszerek egyre növekvő integráltsága várhatóan a PPC terminológia széleskörű elterjedését eredményezi. Ebben a felfogásban a termelés és a gyártás irányításának számítógépes rendszerei is összekapcsolhatók. A hazai szakmai köznyelv - praktikus rövideje miatt - általában megmarad a *termelésirányítás* kifejezés mellett, hallgatólágon tudomásul véve annak többértelműségét.

A külföldi szakirodalomban a *termelésirányítás különféle részterületeit* az alábbi terminológiák fedik (lásd például [86], [88], [92]):

- Management Information System (MIS),
- Production Management (PM),
- Production Planning and Scheduling (PPS),
- Production Planning and Control (PPC),
- Manufacturing Resource Planning (MRP),
- Computer Aided Production Planning (CAPP).

Ezek közül az ESPRIT javaslatban szereplő utolsó elnevezést a CAPP rövidítés más irányú lekötöttsége miatt egyáltalán nem használhatjuk [88]. Arra is felhívjuk a figyelmet, hogy a német szakirodalomban a PPS rövidítés a "Produktionsplanung und Steuerung" kifejezést fedi. Ez szó szerint megfelel a korábban említett, a "termelés tervezése és irányítása" terminológiának.

A további öt kifejezés közül az általunk vizsgált szakterületet legjobban a PPS fedi, ha deklaráljuk, hogy

- a tervezést elvileg tetszőleges mértékig számítógép támogathatja, továbbá
- a gyártási folyamat irányítása (különösen az *on-line*, *real time* irányítás) nem tartozik az általunk elemzett témakörökhöz.

Ebben a könyvben ezért használjuk következetesen a PPS rövidítést.

2.1. A termelésirányítás tágabb és szűkebb értelmezése

Tágabb értelemben a termelésirányítás a termeléssel kapcsolatos döntési feladatok megfogalmazásával és megoldásával foglalkozik, figyelembe véve a termelés főbb tényezőit (eszközök, tárgy, feltételek és célok) és ellenőrizve a döntések végrehajtását. Ez az értelmezés tartalmát tekintve kiterjed a termelés tervezésére is, a PPS elnevezés éppen a *tervezést* hangsúlyozza.

Szűkebb értelemben termelésirányításon a termelési feladatok pontos specifikálását, indításuk időpontjának ütemezését és végrehajtásuk megszervezését értjük, bele értve a folyamatok megfigyelését és a zavarok operatív elhárítását is. A szűkebb értelemben vett termelésirányítás feladatainak csoportosításakor az *időhorizont* nagysága jelenti a rendező elvet, azaz felülről-lefelé haladva egyre kisebb időhorizontú tevékenységek tervezéséről és/vagy irányításáról van szó.

Az időhorizontok *relatív* nagysága a termékek bonyolultságától és egyéb tulajdonságaitól, a gyártandó darabszámtól és a gyártás rendszerétől függ. Átlagos bonyolultságú termékek kis- és közép-sorozatgyártására berendezkedett gépipari vállalat esetében a szokásos időhorizontok:

- termeléstervezés: *1-3 hónap,*
- termelésütemezés: *5-10 nap,*
- termelésprogramozás: *8-24 óra.*

Nagy bonyolultságú, súlyos termékek esetén (pl. repülőgépek, tolóhajók, úszó-daruk) a három fenti időhorizont rendre például *1-3 év, 3-6 hónap, 10-30 nap* lehet.

A gyártási folyamatok irányítása mindkét esetben lehet részben valós idejű is (pl. CNC/DNC gyártóberendezésekre alapozott FMC-k, FMS-k *on-line, real time* folyamatirányítása).

2.2. A termelésirányítás elméleti háttere

A termelésirányítás fogalmkörének ez a jellemzése mind a termelés, mind az irányítás technikájának és technológiájának változásával szemben *invariáns*.

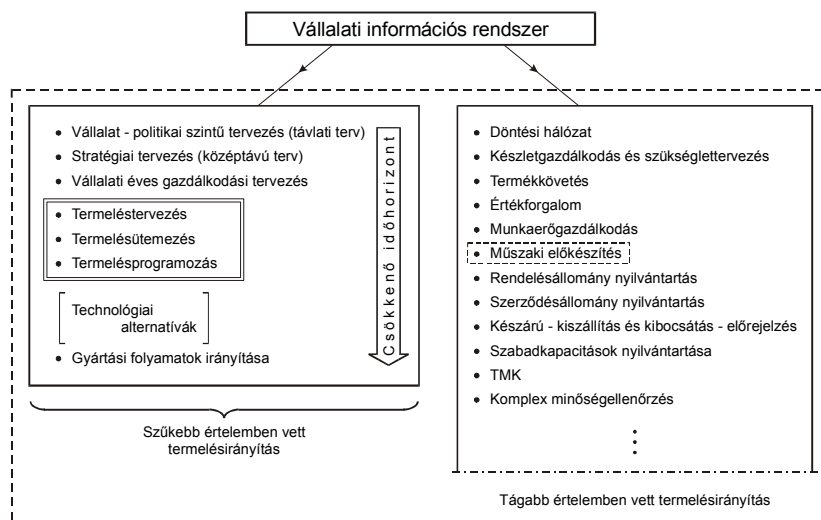
A *vállalatirányítás* a termelésirányításnál tágabb fogalomkör, mivel kiterjed a termékfejlesztés, a választékbővítés, a vállalati költséggazdálkodás, a piackutatás és feltárás területeire és más, a vállalat működésével összefüggő egyéb területekre is, amelyek a megrendelések beérkezésétől a késztermék kiszállításáig tartó, szűkebb értelemben vett termelési folyamatokon kívül esnek. Az iparilag fejlett országok nagyvállalatainak termelési-üzleti folyamatai egyre bonyolultabbá válnak. A mai mérnöki gyakorlatban újra és újra felmerül a „részletek és az egész” megismerésének és súlyozásának ellentmondásos természete, a „lokális” és a „globális” célkitűzések kapcsolata. Ez a probléma markánsan megjelenik a számítógépes termelésirányítás területén is.

Egy vállalatnál egyre több olyan szakterület található, amely részletes ismereteket, tehát székértőt kíván. Ugyanakkor az összes termelési-üzleti folyamat részleteinek átlátása egyetlen személy számára gyakorlatilag nem lehetséges. Felmerül a kérdés, hogyan lehet egy ilyen bonyolult rendszert egyáltalán kezelni? A rendszerelmélet és –technika általános megközelítési módszerként azt a kézenfekvő választ ajánlja, hogy a komplex rendszert valamilyen rendező elv szerint alrendszerekre, modulokra kell bontani. Ha azonban minden modul kellő mélységű és részletességű megismerése külön szakértőt kíván, akkor a teljes rendszerről csak jól megválasztott és aggregált állapotjelzőkkel lehet átfogó döntésekhez támogatást adni.

Mivel egy közepes méretűnek tekinthető vállalat termelési rendszerét sem lehet a maga komplexitásában és részleteiben áttekinteni, a számtalan lokális állapotjelző „kásahegyének átrágása” helyett más módszert kell alkalmazni. Az egyik hatékony megoldás a több nézőpontú megközelítés. Praktikusan ez azt jelenti, hogy a bonyolult rendszert megpróbáljuk több különböző szempontból szemlélteni, elemezni, majd az így szerzett ismereteket szintetizálni. Természetesen ez sem garantálja a rendszer állapotának teljes megismerését, de azt az előnyt biztosan nyújtja, hogy legalább nem veszünk el a részletekben. A jól megválasztott nézőpontok a kezelhetőség határáig egyszerűsíthetők, mert egyik nézőponttól sem várjuk a teljesség igényét. Ugyanakkor a vizsgálandó szempontok számának ésszerű

növelése a rendszerről nyert ismereteink bővülését is jelenti. Egy másik hatékony megoldás a kumulatív termelési folyamatok valamilyen értelemben vett (időbeli vagy sokaságbeli) átlagos tulajdonságainak elemzése. Egyrészt a sok lokális entitás (például erőforrások, folyamatok, munkák) állapotát a jellemző mutatókat a sokaságra vonatkozóan átlagolhatjuk, másrészt a legfontosabb entitások és folyamatok időben változó teljesítmény-mutatóinak idő-átlagait elemezhetjük.

A termelésirányítás tágabb és szűkebb értelmezését a vállalati információs rendszerből kiindulva is szemléltethetjük (2.1. ábra). Az ábra egy lehetséges és célszerű csoportosításban kísérli meg érzékeltetni a feladatok bonyolultságát és sokféleségét.



2.1. ábra A termelésirányítás tágabb és szűkebb értelmezése

A tágabb értelmezés szerint a legfontosabb *funkciócsoportok* az alábbiak:

- a gyártási igények előre-becslése;
- termelés tervezés;
- készletgazdálkodás;
- gyártásütemezés;
- munkaadagolás.

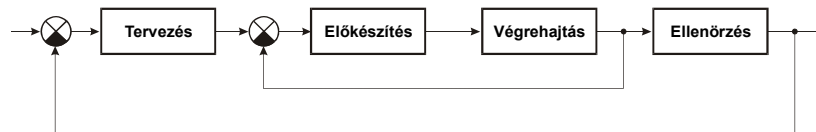
A funkciócsoportokban *közös*, hogy olyan tevékenységekből állnak, amelyek egy vállalat gyártási folyamataihoz közvetlenül kapcsolódnak.

Rendszerelméleti szempontból a vállalati működés a vállalatban, mint bonyolult rendszeren belül lejátszódó folyamatokon keresztül valósul meg. E folyamatok, amelyek lényegük szerint a rendszerben lejátszódó állapotváltozások időbeli sorozatai, alapvetően két fő csoportra oszthatók:

- (1) *anyag folyamatok*, amelyekben fizikai, kémiai, biológiai, stb. materiális jellegű állapotváltozások irányított sorozatai mennek végbe;
- (2) *vezetési-irányítási-ellenőrzési folyamatok*, amelyek az anyagi folyamatok közvetítése útján további két fő tevékenységi kört fognak át, nevezetesen:
 - a *fejlesztést*, mint önálló szellemi és anyagi folyamatok szintézisét;
 - az *üzemszerű termeléshez*, az annak lebonyolításához szükséges funkciókhoz kapcsolódó folyamatokat.

Ez utóbbi két esetben a folyamatok tovább bonthatók a célok kitűzéséhez, a végrehajtás megszervezéséhez és ellenőrzéséhez, valamint magához a végrehajtáshoz (kivitelezés, realizálás) kapcsolódó tevékenységcsoportokra.

Ismeretes, hogy a bonyolult rendszerként tekintett vállalat egészének működését –vagyis a vállalaton belül végbemenő főbb tevékenységi folyamatokat – célszerű *négy* szakaszra felbontani, amelyek a következők: *tervezés, előkészítés, végrehajtás, ellenőrzés*. Fontos hangsúlyozni, hogy ezek a szakaszok egy-egy tetszőleges, de választás után rögzített feladatra értelmezhetők, ezért amikor egyes feladatok tervezése vagy előkészítése folyik, akkor más feladatok a végrehajtás vagy az ellenőrzés (számbavétel) stádiumában vannak. Ugyanakkor a felsorolt szakaszok nem függetlenek egymástól: a tervezési és előkészítési munkákat befolyásolják azok az új feltételek, körülmények is, amelyek az éppen folyamatban lévő végrehajtás vagy a már lezajlott folyamatok ellenőrzése (számbavétele) során alakulnak ki. A megváltozott feltételek a tervezési és előkészítési munkát jelentős mértékben módosíthatják. A vállalati működés egésze ezért már első közelítésben is kéthurkú szabályozásméleti modellre vezet (2.2. ábra).



2.2. ábra A vállalati működés egészét szemléltető kettős visszacsatolású szabályozásméleti modell lényege

A visszacsatolás elvét – amely szerint a tervezett értéktől való eltérés képezi a folyamat működésének javítását célzó, következő beavatkozás alapját – a termelővállalatok irányítása nem nélkülözheti. A szűkebb (belső) szabályozási kör magában foglalja a termelés ütemezését és a végrehajtás közvetlen számbavételét: gyakran ezt tekintik (szűkebb értelemben) termelésirányításnak. A tágabb értelemben vett, integrált termelésirányítási rendszernek ez a központi magva a mindenkori „élő”, operatív feladatokkal foglalkozik.

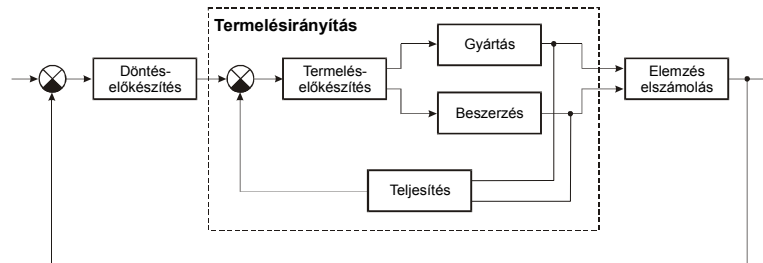
A szakirodalomban elterjedt egyik felfogás szerint a termelésirányítás a 2.2. ábrán vázolt szabályozási körben az előkészítés- és végrehajtáselemekből álló belső szabályozási kört foglalja magába, tehát a termelés tervezését és az erre alapozott vállalati döntések meghozatalát nem tekinti termelésirányítási feladatnak. E szűkebben értelmezett termelésirányítási rendszer főbb feladatai a következők:

- felméri és kijelzi a hiányzó gyártmány szerkezeti, konstrukciós és technológiai alapadatokat;
- kiszámítja és határidőzi az erőforrás-szükségleteket a termelési feladatok jellegének megfelelő időperiódusok szerint (anyag, gyártóberendezés),
- termelési ütemtervet (programot) készít „helyben gyártandó” és „beszerzendő” komponensek szerinti bontásban;
- kooperációs előrejelzést ad a túlterhelés elkerülésére és jelzi a nem megfelelően terhelt munkahelyeket;
- a várható felhasználás időpontjára anyag- és előre számfejtett munkautalványt állít ki;
- ellenőrzi a végrehajtás tervszerűségét, készültségi fokát.

A tevékenységek számbavételét, elszámolását és kiértékelését egy, a „múltra irányuló” rendszer végzi és ezzel a 2.2. ábrán jelzett *ellenőrzési szakasz* feladatait látja el. Az ellenőrzési szakasz szorosan kapcsolódik a termelésirányítási szakasz azon befejező részéhez, amely a *tervszerűséget* és a *készültségi fokot* ellenőrzi. Természetesen a két csatlakozó szakasz tartalma szignifikánsan eltér: míg a tervszerűséget az utalások és a tényleges felhasználások azonossága, hasonlósága igazolja, addig az ellenőrzési szakaszban a felhasználások és az eltérések számszerűsítése, csoportosítása és elemzése megy végbe azzal a céllal, hogy a következő időszak döntéselőkészítését segítse. Maga a döntéselőkészítő rendszer egyaránt támaszkodik a múlt elemzéséből visszacsatolt adatokra és a korszerű matematikai

módszerekkel kidolgozott előrejelzésekre. A fontosabb döntések meghozatalában az emberi interaktivitás ma még nem nélkülözhető.

Így záródik a külső szabályozási kör és a 2.3. ábrán feltüntetett kéthurkú modellt kapjuk, amely a vállalati termelésirányítás információs folyamatainak szabályozását a lényegét illetően jól tükrözi.



2.3. ábra A vállalati termelésirányítás információs folyamatainak szabályozását szemléltető kéthurkú szabályozási kör egy lehetséges változata

Ismeretes, hogy a termelésirányítást kiszolgáló információs rendszerek rendkívül változatosak; a megvalósított rendszerek nemcsak megoldásaikban, hanem az általuk lefedett területekben is különböznek egymástól. Ez a kép a felületes szemlélő számára azt sugallhatja, hogy a különbségek a termelés alapfolyamataiból fakadnak és nincs mód nagyobb általánossági fokú, több helyen alkalmazható rendszer kidolgozására. E feltételezést csak erősíti a termelésirányítási rendszerek fejlesztésével (is) foglalkozó nagy cégek általánosságra igényt tartó rendszereinek vizsgálata, amelyek ipari bevezetését rendkívüli bonyolultságuk évekre elhúzódóvá – és kevésbé tökéletes, kisebb vállalatok számára eleve reménytelenné – teszi. Ugyanakkor a termelésirányítást támogató kisebb és olcsóbb szoftverek, legalábbis eddig, igen erős korlátaik miatt nem tudtak igazán hasznos segédeszközzé válni.

Figyelembe véve a piacgazdaság alapvető követelményeit, a termelés tervezését, ütemezését és programozását oly módon kell megoldani, hogy

- a vevők (megrendelők) igényeinek megfelelő *szállítókészséget* (általában minél rövidebb termékszállítási határidőket),
- alacsony *készletszintekkel* (nyersanyagra, félkész- és késztermékre, pótalkatrészre, stb. egyaránt kiterjedően) és
- a termelő-berendezések és más homogén munkahelyek *kapacitásának* megfelelő mértékű kihasználásával valósítsuk meg.

Ezt a feladatot egy adott vállalati környezetre adaptálva, nagyméretű - igen bonyolult és számításiigényes - *optimumproblémaként* lehet felfogni.

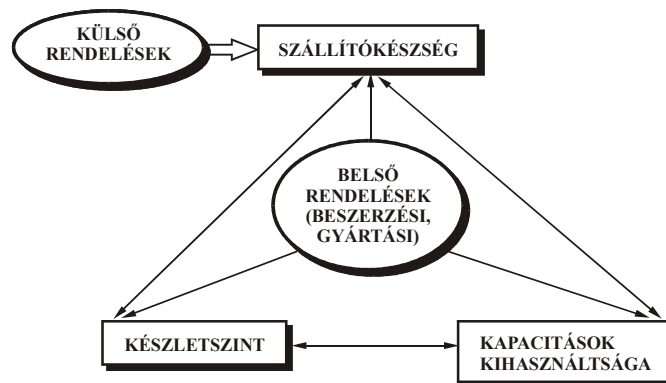
A nagyon korszerű szemlélettel készült, osztott intelligenciájú, többtelephelyes hazai termelésirányítási rendszer, a KYBERNOS fejlesztői - elméleti vizsgálatok, heurisztikus megfontolások és üzemi termelésirányítási tapasztalatok alapján - az alábbi három, egymással szoros összefüggésben álló következtetést vonták le:

- (1) Az előzőekben említett három fő termelési jellemző (szállítókészség, készletszint, kapacitáskihasználás) bármelyike a másik kettő rovására könnyen javítható, ezért a *három jellemzőt* (termelési tényezőt) *csak együtt lehet kezelni*;
- (2) A körvonalazott optimumprobléma *logikailag a teljes termelés minden részletét* átfogja. Ez azt is jelenti, hogy a termelésirányítás optimalizálásához a három alapvető termelési jellemző vizsgálata *nemcsak szükséges*, hanem egyben *elégletes* feltétel is.
- (3) A megoldási módszer *logikailag a feldolgozóipar összes vállalatára* kiterjeszhető.

Matematikai szempontból modellezve a feladatot, egyszerűen belátható, hogy a szállítókészség, a készletszint és a kapacitáskihasználás egyaránt függvénye a *gyártási és beszerzési rendeléseknek*.

A termelésirányítási rendszer alapfeladata tehát az, hogy oly módon határozza meg a gyártási és beszerzési rendeléseket az aktuális termelési környezet figyelembevételével, hogy az adott - alkatrészgyártó és szerelő típusú - iparvállalat a szállítókészség, a készletszint és a kapacitások kihasználása szemszögéből az "optimális munkapont" környezetében működjön. Ezt érzékelteti szemléletesen, bár nagyon leegyszerűsítve a 2.4. ábra. (Valójában a *rendelés* szó mögött tetszőleges véges - sok gyártási és beszerzési rendelés összes lényeges információja áll jól strukturált és aktualizált formában, a szállítókészség, készletszint és a kapacitások kihasználása pedig a mindenkor összes rendelésre vetítve, szintén strukturáltan és aktualizáltan értelmezett).

A 2.4. ábrát a KYBERNOS fejlesztői "termelési háromszögnek" nevezik [36], [51-52].



2.4. ábra A "termelési háromszög" modell

A *termelési folyamat* matematikailag általánosan modellezhető a három, egymással is szoros kölcsönkapcsolatban lévő *termelési tényező* részmodelljével. Ezek a tényezők a következők:

- A *szállítókészség* (delivery capability; readiness for delivery) definíciószerűen annak az időtartamnak a *reciprok* értéke (1/nap), amely egy adott rendelés elfogadásának visszaigazolásától a kiszállítás szerződésben rögzített időpontjáig eltelik. Ezt az időtartamot szimulációs módszerekkel, tapasztalati adatokra támaszkodva csak közelítőleg lehet meghatározni, megtervezve a szállítás időpontját, amely egyaránt függ a pillanatnyi raktárkészletektől, a kapacitások aktuális kihasználtságától és a beszállítók megbízhatóságától. (Ez utóbbi, nehezen számszerűsíthető hatástól első közelítésben eltekintenek azáltal, hogy a beszállítók viselkedését *racionalisnak* és teljes mértékben *kiszámíthatónak* tételezik fel.)
- A *készlet* (stock) a gyártási tételek, vagyis a raktárakban, valamint a gyártó és szerelő munkahelyeken lévő *összes* termék, részegység, alkatrész, nyersdarab és egyéb szükséges anyag *mennyiségét* jelenti egy adott időpontban.

A készletgazdálkodási alapfogalmak közül itt *négyet*, fontosságára való tekintettel, kiemelünk:

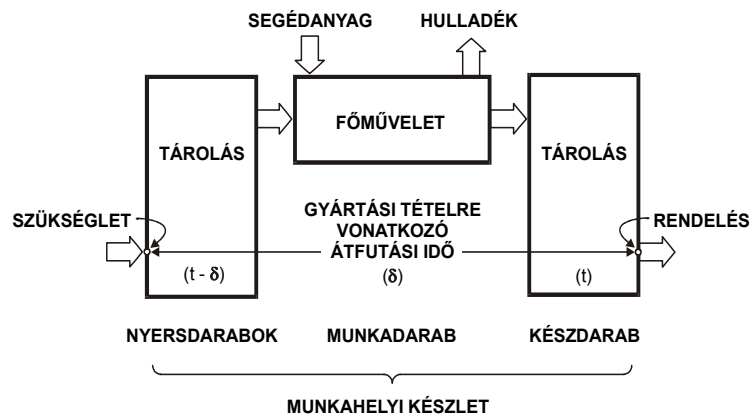
- *Készletnorma*: a termeléshez szükséges egyes anyagi eszközök legkisebb, legnagyobb vagy általános mennyiségének előírása (pl. anyagkészlet, gyártóeszközkészlet, stb.) [Storage standard].
- *Készlet-időnorma*: olyan anyagkészletnorma, amely egy bizonyos anyagból a termelés folyamatosságának biztosítására szükséges anyagkészletet a napi anyagfelhasználás többszöröseként, napokban fejezi ki. [Standard stock].

ütemezni. A rendelés így termelésirányítási *döntés* következtében jön létre (mennyiség, idő); a szükséglet a rendelés teljesítésének tárgyi *feltétele*.

A rendelések tehát lehetnek:

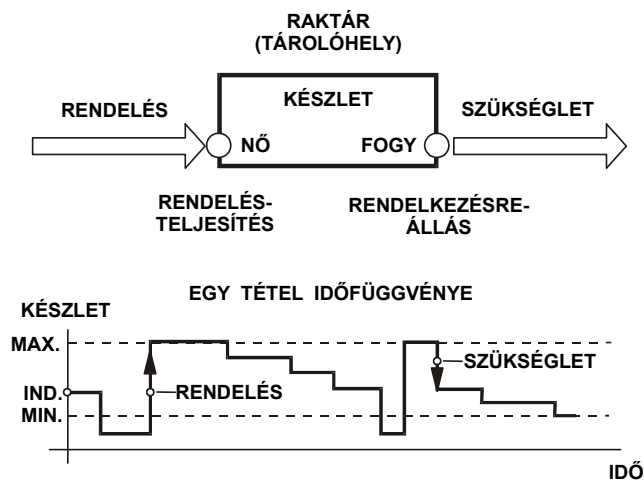
- *külső rendelések* (a vevői rendelések), amelyek függetlenek a belső irányítástól és így a beérkezésük révén létrejövő gyártmányszükséglet is *független szükséglet*, továbbá
- *belső rendelések* (a gyártási és beszerzési rendelések), amelyeket a belső irányítás bocsát ki a külső rendelés tárgyát képező gyártmány szerkezeti, ill. technológiai lebontása alapján és így ezek a gyártóegységek előtt szerelvény-, alkatrész-, ill. anyagszükségleteket, vagyis *függő-szükségleteket* okoznak.

A 2.6. ábrán feltüntetett *munkahelyi készleteket* (nyers-, munka- és készdarabokat) szintén a készletgazdálkodás tárgyaként kell kezelni. Ha az ábrából elhagynánk a megmunkálási blokkot, akkor ez egy olyan raktár sémája lenne, amelyben a kezelési és az átvétel-átadási műveletek miatt tranzit esetben is van átfutási idő, és ez esetleg külön programozható. Ilyen elvont modellben programozási szempontból nincs különbség a raktározó és a gyártóhely között.



2.6. ábra A gyártási helyek általános leírásához szükséges fogalmak vázlata

Egy raktár *anyagkezelés-technológiai* szempontból munkahely, amelynek időt igénylő műveletei éppúgy tervezhetők, mint a *megmunkálás-technológiai* műveletek (kezelés = mozgatás + rakodás + tárolás technikai eszközökkel, gépekkel). Jelen témában ettől az absztrakciótól eltekintünk és a raktárakat minőségileg megkülönböztetjük a gyártóhelyektől. A raktárak kapcsolata az irányítási fogalmakkal a 2.7. ábrán látható.



2.7. ábra Raktárak kapcsolata a termelésirányítási fogalmakkal

A termelés tényezői beláthatóan attól függenek, hogy miként változik a külső rendelésállomány és hogy a termelés irányítása ezt követően miként ütemezi (adagolja) a belső rendeléseket. Ennek alapján elvileg a *termelésirányítás általános feladata a termelési folyamat optimalizálása*, amelyben az

- *optimalizálás változója* a kibocsátott belső rendelések időben is változó halmaza, és az
- *optimalizálás célfüggvénye* a termelési tényezők halmazainak összefüggő együttese.

Nyilvánvaló azonban, hogy a célfüggvény gyakorlatilag kifejezhetetlen a változóhalmazon végzett matematikai műveletekkel és még inkább megvalósíthatatlan az, hogy a célfüggvény optimális értékéből visszafordítva (invertálva) kifejezzük az optimumhoz tartozó rendeléshalmazt.

Az optimalizálási "célfüggvényben" szereplő tényezők kapcsolataiból az is adódik, hogy bármelyiket előnyben részesítjük a belső rendelések kiosztásában, akkor az előnytelenül befolyásolhatja a másik két tényezőt (pl. a szállítókészség növelése károsan növelheti a készleteket és túlzó igényekkel léphet fel a kapacitások kihasználását illetően. Ez azt jelenti, hogy újabb műszak beállítása válhat szükségessé, ami nagyobb bér- és járulékos költségekkel, valamint gyorsabb berendezés-elhasználódással, kopással jár, így a ráfordítások növekednek.). Szükség van tehát egy *termelési politikára*, amely meghatározza a termelési tényezők *súlyát* az együttes termelési célban.

A termelésirányítási probléma szimbolikus megfogalmazása például a következő lehet. Vezessük be a *rendeléshalmaz* egy tetszőleges, de választás után rögzített időpontban vett jelölésére az $R(t)$ szimbólumot.

A rendeléshalmaztól függő termelési tényezőket jelöljük a következők:

- $K(R(t))$ - készlethalmaz,
- $C(R(t))$ - kapacitáskihasználás-halmaz,
- $S(R(t))$ - szállítókészség-halmaz.

Mivel ezek különböző dimenziójú mennyiségek, csak akkor vonhatók össze egy függvénybe, ha azonos mértékre konvertálhatjuk őket a termeléspolitikát kifejező súlyfaktorokkal. Így: $\Phi(K,C,S)$ mérték-független számérték, amely a rendeléshalmaznak és ezúton az időnek is *közvetett* függvénye. A közvetett korlátfeltételek a tényezők esetében részben fizikai alapon (pl. kapacitás-kihasználás esetében), részben üzleti megfontolásokkal (pl. az összkészletállomány esetében) elvileg adottak. A rendelésállományra azonban hagyományos értelemben nehéz közvetlen korlátfeltételeket elképzelni. A termelésirányítási probléma tehát a következőképpen szimbolizálható.

A $t=0$ időpontban előre meghatározandó az a $t \leq T$ időpontra vonatkoztatott $R_0(T)$ élő rendelésállomány, amelyre nézve

$$\Phi(R_0(T)) \rightarrow \text{opt.},$$

és amelyre nézve a

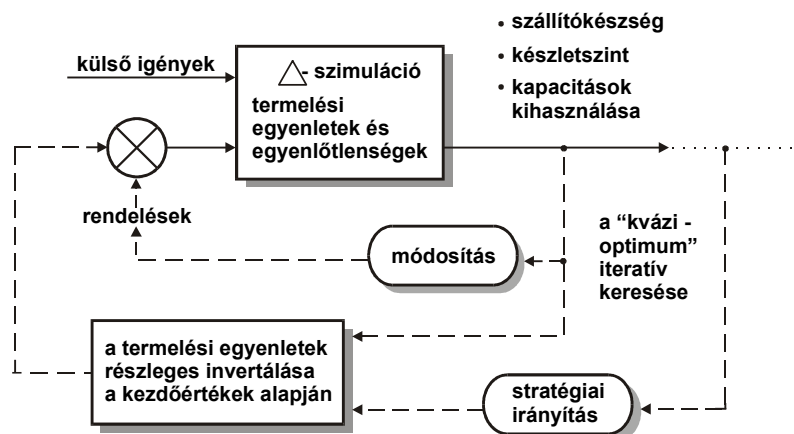
$$\left\{ \begin{array}{l} K(R_0(T)) \\ C(R_0(T)) \\ S(R_0(T)) \end{array} \right\}$$

együttes az előírt korlátok közt marad. A $(0-T)$ időintervallum nem más, mint a termelés reagálási ideje a rendelések kibocsátása után. Fel kell tételeznünk, hogy a termelési szituáció (a valóságos állapot) a $t=0$ időpontban az optimáló művelet végrehajtásakor ismert, továbbá azt is, hogy a $t \leq T$ időpontokra a korábbi optimalizálás alapján az $R_0(t)$ időfüggvényt már kiszámították (szimulálták). Ez az irányítási mód megfelelne a szabályozásméleti "anticipatív" szabályozásnak, ha realizálható lenne.

Mivel azonban magának az optimalizálási műveletnek is van késleltetése (τ -holtideje), az előzetes $(0-T)$ intervallumon belül is csak bizonyos diszkrét, szakaszos szabályozás képzelhető el (vagyis nem folytonos), amelyre még nincs kidolgozott matematikai modell. Következésképpen az $R_0(t)$ rendeléshalmaz elemei a $(0-T)$ intervallumban egy diszkrét idősorozatot képeznek, amely minden optimalizálás után önmagában is módosul. A valóságos teljesülések ugyanis a τ időközben eltérhetnek a $(0-T)$ intervallumra előzetesen szimulált helyzetképtől (nem teljesülés, késés, sztorató, készlethiány, kapacitás-kiesés, prioritásváltozás, stb.).

Az iménti optimalizálási modell megközelítése csak úgy lehetséges, hogy a *termelési tényezők* halmazainak *elemekre* írjuk fel azokat az egyenleteket, amelyekkel a termelési célok részletenként érvényesíthetők és feltételezzük, hogy így az együttes optimum iterálva megközelíthető.

A "termelési háromszög" $R(t)$ független változója, valamint a háromszög három csúcsának $K(R(t))$, $C(R(t))$ és $S(R(t))$ változói között fennálló összefüggéseket a KYBERNOS fejlesztői a *termelési egyenletek* gyűjtőnév alatt matematikai formában is megfogalmazták. Hangsúlyozzák, hogy a termelésirányítás alapproblémája a gyártási és beszerzési rendelések, vagyis az $R(t)$ meghatározása, ehhez viszont az egyenletrendszer *invertálására* lenne szükség. Ez rendkívül nehéz feladatot jelent, mivel egy vállalatnál több tízezerféle anyag, illetve alkatrész is lehet, amelyek bonyolult módon épülnek egymásba; a homogén kapacitások száma pedig meghaladhatja a százat. Nyilvánvaló tehát, hogy a termelési egyenleteket csak iteratív úton lehet meghatározni. A megoldás lényegét a 2.8. ábrán látható *anticipatív* (javító) szabályozókör szemlélteti.



2.8. ábra A KYBERNOS rendszerben alkalmazott megoldásjavító szabályozókör

A szabályozókör felső ága, amely a rendelésekből az ismeretlen $K(R(t))$, $C(R(t))$ és $S(R(t))$ paraméterek egy induló kombinációját határozza meg ("termelési háromszög"-szimuláció), a termelési egyenletek alapján, egzakt módon kialakítható. A visszacsatoló ág azonban bizonytalan.

Mivel a termelésirányítási probléma, mint láttuk, analitikusan megoldhatatlan, heurisztikus eljárásokat alkalmaznak a következő két lépés szerint:

- (1) A matematikai egyenletek többsége részlegesen invertálható. Ez azt jelenti, hogy a keresett rendelésvektor (a rendelések, mint független változók egy indexelt, rendezett halmaza) *első közelítésben* meghatározható úgy, hogy bizonyos változók értékeit konstansnak tekintik, illetve tapasztalati átlagértékeket alkalmaznak.

(2) A felhasználó döntéseinek és heurisztikus megfontolásokra alapuló beavatkozásainak kiértékelése - a "szétvágás és próbálkozás" módszerét alkalmazva - szimulációs megoldásokat képes létrehozni, amelyek egymás között összehasonlíthatók.

Az elmondottnak megfelelően a KYBERNOS rendszer rendelkezik egy *automatikus ággal*, amely részleges invertálást hajt végre, valamint egy *módosító ággal*, amely alkalmas a felhasználó által irányított szimulációra.

A számítógépes reprezentáció kifejlesztése során a KYBERNOS itt körvonalazott *funkcionális modellje* mellett egy speciális szerkezetű adatmodell kidolgozására is szükség volt. Az *adatmodell* létrehozásakor az alábbi alapelvekből indultak ki:

- (1) Meg kell határozni azoknak az adategységeknek (adatelemeknek, entitásoknak) a készletét, amelyek a rendszer működtetéséhez nélkülözhetetlenek (minimálisan szükséges adatok készlete).
- (2) A minimálisan szükséges entításokból egy olyan felépítésű *relációs adatmodellt* kell kialakítani, amelynek elemei *funkcionálisan függetlenek* a Codd szerinti ún. "harmadik normál alak"-nak megfelelően.

Ez az adatmodell a KYBERNOS eddigi ipari alkalmazásai alapján a következő meglepő tapasztalatokhoz vezetett:

- (1) A termelési folyamatnak és irányításának leírására felhasznált adategységek (entítások) összesített száma *40-nél kevesebbnek* bizonyult, ellentétben a szakirodalomban sokféle található, *entítások százairól* tudósító állításokkal.
- (2) A funkcionálisan független adatmodell lehetővé teszi, hogy a rendszer fejlesztését olymódon hajtsák végre, hogy ne legyen szükséges a kommunikáció az egyes programmodulokat kifejlesztő szakemberek között.

A szakirodalomban a termelésirányítás komplex problémakörét általában három nézőpontból szokás megközelíteni. Ezeket, tartalmi jellemzői alapján, célszerűen *funkcionális, algoritmikus* és *adatmodell-bázisú* megközelítésnek nevezhetjük.

A *funkcionális megközelítés* a termelésirányítás legelterjedtebb leíró formája, amelyet már a legelső termelésirányítási rendszerek (pl. PICS, COPICS, MAPICS, HOSKYNS) esetében is alkalmaztak. Ez a megközelítés egy működő vállalat legfontosabb, indokoltan megkülönböztethető szakterületeiből indul ki és azokhoz rendel különböző funkciókat. A termelésirányítás funkciója az így definiált részfunkciók együttese (uniója) lesz. A szakterületek száma ésszerű korlátok között marad, így pl. a PICS esetében 8, a COPICS és MAPICS esetében 12-12 a megkülönböztetett területek (alrendszerek) száma. A legújabb szoftvertechnológiai eszközrendszerre és informatikai infrastruktúrára épülő komplex vállalatirányítási rendszerek, amelyekben a termelésirányítás csak az egyik összetett alrendszerként szerepel, természetesen ennél jóval több szakterületi funkcionális alrendszert is magukba foglalnak (a BPCS vállalatirányítási rendszer esetében a funkcionális modulok száma, pl. meghaladja az 50-et).

A szakterületi felosztás nagy előnye, hogy a szakemberek túlnyomó többsége számára jól értelmezhető, nemzetközi szinten is megfelelő konzisztenciájú fogalmakra épül, ezért azt a termelésirányítás alapvető megközelítésének kell tekinteni.

Az *algoritmikus megközelítés* a termelésirányítási rendszerek fejlesztőinek számára fontos, a felhasználó számára gyakorlatilag érdektelen. A termelés-irányítás algoritmusai elválaszthatatlanok az egyes szakterületek igényei szerint kifejlesztett vagy adaptált *matematikai modellektől*. Ezek túlnyomó többségét az *operációkutatás*, mint alkalmazott matematikai diszciplína szolgáltatja.

Az *adatmodell-bázisú megközelítés* egyaránt fontos a termelésirányítási rendszer fejlesztői és adaptálói számára, a végfelhasználó szempontjából kisebb jelentőségű. Az adott rendszer adatmodelljében használatos entításokat természetesen a felhasználónak is pontosan kell

ismernie, mivel az ezekre való közvetlen vagy közvetett utalások a felhasználói felületen is megjelennek (pl. cikkszám, gyártókapacitás, független szükséglet).

A KYBERNOS rendszer fejlesztőinek alapvető érdeme az, hogy a világon tudomásunk szerint elsőként tettek sikeres kísérletet arra, hogy a termelésirányítás *egészét* egységes elméleti modellel, nevezetesen a "termelési háromszög" koncepciójára épülő diszkrét matematikai modellel írják le. Ez a matematikai modell a bázisa a KYBERNOS esetében a funkcionális-, algoritmikus- és adatmodell-megközelítésnek is, a rendszer összes hozzáférhető dokumentációja tükrözi ezt a komplex szemléletet. Ennek előnyei nemcsak az ár/teljesítmény viszony kedvező értékében mutatkoznak meg, hanem abban is, hogy a műszaki felsőoktatásban a KYBERNOS kiválóan alkalmazható egy olyan reprezentatív mintarendszerként, amelyen a számítógépes termelésirányítás elméleti háttere és gyakorlati megvalósítása egyaránt szemléltethető és igény szerint mélyebben is tanulmányozható.

Amennyiben a termelésirányítás komplex feladatkörét egy adott vállalaton belül működő, csak bizonyos termékek csoportját érintő CIM rendszerre lokalizáljuk, olyan PPS rendszert kapunk, amely a CIM rendszer egyik ún. *elsőszintű alrendszere* [88], [92], [97].

2.3. A termelésirányítási rendszer funkciója

A termelésirányítási rendszer funkciója rendszerelméleti szempontból komplex funkció, amely a részrendszerek funkcióinak uniójaként értelmezhető. Konkrétan: a termelésirányítás funkciója azon diszkrét folyamatok összességére terjed ki, amelyek

- a termeléshez szükséges tervek és programok kialakítását;
- a termelés megindításához és folyamatos fenntartásához szükséges információk közlését;
- a termelési tényezőkre vonatkozó tényleges adatok összegyűjtését, ezek rendszerezését, értékelését és a módosító intézkedések kiadását

foglalják magukban.

Korszerű *általános definíciónak* tekinthető a termelésirányítás funkciójára vonatkozóan a Kiss Dénes által adott meghatározás is, amely szerint a termelésirányítás funkciója a készlet, a kapacitáskihasználás és a szállítókészség együttes optimalizálása [51].

A konkrét funkciók a megvalósított termelésirányítási rendszerek elemzéséből vezethetők le. Ezek rendkívül sokféle felosztás szerint rendezhetők. A szakirodalom és a hozzáférhető PPS-ek többsége, mint láttuk, az alábbi fő funkciókat emeli ki:

- a gyártási igények előre becslése,
- termeléstervezés,
- készletgazdálkodás és szükséglettervezés,
- gyártásütemezés,
- műhelyszintű irányítás (munkaadagolás).

2.4. A termelésirányítási rendszer struktúrája

Rendszerelméleti szempontból a PPS a *szervezett rendszerek* közé tartozik, ezért érvényes rá a *C. West Churchman* által adott definíció: „A rendszer adott cél(-ok) elérésére koordinált elemek halmaza”. Az elemek a PPS esetében egymásra és egymásba épülve az alárendelési viszonyokat és a kölcsönhatásokat tükröző *hierarchikus struktúrába* szervezettek. A PPS így hatáskapcsolatban álló részrendszerekből épül fel, amelyek szintén felbonthatók további – esetenként önmagukban is igen összetett – alkotókra.

A PPS struktúráját a rendszer funkciójának megfelelően, célszerűen kell kialakítani. Eszerint minden PPS létrehozásakor először azt kell tisztázni, hogy a rendszer:

- (1) a működés során
 - milyen funkciókat lásson el;
 - milyen időbeli ciklusokat fogjon át,
 - milyen irányítási szinteket rendeljen egymás alá, végül
 - milyen adat és tudásbázisokra támaszkodjon;
- (2) a működtetés pedig
 - milyen módszerekkel,
 - milyen eszközökkel,
 - milyen személyi feltételekkel történjen.

Az egyes kérdésekre adott önálló válaszokat egységes, egymással összefüggő és kompatibilis megoldássá integrálva hozható létre a termelésirányítási rendszer egésze. Az első csoport négy kérdése a termelésirányítási rendszer *struktúrájának* négy oldalát (vetületét) tükrözi, a második csoport három kérdése pedig egy-egy konkrét alkalmazás *adaptációs problémaköréhez* tartozik.

A termelésirányítási rendszer elemzése szemszögéből is célszerű felidézni a struktúra rendszerelméleti definícióját. Eszerint: *a rendszer elemei között fennálló relációk összességét* nevezzük a rendszer struktúrájának. A struktúra a rendszer szempontjából meghatározó, mivel a rendszer a struktúra alapján válik megkülönböztethető identitású objektummá. A rendszer struktúrája az a rendszerjellemző, amely *invariáns* a rendszerben végbemenő transzformációkkal szemben, tehát a struktúra fogalma fejezi ki a rendszer állandóságát.

Például a termelésirányítási rendszer változatlan funkciókat lát el akkor is, ha egy vagy több termékcsalád megváltozik vagy gyártásuk megszűnik; hasonlóan, a PPS funkcióin az sem változtat, ha gyártóberendezések egy részét lecserélik vagy korszerűsítik, esetleg a személyi feltételek egy része változik meg. Fontos utalni itt arra, hogy egy rendszeren belül nagyszámú olyan részstruktúra értelmezhető, amelyek összessége a rendszer teljes struktúráját adja. Ezeket a részstruktúrákat a teljes rendszerstruktúra egyfajta „vetületeiként” foghatjuk fel.

Egy termelésirányítási rendszer invariáns struktúráját *Szintay István* javaslata szerint [13] célszerű négy vetületben vizsgálni. Ezek rendre: funkcionális, időciklus-, hierarchikus és adatbázis struktúra. A következőkben röviden ezeket tekintjük át.

2.4.1. Funkcionális struktúra

Minden PPS meghatározott, egymással összefüggő feladatok megoldására szervezett rendszer. E feladatok logikai sorrendben a következők:

(1) *Feladat-meghatározás*, amely mindig két lényegi kérdéskört fog át:

a) *Mit kell gyártani?*

Célszerűen három termékcsoporthoz képezhető:

- a1) piaci igények kielégítésére szánt *teljesen új termék*, amelynek létrehozása mindig műszaki fejlesztési feladat megoldását is feltételezi;
- a2) *meglévő termékre, termékcsoporra* alapozott igény, amely adaptációs feladatot jelent;
- a3) *katalogizált, standard termék*, kiforrott konstrukciós és technológiai dokumentációval és gyártási háttérrel.

b) *Mennyit kell gyártani?*

A válasz vagy piaci megrendelésként, vagy piaci előrejelzésekre alapozott, készletre-gyártási feladatok megoldása útján adható meg.

- (2) *Feltétel-meghatározás*, amely az (1) szerinti feladatok megoldásához szükséges tárgyi, személyi, pénzügyi, stb. feltételek vizsgálatát, továbbá a feltételek szavatolását szolgáló tevékenységek beindítását foglalja magában.
Ezek közül néhány:
 - a) *Műszaki előkészítés*, amelynek fő szakaszai:
 - a1) *Gyártmánytervezés és ajánlatkészítés*, adott esetben meglévő elemekből (alkatrészek, szerelési részegységek), a konstrukciók dokumentálása;
 - a2) *Szerelési, előgyártási és alkatrészgyártási folyamatok tervezése* lehetőleg minél nagyobb mértékben az ismert technológiai folyamatok terveire támaszkodva, a technológiai folyamatok dokumentálása;
 - a3) *Komplex gyártási struktúra kialakítása*, modellek kidolgozása a termelés szervezési előkészítéséhez.
 - b) *Erőforrás-szükséglet meghatározása*, terhelésvizsgálat homogén kereszt-metszetenként;
 - c) *Anyagszükséglet meghatározása*, ellátási és szállítási feltételek szavatolása.
- (3) *Határidőzés*, amely a feladatok időbeli ütemezését, az átfutási idők meghatározását, a terhelés időhatárhoz való rendelését és ellenőrzését foglalja magába.
- (4) *Végrehajtás*, a feladatok és feltételeik megvalósíttatása a gazdálkodási korlátok figyelembevételével.
- (5) *Előrehaladás/teljesítés ellenőrzés*, a feladat-végrehajtás időbeli teljesítésének áttekintése termékek és/vagy termelő-berendezések szerint.
- (6) *Zavarelhárítás*, a megvalósítás közben fellépő, előre nem látható akadályok leküzdése.
- (7) *Számbavétel, visszajelzés*, egy adott időszakra vagy programegységre (pl. munkaszámra) vonatkozó teljesítések regisztrálása. Értelemszerűen a számbavétel lehet esemény- vagy időkövető rendszerű. Az eseménykövető számbavétel kevésbé elterjedt.

2.4.2. Időbeli ciklusok struktúrája

Minden termelésirányítási feladat – az időbeli előrelátás és előkészítés miatt – több időintervallumban való gondolkodást igényel. Az időciklus struktúra nemcsak a termelésirányítás, hanem a vállalat egészének irányítása esetén is értelmezett.

A termelésirányítás szempontjából – mint a PPS elnevezéséből is kitűnik – legalább két komplex időciklust szokás megkülönböztetni: a *termelésstervezés* és a *termelésütemezés* összetett időciklusait. Egy másik ismert felosztás a termelés tervezésének, ütemezésének és programozásának *három* időhorizontja szerinti időciklusokat különböztet meg.

Hatékonyak és célszerűnek látszik a *Szintay István, Bíró Zoltán és Eszes László* által javasolt felosztás, amely a termelésirányítás időciklusait két csoportba sorolja [13]:

- (1) A termelésstervezés fogalmkörébe tartozó időciklus, amely további két részre bontható, az éves (speciális, nagy átfutási idejű termékek – pl. úszódaruk, tolóhajók – esetén annál nagyobb, 2-3 éves) termelési tervre és az ún. rendelés-elbírására (szokásos rövidítése: REB);
- (2) Az operatív termelésirányítás időciklusai, amelyek általában további három részre tagolhatók: (1) durvaprogram, (2) finomprogram és (3) munkaadagolás.
Két komplex csoportba való besorolásnál az alábbi elveket szokás figyelembe venni:
 - Minden PPS esetében szükséges egy nagyobb időhorizontú ciklus *értékbeli* összefüggéseit a belsejében elhelyezkedő, rövidebb időtávokra konkretizálható *naturális*

összefüggésektől elválasztani. Lényegében az 2.3. ábra kéthurkú szabályozásméleti modellje is utal erre. Megjegyzendő még, hogy az érték kategóriáját kész, funkciójának teljesen megfelelő *termékre*, míg a természetes összefüggéseket gyártásba adott *félkész-termékre* (szerelési egységre, alkatrészre, munkadarabra) szokás vonatkoztatni.

- Az éves termelési terv a vállalati komplex terv része, a kitűzött cél megvalósítását (megvalósíthatóságát) hivatott körvonalazni. Az ilyen időciklusban való értékbeni gazdálkodás a makro- és mikrogazdasági irányítás rendszerében is értelmezett és meghatározott. (A vállalati komplex tervet szokás vállalatpolitikai, stratégiai és éves gazdálkodási tervre felbontani).
- Az éves időcikluson belül a termelési terv mellett a REB a következő indokok alapján helyezhető el. A terv igényeket, előrejelzéseken alapuló és reálisan várható feladatokat főként értékben, kisebb részben természetes mértékek segítségével fogalmaz meg. A REB ennek a tervnek megfelelően funkcionál és a terv igényei szerint tölti meg azt természetes tartalommal.
- A REB az egyetlen olyan tevékenységi kör a termelésirányításon belül, amely a belátható időciklusokat (év, félév, negyedév, hónap, ..., stb.) nem kezeli merev határként, mivel mindig megrendelt termékben, átfutási időben és határidőkben való gondolkodást testesít meg.
- A durva- és finomprogramozás, valamint a munkaadagolás egy nagyobb időciklus belső intervallumai, általában negyedév, hónap, dekád, nap, műszaki időhorizontokkal. Az időtengelyhez tartozó szeletekhez az előző időszakbeli terhelés eredményeként olyan termelési részhalmozok tartoznak, amelyek még különböző szűrési, prioritási elvek alapján átrendezhetők.

2.4.3. Hierarchikus struktúra

A vállalatok – mint mikrogazdasági rendszerek – esetében egyfelől *szervezeti*, másfelől *irányítási hierarchiát* célszerű megkülönböztetni.

A *szervezeti hierarchiát*, vagyis a szervezeti felépítés függelmi tagozódását vállalat, gyár, gyáregység, üzem, műhely szintjén szokás értelmezni, további két lépcsőként a munkahely és a technológiai berendezés is megkülönböztethető. Alulról felfelé haladva egyértelmű analógia mutatható ki a CIM rendszerek három alsó klasszikus szintjével: Process Level, Workstation Level, Cell Level. Sőt, a magasabb szintek is értelmezhetők a CIM tágabb körű felfogása alapján, amikor azt integrált vállalatirányítási filozófiaként értelmezzük.

Az *irányítási rendszer hierarchikus struktúrája* szerint a vállalat politikai, stratégiai és taktikai irányítási szintjét szokás megkülönböztetni. Az irányítási rendszer hierarchiája jelentősen eltérhet a szervezeti hierarchiától – például a stratégiai szint funkcióit több, függelmi kapcsolatban lévő szervezet is elláthatja – azonban a szervezeti szintekhez a vállalatpolitikai-, -stratégiai és – taktikai feladatok mindig egyértelműen hozzárendelhetők.

A vállalati termelésirányítás legtöbbször az éves gazdasági tervből, vagyis a vállalatirányítás taktikai szintjén jelentkező feladatok, feltételek, határidők áttekintéséből indul ki. Ez a felfogás feltételezi, hogy egyrészt a stratégiai és taktikai tervezési szintek kapcsolata módszeresen kiépített, vagyis a funkcionális és időrendi ciklusok struktúráival összhangol, másrészt az irányítás hierarchikus szintjei nem esetlegesen funkcionálnak. A feladatok minden szint számára folyamatosan jelentkezőnek, csupán eltérő időintervallum áll az elemzések, döntések meghozatalára és a végrehajtás áttekintésére.

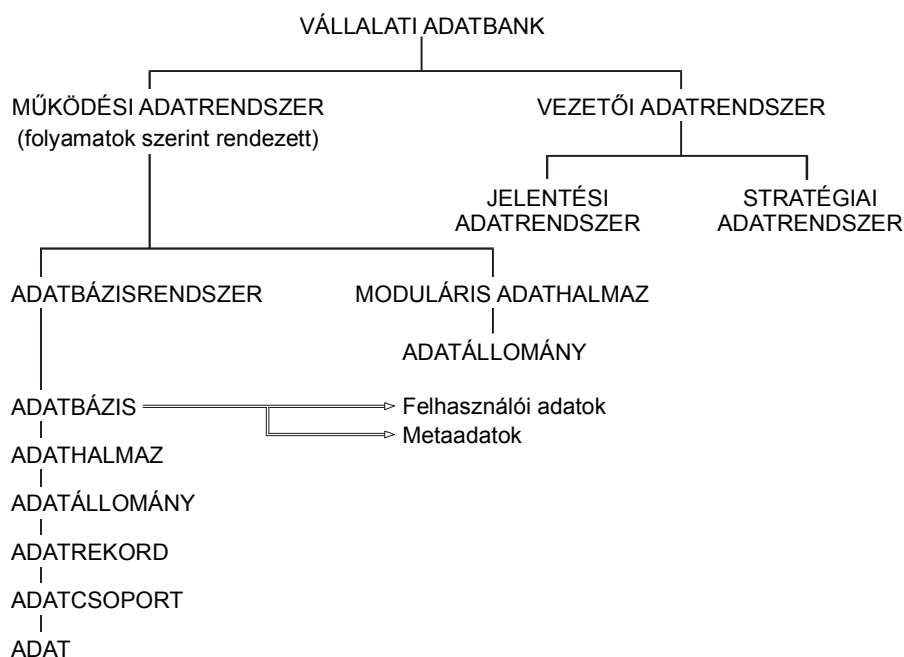
2.4.4. Adatbázis-struktúra

Célszerű a termelésirányítás adatbázis-struktúráját a vállalat egészét átfogó adatrendszerből – a „vállalati adatbank”-ból – levezetni. Ez a fogalom az információhordozók

fajtájától, minőségétől és a számítógépes háttér kiépítettségétől függetlenül, logikai alapon is értelmezhető, pl. a 2.8. ábra szerint.

Figyelembe véve, hogy az információ nem más, mint feldolgozott adat, az adatfeldolgozáshoz pedig megfelelő szakemberekre és szoftverekre (részben általános rendeltetésű, részben az adatok tartalmától függő funkciójú programokra, programcsomagokra, program-rendszerekre) van szükség, nyilvánvaló, hogy a vállalati adatbank a *vállalati információs rendszer* része. Hasonlóan, a vállalati információs rendszer része, de semmiképpen nem tévesztendő azzal össze a *vállalati informatikai rendszer*, amelyet hierarchikusan szervezett számítógépes hálózat (hardver + szoftver) valósít meg.

Miután az információs rendszert tartalmi meghatározottság nélkül nem lehet értelmezni, az informatikai rendszer kiépítése viszont bizonyos mértékig függetleníthető a feldolgozandó adathalmazok tartalmától, tézisszerűen ki lehet jelteni, hogy *az informatikai rendszert célszerűen alá kell rendelni az információs rendszer igényeinek*.



2.9. ábra A vállalati adatbank egy lehetséges logikai struktúrája

A vállalati adatbank *működési* és *vezetői* adatrendszerre, az utóbbi pedig *jelentési* és *stratégiai* adatrendszerre tagozódik. Míg a működési adatrendszer az irányítási folyamatok szerint szerveződik, addig a jelentési és stratégiai adatrendszerek a vállalatvezetés igényeit szolgálják. Ebből következően minden irányítási folyamat – így a termelésirányítás is – saját adatbázisrendszerrel rendelkezik. Az összehangolt működés érdekében az adatbázisrendszert alkotó adatbázisok között meghatározott kapcsolatokat kell kialakítani. Az adatbázisok (és alacsonyabb hierarchiai szintű alkotóik) közötti kapcsolatokat a működés szempontjából három típusba sorolhatjuk:

- (1) Csak olvasási kapcsolat (az adatot különböző funkciók használják fel);
- (2) Csak írási kapcsolat (a funkció az adatot meghatározza és rögzíti);
- (3) Írási-olvasási kapcsolat (a funkció az adat tartalmát felhasználva az értékét újra írja).

Ezek a működési kapcsolatok fontos szerepet játszanak az adatrendszer fizikai kialakításánál. A hatékony használat megköveteli, hogy a fontosabb adatbázisok az elsődleges adatforrásokot tartalmazó folyamatban töltődjenek fel, például a konstrukciós adatbázis a gyártmányfejlesztés folyamatában, a technológia adatbázis a gyártásfejlesztés folyamatában,

az anyag- és vásárolt alkatrész adatbázis az anyagellátás folyamatában. Viszont a termelésirányításnak hozzá kell férnie ezekhez az adatokhoz a feltételek biztosításának ellenőrzésekor (olvasás) és jeleznie kell a foglaltságot (írás).

A termelésirányítás által használt adatbázisokkal szemben további alapvető követelményeket támasztunk. Ilyenek:

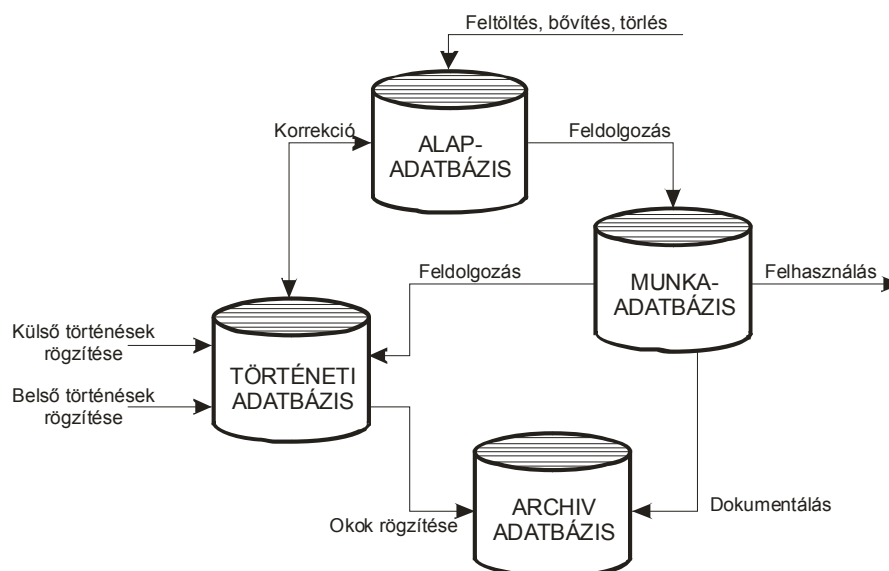
- illeszkedjenek a funkció-struktúrához;
- a hierarchia különböző szintjeiről elérhetők és értelmezhetők legyenek;
- az adatállományok tartalmilag kövessék az időciklusokat.

Az adatbázisokat – vagyis az azonos funkciójú adatok rendezett halmazát – a termelésirányítás szempontjából célszerű négy típusba sorolni:

- (1) *Alapadatbázis* (törzsadatbázis), amelynek tartalma a termelési feladattól független és hosszabb időintervallumban (esetleg több tervezési cikluson keresztül) állandó, vagy csak kismértékű korrekciót igényel. Az alapadatbázis lényegi változását a megvalósítás technikai szintjének vagy technológiájának módosítása, fejlesztése indokolja.
- (2) *Munkaadatbázis* (számított adatok bázisa), amelynek tartalma vagy a feladathoz, vagy a mindenkori idővetülethez kötődik és azt több tevékenység (funkció) használja fel. A feladat végrehajtása vagy az időtartam lejártá után az adatokra nincs szükség.
- (3) *Történeti adatbázis*, amely a végrehajtás (a termeléshez tartozó fontosabb események) adatainak rögzítésére szolgál. Ismétlődési periódusa mindig időtartam vetületű. A mindenkori időciklus lejártá után – feldolgozáson keresztül – az adatok egy része beépül az alapadatbázisba, másik része pedig archiválódik.
- (4) *Archív adatbázis*, olyan adatokat tartalmaz, amelyek több irányítási időcikluson keresztül változatlanok, vagy a feladat teljesülése után a történések dokumentálására szolgál.

Az adatbázisok *adathalmazokra* tagozódnak. Az adathalmaz, valamilyen rendezőelv szerint értelmezve, azonos területre, dolgokra vonatkozó adatok összességét jelenti. Az adathalmazon belül egy-egy szűkebb témakör adatait *adatállománynak* nevezzük.

Az adatbázisok közötti kapcsolatot a 2.9. ábra szemlélteti. A termelésirányítás adatbázisrendszerének struktúrájára *Bíró, Eszes és Szintay* mutat be viszonylag jól általánosítható példát (2.1. táblázat) [11-13].



2.10. ábra A termelésirányítási rendszer adatbázisai között értelmezhető legfontosabb kapcsolatok

Jellegzetes adatbázis struktúra termelésirányításhoz

2.1. táblázat

<i>Adatbázis rendszer</i>	<i>Adatbázis</i>	<i>Adathalmaz</i>	<i>Adatállomány</i>
Termelés-irányítás	Alap-adat-bázis	Gyártmányhoz kötődő adatok	Katalógus-adatok; Konstruktív adatok; Technológiai (pl. műveletterv) adatok; Fajlagos erőforrásigény adatok; Költség, fedezet, ár (gazdasági) adatok.
		Gyártó-berendezésekhez kötődő adatok	Kapacitás, áteresztőképesség adatok; Karbantartás-előírási adatok; Üzemviteli előírási adatok; Nyilvántartási adatok.
		Gazdasági adatok	Általános költségadatok; Előkalkulációs adatok; Gyártási költségadatok.
		Kereskedelmi Adatok	Vevők adatai; Elbírálási kritériumok adatai.
Termelés-irányítás	Munka-adat-Bázis	Rendeléshez (feladathoz) kötődő adatok	Szükségleti (erőforrás-igény) adatok (fészeségenként: - anyag, energia, - kapacitás, -munkaerő, stb.); Határidős adatok; Szerződéskötéshez szükséges adatok.
		Időtartamhoz kapcsolódó adatok	Éves termelési terv-adatok; Negyedéves, havi termelési program; Finomprogram (dekád, heti, napi).
		Gyártási tételhez kötődő adatok	Szükségleti (erőforrásigény) adatok (fészeségenként); Munkaadagolási adatok; Gyártáselőkészítési adatok.
Termelés-irányítás	Történeti adatbázis	Kereskedelmi Adatok	Rendelés-nyilvántartási adatok; Piackutatási és -feltárási adatok; Szerződés-nyilvántartási adatok.
		Nyilvántartási adatok	Készletadatok; Kapacitásterhelési adatok; Foglaltsági adatok.
		Számbavételi Adatok	Termelési adatok; Erőforrás-felhasználási adatok; Munka- és bérügyi adatok; Teljesítési adatok; Üzemállapot-nyilvántartási adatok.
Termelés-irányítás	Archív adatbázis	Kereskedelmi adatok	Lezárt szerződések adatai; Piaci adatok; Értékesítési adatok (múlt).
		Termelési adatok	Termelési adatok (készáru, félkésztermék); Ráfordítási adatok; Bér- és munkaügyi adatok; Terv- és programadatok.
		Gazdasági adatok	Költségfelhasználás adatai; Utókalkulációs adatok.

2.5. A számítógépes termelésirányítási rendszerek kialakulása és első változatai

Jelenleg a számítógépes termelésirányítási rendszerek harmadik generációjáról beszélhetünk. Ezek legmarkánsabb jellemzői:

- a termelésstervezés és –irányítás funkcióit ellátó rendszer a komplex vállalatirányítási (ERP) rendszer jellegzetes modul-csoportjaként (alrendszereként) jelenik meg;
- mind a komplex ERP rendszer, mind annak funkcionális alrendszerei nyitott végűek, tehát igény szerint további modulokkal bővíthetők;
- az ERP rendszer és alrendszerei egyre erősödő informatikai infrastruktúrára, számítógépes hálózati támogatásra számíthatnak (LAN, WAN; Intranet, Internet);
- az előzőekkel összhangban egyre erősödik a szabványosítás igénye és gyakorlata, figyelembe véve a kompatibilitási és interoperabilitási követelmények kielégítését.

A kereskedelmi forgalomban kapható mai ERP rendszerek belső felépítéséről, az alkalmazott matematikai modellekről, módszerekről, algoritmusokról (beleértve a széleskörűen alkalmazott heurisztikus módszereket is) egyre kevesebb érdemi információt közölnek és a rendszerek ilyen természetű belső tulajdonságait többé-kevésbé üzleti titokként kezelik. Ezért érdemes röviden áttekinteni a termelésirányítási rendszerek kifejlesztésének kezdeteit, amikor a fejlesztés igényei, motivációi, az elméleti megközelítés során kipróbált modellek és módszerek lényegesen könnyebben megismerhetők voltak, mint a jelenlegi igen erős versenyhelyzetben. Általánosan elfogadott ténynek tekintik a szakirodalomban az IBM kezdeményező szerepét a termelésirányítás átfogó elméleti háttérének és számítógépes modellezésének megalapozásában. A következőkben összefoglaljuk az IBM által kezdeményezett (első generációsra tekinthető) rendszerek legfontosabb jellemzőit. Érdekes megfigyelni, hogy egy viszonylag modern mai (harmadik generációs), közepes teljesítményű vállalatirányítási rendszer (például a Függelékben részletesen bemutatott Infor:COM) milyen hasonlóságokat és eltéréseket mutat a kezdeti fejlesztésekhez viszonyítva.

Az IBM az 1960-as évek végén kezdett foglalkozni egész iparvállalat igényeit kielégítő termelésirányítási rendszer – pontosabb megfogalmazás szerint termelési információs és irányítási rendszer – kifejlesztésével. Elsőként a 8 modulból (alrendszerből) felépített PICS (Production Information & Control System) rendszert dolgozták ki IBM 360/370-es gépekre, kötegelt feldolgozásokhoz. Kezdetben 4 súlypont alakult ki a fejlesztés során, amelyek a megváltozott hw+sw környezet és az újabb igények mellett is őrzik fontosságukat:

- (1) Alapadatok, központi adatbázis struktúra: gyártmányszerkezet; művelettervek; termelő (gyártó-) berendezések; tétel, termék;
- (2) Készletgazdálkodás;
- (3) Anyagszükséglet számítása;
- (4) Kapacitás-terhelés.

Az (1) szerinti központi adatbázis-koncepció az IBM által fejlesztett termelésirányítási rendszerek filozófiájában ma is sarkalatos pont: minden parciális felhasználó a központi adatbázisból (komplexebb, teljesebb kiépítettségű verzióknál az adatbankból) dolgozik és ez képezi a vállalati feltételekhez való illesztés alapját is.

A PICS rendszerből fejlődött ki az IBM cégnek a 80-as évek elejéig legsikeresebb termelésirányítási rendszere, a COPICS (Communication Oriented Production Information & Control System). Ez a rendszer – mint elnevezése is utal rá – *interaktív* felhasználási környezetre készült, vagyis *on-line* rendszer, amely kikerült a számítóközpont közvetlen kezeléséből, terminálokon keresztül használták. Koncepciója 1970/72 körül alakult ki, implementálása két irányban történt meg:

- System/370 és 43xx típusú *main-frame* gépekre és terminálhálózatra (eredeti COPICS koncepció);

- System/34 kisépre és terminálhálózatra (szűkített rendeltetésű, kisebb teljesítőképességű COPICS „leképzés”: MAPICS-I és MAPICS-II; MAPICS = Manufacturing & Accounting Production Information & Control System), de úgy, hogy nagyszámítógéppel való összekapcsolás is lehetséges legyen.

Történeti érdekesség, hogy eleinte az IBM csak a koncepciót adta el, a programok fejlesztésében csupán támogatásra vállalkozott. A nagy érdeklődésre való tekintettel a hetvenes évek közepétől már számítógépes változatok is készültek az IBM-nél, amelyek jellemzői (egyebek között):

- Interaktív felhasználási környezet;
- Teljeskörű vállalati adatbázis (központi adatbank) a következőkre:
 - tételek,
 - termelőkapacitások,
 - technológiai folyamatok,
 - anyagtervek,
 - rendelések,
 - előrejelzések,
 - szállítók, vevők

adatai;

- Közvetlen hozzáférés;
- Nagyszámú felhasználói funkció támogatása.

A COPICS-koncepció 12 felhasználói területet definiál az iparvállalaton belül, amelyek a következők [47]:

(1) Műszaki és termelési (tervezési) adatok kezelése

A központi adatbázis (adatbank-) koncepció szerint az alapvető műszaki adatok strukturált előállítás, kezelése, karbantartása.

(2) Beérkező megrendelések kezelése

Az értékesítési információkat a gyártással köti össze. Ide tartozik a vevőktől beérkező megrendelések kezelése, irányítása és követése egészen a kiszállításig.

(3) Piaci előrejelzések

A vállalatvezetés számára lehetővé teszi a késztermékekre vonatkozó igények meghatározását, mennyiségi előrejelzését, egyfelől becslési algoritmusok, másfelől értékesítési tényadatok kombinált felhasználásával.

(4) Nagyvonalú gyártási főprogram (Master Schedule)

Késztermék-kibocsátás (termelés) tervezése, amely azt vizsgálja, hogy a különböző eladási tervek milyen mértékben veszik igénybe a vállalat kapacitásait, erőforrásait. Az eredmény egy nagyvonalú termelési terv, amely kiindulási alap a finomprogram készítéséhez.

(5) Készletgazdálkodás és anyagszükséglet-tervezés

A késztermékekre vonatkozó tervek alapján meghatározza a saját gyártású és a kooperációs tételek megrendelési mennyiségét.

(6) Gyártási tevékenységek tervezése (kapacitástervezés)

A finomprogram megvalósításához szükséges kapacitásokat kiszámítja és összehasonlítja a rendelkezésre álló kapacitásokkal, azaz finomítja a (4) szerint betervezett rendelések ütemezését. Célja a gyártásban lévő készletek és az átfutási idő csökkentése is.

(7) Műhely-megrendelések kibocsátása

A tervezés és a gyártás közötti csatlakozási felületet jelenti. Egy-egy rendelés gyártásba adásának időpontjában biztosítja a gyártáshoz szükséges dokumentációkat és a szükséges anyagokat.

(8) Műhelyszintű irányítás

Ez a funkció végigköveti az összes műhelymegrendelést a gyártás folyamán. Koordinálja megfelelő prioritások szerint az egymáshoz kapcsolódó fő-, segéd-, fenntartó- és környezeti folyamat elemeket, így az anyagmozgatást, szerszámellátását, a gyártóberendezéseket, stb. Mivel ide tartozik az ipari folyamatok közvetlen számítógépes irányítása is, a gyártásautomatizálás fejlődése révén – különösen CIM rendszerekben – ez a terület kiemelkedő jelentőségű a PPS/CAPP, PPS/CAM és természetesen a CAM/CAST interfészek szempontjából is.

(9) Tervszerű megelőző karbantartás (TMK) tervezés

A TMK munkaerő- és anyagszükségletének, valamint költségének tervezése, a meghibásodások figyelemmel kísérésére és azok elhárítására terjed ki.

(10) Beszerezés és anyagfogadás

Ez a funkció kezeli az érvényes ajánlatokat, előállítja a beszerzési megrendeléseket, követi a folyamatot a beszerzés indításától a visszaigazoláson keresztül a beérkezésig, valamint a raktárban való elhelyezésig.

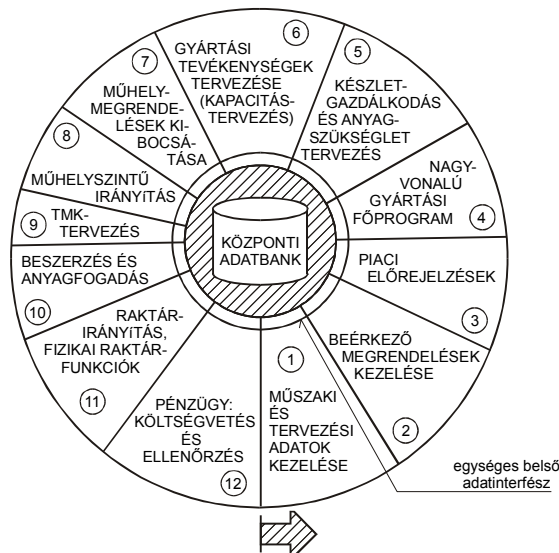
(11) Raktárirányítás, fizikai raktárfunkciók

Ehhez a területhez tartozik a raktárhelyek figyelése és az anyagok tárolási helyének meghatározása, beleértve az automatizált raktárirányítás fizikai funkcióit is. A cél a raktár befogadóképességének minél jobb kihasználása, az anyagkezelési hibák és idők csökkentése.

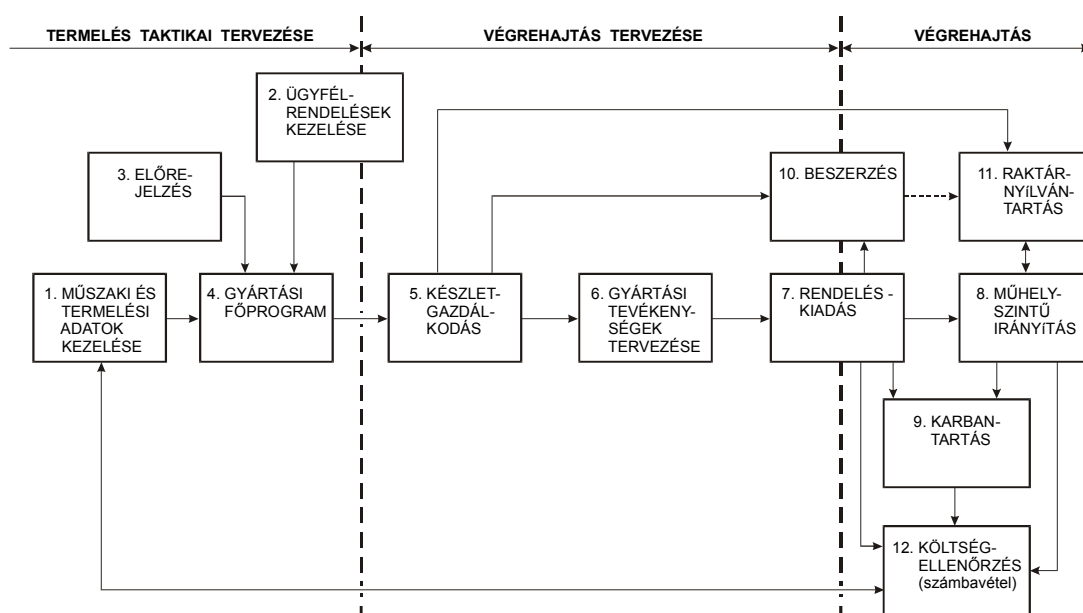
(12) Pénzügy: költségvetés és ellenőrzés

A költségvetési (költségtervezési) és elszámolási feladatok megoldásához az idetartozó információk összeállítását, kezelését és feldolgozását végzi a vállalat gazdasági vezetése számára.

A felsorolt 12 fő funkciót a 2.11. ábra, az egyes területek kapcsolódását és a taglalt funkciók időhorizontok szerinti csoportosítását pedig a 2.12. ábra szemlélteti.



2.11. ábra A COPICS és MAPICS rendszerek közös funkcionális modul készlete



2.12. ábra A COPICS/MAPICS modulok kapcsolatai az időhorizontok figyelembevételével

A COPICS-koncepció hatékony ipari bevezetését elősegítendő, az IBM kifejlesztette az ún. COPICS Implementation-t, amelynek 4 fő komponense van: *standard adatbáziskezelő architektúra, alkalmazási programrendszerek, gyártóipari adatbázis és tervezési, alkalmazásfejlesztési kézikönyvek.*

A *standard adatbáziskezelő architektúra* a DL/1 ill. az IMS/VS adatbáziskezelő rendszereket, valamint a CICS/VS adatkommunikációs rendszert foglalta magába. Ezek használatával egyrészt csökkentek a rendszer bevezetéséhez szükséges ráfordítások, másrészt lehetővé vált a mindenkori vállalati termelésirányítási rendszer folyamatos bővítése.

Az alkalmazási programrendszerek az előzőekben felsorolt fő funkciókat támogatták. A számítógépes támogatás mértékét illetően az IBM bizonyos tapasztalati prioritások szerint járt el. A vállalati tapasztalatok alapján nyilvánvaló, hogy minden COPICS-bevezetés egyedi igényeket, feltételeket és körülményeket is jelentett és a bevezetést modulonként kellett végezni. Az IBM mind COPICS, mind MAPICS implementációk esetében alapelveként deklarálta, hogy a bevezetést megelőzően gondos elemző vizsgálattal kell eldönteni, hogy mely modulokat kell először bevezetni

Az alkalmazási programrendszerek a legerősebb támogatást az alábbi területeken nyújtják (zárójelben az 2.10. ábrán jelzett modul-sorszámok): műszaki és termelési adatok kezelése (1); vevői rendelések kezelése (2); előrejelzés (3); készletgazdálkodás, szükséglettervezés (5); műhelyszintű irányítás (8); beszerzés, áruátvétel (10); raktárirányítás, raktárgazdálkodás (11); költségtervezés és –ellenőrzés (12).

Az alrendszerek közötti automatikus kommunikációt, üzenetközvetítést a CORMES (Communication Oriented Message System) végezte.

A *gyártóipari adatbázist* elvileg csupán a mindenkori felhasználói adatokkal kell feltölteni. Gyakorlatilag módosításra, bővítésre minden vállalatnál szükség van.

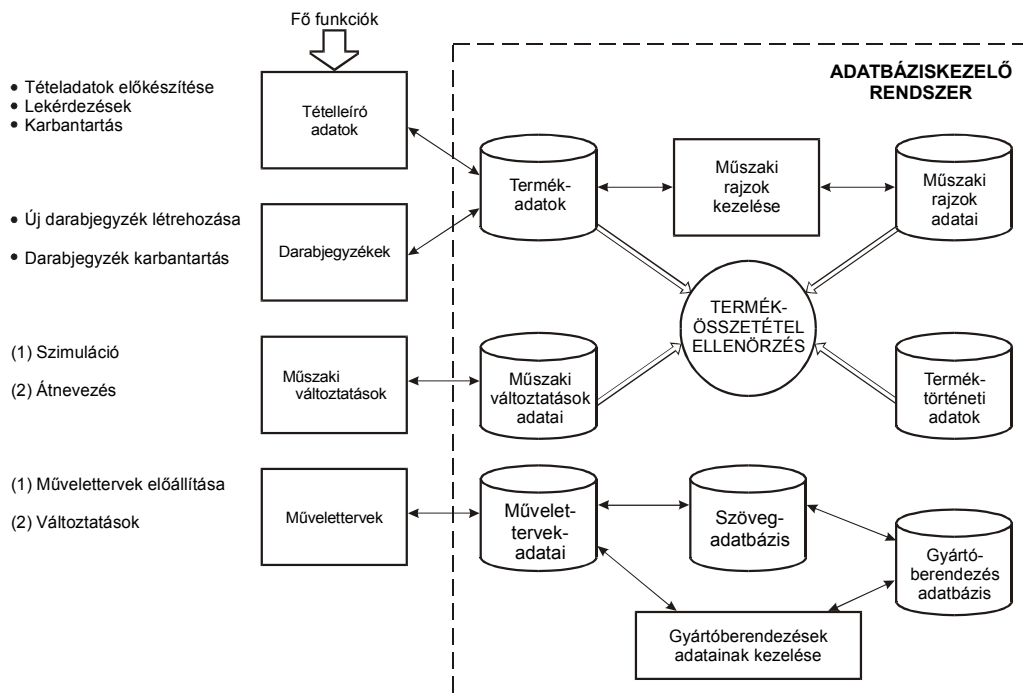
A *tervezési, alkalmazásfejlesztési kézikönyvek* a konkrét vállalat tényleges és valós igényeinek definiálásában, a programrendszerek és az adatbázisok illesztésében nyújtottak nélkülözhetetlen segítséget. Közülük a Rendszerdefiniálás-Felhasználói kézikönyv és a Rendszerdefiniálás-Adatfeldolgozási kézikönyv a legfontosabb, amelyek minden egyes alrendszerhez külön-külön rendelkezésre álltak.

Természetesen nem minden vállalatnál volt szükséges a COPICS teljes szolgáltatási spektruma. A moduláris felépítés lehetőséget adott a lépésenkénti bevezetésre. Miután az alkalmazás sikere szempontjából a közös adatbank, valamint a műszaki és termelési alapadatok kezelését végző modul implementálása elsődleges fontosságú, ezért a bevezetést ezekkel kellett kezdeni. Mindez a MAPICS-re is érvényes.

A COPICS/MAPICS rendszerek műszaki-ügyviteli alrendszerének (1. Műszaki és termelési/tervezési adatok kezelése) teljesítőképességét egy kissé részletesebben is megvilágítjuk (2.13. ábra). Például a műveletterv adatok létrehozását (felvitelét), karbantartását és lekérdezését az alábbiak jellemzik:

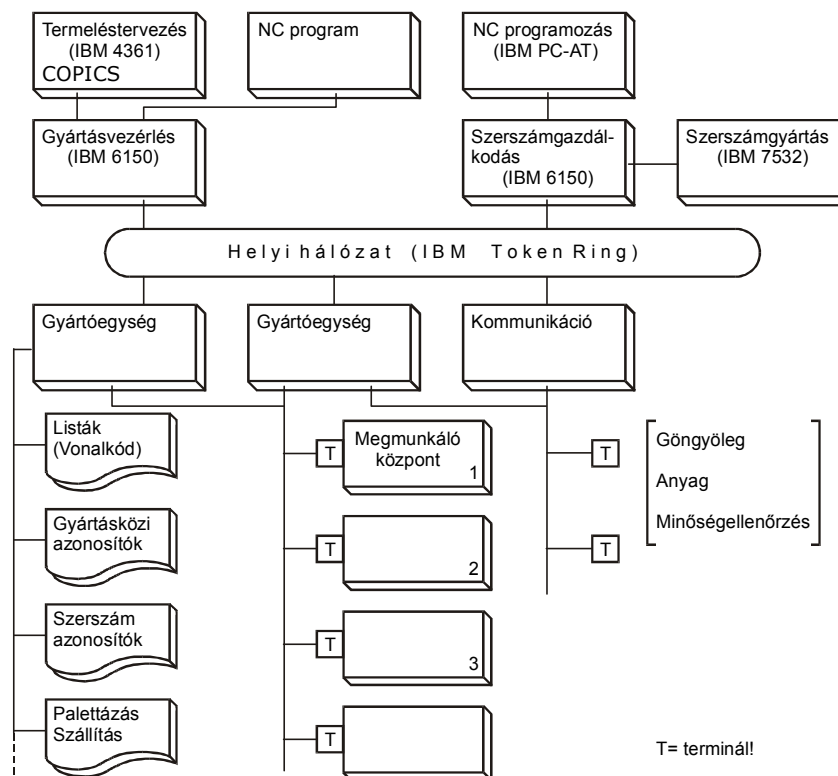
- kétféle feltöltési módszer (lassú, gyors);
- műveleti részletek másolása, műveletek újrasorolása;
- műveletterv-családok megjelenítése;
- helyettesítő (alternatív) műveletek megkeresése;
- több tétel által használt műveletterv megkeresése;
- tételhez, munkahelyhez, szerszámhoz tartozó műveletek megkeresése.

Az IBM nagy erőket koncentrált a nyolcvanas években a számítógéppel integrált gyártás (CIM) különböző részterületein saját kutatási-fejlesztési eredmények (modulok, integrált részrendszerek és rendszerek) elérésére.



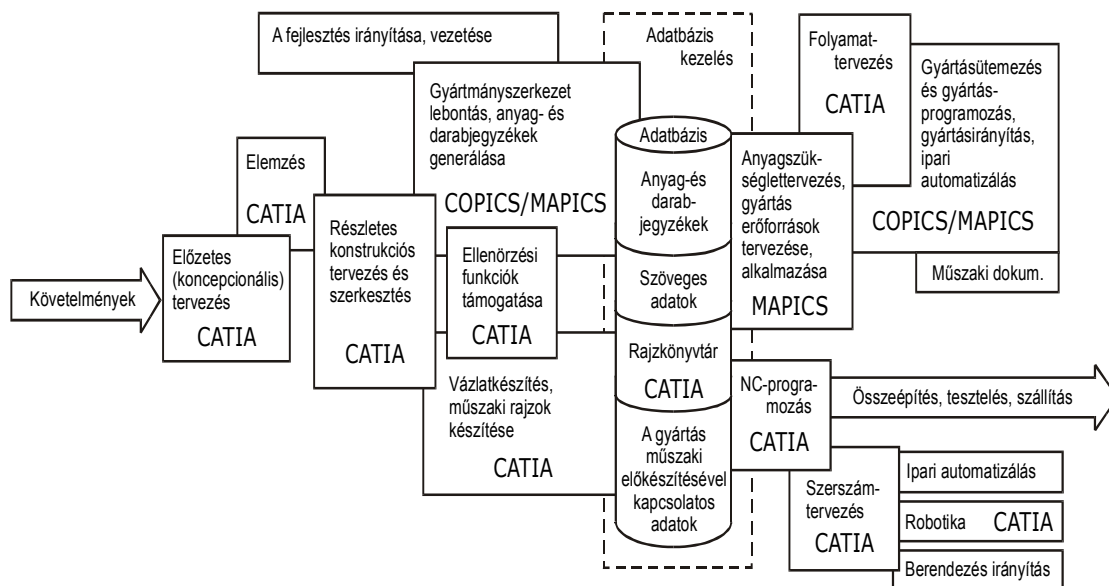
2.13. ábra A COPICS/MAPICS rendszerek műszaki-ügyviteli alrendszerének funkcióvázlata

Az erőfeszítéseket főként a rugalmas gyártórendszerek gyártás-előkészítésének támogatására, valamint a meglévő korszerű programrendszerek közötti kommunikáció megteremtésére fordították (2.14. ábra).



2.14. ábra IBM informatikai eszközök rugalmas gyártórendszer irányításában

Külön említést érdemel a rendkívül nagy teljesítőképességű CAD/CAM rendszer, a nyolcvanas évek óta folyamatosan fejlesztett, az újabb informatikai eszközök növekvő teljesítőképességéhez sikeresen alkalmazkodó CATIA, amelynek a COPICS/MAPICS rendszerekkel is voltak csatlakozási felületei (2.15. ábra).



2.15. ábra A CATIA és a COPICS/MAPICS rendszerek integrációja az IBM cég CIM koncepciójában

A COPICS rendszer rendelkezett egy-egy természetes CAD és CAM csatlakozási felülettel. A gyártmánytervezés egyik eredményét a gyártmány szerkezeti adatok, a többszintű darabjegyzékek jelentették, amelyek közvetlenül bekerültek a COPICS műszaki és termelési adatokat tartalmazó adatbázisába. Ugyanakkor a műhelyszintű termelésirányításnak közvetlenül a CAM-hoz volt output jellegű interfésze.

A COPICS alkalmazásokról néhány statisztikai adat:

- A nyolcvanas évek végén világszerte kb. 2500 alkalmazást tartottak nyilván, amelyek egyes részterületektől a teljeskörű implementációig a legkülönbözőbb szintűek.
- A vállalati projekt-tervezések átlagos adatai a következők voltak:
 - kb. 400 emberhét (programozó, szervező);
 - + kb. 25 % felhasználói részvétel;
 - + kb. 15 % projektvezetés;összesen: 10-15 emberév ráfordítás.

(A fentiek feltételezik a megfelelő vállalati információs infrastruktúra meglétét.)

A COPICS-típusú, első generációsnak tekinthető „klasszikus” termelés-irányítási rendszereket a nyitott végű, komplex vállalatirányítási rendszerek váltották fel, amelyek a termelésirányítási feladatokon túlmenően számos más tervezési, irányítási és ellenőrzési funkciót támogatnak, vagy teljes mértékben automatizálnak. Ezeket a rendszereket nagyrészt nemzetközi szoftverházak fejlesztik, bevezetésükre és a mindenkori alkalmazó feltételei szerinti „testreszabásra” pedig kisebb-nagyobb cégek százai szakosodtak világszerte. A nagymértékben nyitott magyar gazdaság és a hazánkban jelenlévő nagyszámú multinacionális vállalat következtében a komplex vállalatirányítási rendszerek legismertebb képviselői Magyarországon is jelen vannak, köztük a világ legnagyobb teljesítőképességű ERP rendszerei is (People-Soft/J.D.Edwards; Oracle E-Business Suite, mySAP ERP, stb.) [42].

3. Rugalmas gyártórendszerek termelésirányítása

A rugalmas gyártórendszerek a diszkrét termelési folyamatok végrehajtására szolgáló legkorszerűbb technológiai rendszereknek tekinthetők.

Definíció: Rugalmas gyártórendszereknek (Flexible Manufacturing System = FMS) nevezzük azokat a kombinált forgácsoló, szerelő, mérő, stb. rendszereket, amelyek számítógéppel irányított gépekből, szerelőcellákból, ipari robotokból, CNC mérőgépekből, munkadarab mosó-, tisztító gépekből, stb. épülnek fel, számítógéppel irányított anyagmozgatással és raktározással rendelkeznek és amelyek osztott intelligenciájú hálózaton alapuló, magas szintű adatfeldolgozó rendszer segítségével vannak összekapcsolva [77].

A szakirodalom (főként *Buzacott* [16-17], és *Kusiak* [55-56] munkái) alapján megállapítható, hogy a flexibilitás 8 típusát célszerű megkülönböztetni. Ezek többsége részleges (parciális) flexibilitás, amelyek a *termelési flexibilitás*, mint a legösszetettebb rugalmassági fogalom valamilyen elemét emelik ki. Az FMS-ek osztályozásakor az alábbi szempontok alapján foglalják össze a minimális követelményeket egy adott FMS-re nézve:

- legyen meg benne a 8 flexibilitás-típusból legalább egy;
- az automatizálás bizonyos mértéke, kiterjedtsége;
- a gyártandó alkatrészfeleségek elég széles skálája, amelyet tipikusan kis- és közép-sorozatokban állít elő a rendszer.

Az alábbi flexibilitás-típusokat szokták megkülönböztetni:

- (1) *Gép (gyártóberendezés) flexibilitás*, amely megkönnyíti a gépnél (berendezésnél) való változtatásokat (pl. szerszámcseré, NC program cseré, stb.), amelyek egy adott alkatrésztypusból álló halmaz legyártásához szükségesek; ez részben fejlett technológiával, részben a gépre való megfelelő műveletkijelöléssel érhető el.
- (2) *Gyártási folyamat flexibilitás*: különböző alkatrésztypusok különféle műveleteket igénylő és anyagokat felhasználó változatos halmazát tudja gyártani a rendszer egyidejűleg: ez elérhető a gépek flexibilitása, ill. többcélú, adaptálható CNC megmunkáló központokkal.
- (3) *Termék vagy gyártmány flexibilitás* az a képesség, hogy a rendszer gazdaságosan és gyorsan tudjon átállni új termék vagy termékcsoporthoz gyártására; ezt a gyors reakcióképességet segíti egy hatékony és automatizált termeléstervezési és irányítási rendszer (pl. automatikus művelet hozzárendelés a gépekhez, automatikus paletta szétosztási képesség, stb.), valamint a gép flexibilitás megvalósítása.
- (4) *Technológiai útvonal flexibilitás*, amely lehetővé teszi, hogy egy-egy gép kiesése (pl. meghibásodása) esetén is folytatni tudja a rendszer az adott alkatrész-halmaz gyártását előre adott technológiai változatok vagy adott helyettesítő gépek révén. Ez elérhető a technológiailag ekvivalens gépek homogén gépcsoportokba való összevonásával, műveleti technológiai variánsok felkínálásával, esetleg egy-egy műveletnek duplikált géphez rendelésével s az összes ilyen lehetőség kihasználásával a termelésprogramozás során.
- (5) *Gyártási volumen flexibilitás*: képesség a különböző (esetleg kis) volumenek melletti gazdaságos gyártásra; ezt elősegítik a többcélú gépek, a gyártási folyamathoz nem kötött műhelyrendezés, az anyagmozgató-, kezelő rendszer automatizáltsága és rugalmassága, továbbá a technológiai útvonalak rugalmassága.
- (6) *A gyártórendszer kiterjeszhetőség flexibilitása*: lehetőség a gyártórendszer fokozatos, moduláris kiépítésére és kiterjesztésére; ezt elősegíti a gyártási folyamathoz nem kötött műhelyrendezés, rugalmas anyagmozgató rendszer, moduláris gyártócellákból való építkezés és a technológiai útvonalak rugalmassága.
- (7) *A gyártórendszer működési flexibilitása*

- felcserélhetőség bizonyos műveletek között (precedencia-struktúrában belül);
 - nyitott technológiai útvonal.
- (8) *Termelési flexibilitás*: a meglévő technológiai színvonallal függ össze és a rendszerben egyáltalán gyártható alkatrésztípusok által meghatározott.

Flexibilitás-típusok

3.1. táblázat

GÉP FLEXIBILITÁS	<ul style="list-style-type: none"> • TERMÉK FLEXIBILITÁS • GYÁRTÁSI FOLYAMAT FLEXIBILITÁS • MŰKÖDÉSI FLEXIBILITÁS 	TERMELÉSI FLEXIBILITÁS
TECHNOLÓGIAI ÚTVONAL FLEXIBILITÁS	<ul style="list-style-type: none"> • VOLUMEN FLEXIBILITÁS • KITERJESZTHETŐSÉG FLEXIBILITÁS 	

3.1. A rugalmas gyártórendszerek osztályozása fizikai

A rugalmas gyártórendszerek fizikai komponenseit általában az alábbi négy csoportba sorolhatjuk, kiemelve az egyes fizikai összetevők legfontosabb képességeit is:

- (a) szerszámgépek
- általános vagy speciális célú gépek;
 - automatikus szerszámcsere képesség, szerszámtár kapacitás, szerszámcsere-szükséglet, stb.;
- (b) anyagmozgató és szállító rendszerek
- változatos típusúak (pl. felrakógép, konveyor);
 - az alkatrészek mozgatása (pl. raklapon, palettán);
 - szerszámszállítás megoldása (pl. kézi, automatikus);
- (c) műveletközi tárolási helyek
- központi puffertár;
 - decentralizált puffer minden egyes gépnél;
 - lokális tárolás;
- (d) számítógépes irányítás
- elosztott döntési rendszer;
 - információs rendszerre építkezés, centralizált döntés;
 - a gyártandó alkatrészek összetételét egyszerű periodikus input szabályozza, vagy visszacsatoláson alapuló prioritási szabály.

Külső (funkcionális, morfológiai) jellemzők alapján legalább három FMS-altípust a szakirodalom élesen megkülönböztet, ezek:

I. Rugalmas gyártócella (FMC)

A legegyszerűbb és ezért legrugalmasabb *autonóm gyártóegység*, amely egy CNC szerszámgépből, automatizált anyagkezelő berendezésből (pl. robot) és input-output puffer-tárolókból tevődik össze.

Lényegében megvannak benne egy rugalmas gyártórendszer összes komponensei.

II. Rugalmas gyártórendszer (FMS) *

Döntően *on-line, real-time* irányítású rendszer, amely általános célú szerszámgépekből, vagy ilyeneket tartalmazó gyártócellákból áll. A rendszerben kis sorozatban gyártandó munkadaraboknak számos különböző technológiai utat kell megtenniük a készregyártásig.

Az ilyen FMS az anyagmozgató és szállító berendezések változatos fajtáival lehet felszerelve. Jellemző rá a *gép-gyártási folyamat- és termék-flexibilitás*, valamint a *technológiai útvonal flexibilitás*, aminek következtében könnyen és automatikusan áthidalja a gép-meghibásodásokat. *Job-shop* típusú műhelynek felel meg.

III. Rugalmas transzfersor (FML)

Az alkatrésztípusok technológiai útvonala azonos, a gyártórendszer elrendezése a gyártási folyamat által meghatározott.

3.2. Rugalmas gyártórendszerek termelésirányításának alapesetei, követelményei

A jelen fejezetben célunk az FMS-ek termelésirányításának legfontosabb alapeseteit összefoglalni. A tárgyalás súlypontját a legalacsonyabb időhorizontú *termelésprogramozás* képezi, mivel ezen a szinten mutatkozik a legtöbb különbség a hagyományos gyártórendszerek termelésirányításához képest. A hagyományos termelésirányítás előidejű feladatokkal foglalkozik. A magas automatizáltsági fokú, számítógépes irányítású on-line FMS-ek valósidejű termelésirányítási részfeladatokat is megoldanak.

A következőkben *Somló János, Szelke Erzsébet* és *Grint Márton* elemző tanulmányát tekintjük alapvetőnek [83]. Eszerint:

(1) Hagyományos gyártási környezetbe telepített FMS esetén

- egységesen *off-line* termelésirányítás és gyártási folyamatirányítás valósul meg;
- az FMS-nek a befogadó műhely szerves részeként kell működnie;
- az FMS termelésprogramozási rendszerének a befogadó műhely termelésprogramozásával összhangban kell működnie, mivel *a termelésütemezés szintjéről kapott, ugyanazon tervperiódusra szóló gyártási feladaton osztoznak.*

(2) Önmagában funkcionáló, egységes egésként kezelendő FMS esetén

* A rugalmas gyártórendszerek csoport(gyűjtő-) nevének (FMS) és az egyik altípus nevének azonossága történetileg alakult ki és a szakirodalomban egy időben definíciós zavarokat is okozott (lásd pl. *Kusiak* [55]). Ma már hallgatólagosan elfogadott a gyűjtőnév és az egyik főtípus azonossága, a szövegkörnyezetre bízva, mikor melyik értelemben használják az FMS rövidítést.

- az FMS, önálló műhelyhez hasonlóan, készregyárt munkadarab-sorozatokat;
- *on-line, real-time gyártási folyamat-irányítással* rendelkezik, amely lehetővé teszi az ugyancsak *on-line termelésprogramozást*;
- a gyáron belül rá kiterjedő felsőbb szintű termelésirányítás döntéseit és a rá kiszabott gyártási feladatokat önállóan valósítja meg.
- Az automatizáltsági szintje magasabb, mint az (1) típusé.

A termelésprogramozási rendszer feladata, hogy a magasabb időhorizontú termelésirányítási szinttől egy rövidebb tervidőszakra (pl. 1 hét, 1 dekad) kapott termelési feladat gyártási műveleteit időben és térben konkrét gépekre (munkahelyekre) ütemezze és ezzel előállítsa az operatív műhelyszintű irányítás alapját képező finomprogramokat. Mindezt adott gazdasági célok és korlátozó feltételek, valamint a termelés aktuális állapotának figyelembevételével kell ellátnia. Követelmények:

- (1) A termelésprogramozási rendszernek figyelembe kell vennie a termelésirányítás magasabb szintjén előírt, az *adott szintre aktualizált gazdasági célokat*. Ilyenek:
 - a termelésütemezés szintjén deklarált határidők betartása;
 - a gyártórendszer erőforrásainak hatékony kihasználása;
 - a sorozatok átfutási időinek csökkentése;
 - a műveletközi készletekben lekötött érték csökkentése.
- (2) A termelésprogramozási rendszernek az *aktuálisan adott kapacitás- és gyártóeszköz korlátok között* kell működnie, vagyis:
 - a termelőkapacitások (gépek) korlátos kapacitására *általában*, a kialakuló szűk keresztmetszetekre vagy gépkiesésekre *aktuálisan* felkészültnek kell lennie;
 - a műveletközi szállítás módjától függően tekintettel kell lennie a sorozatok *egyszerre mozgatható* adagjaira (pl. raklapos továbbításnál az egység-rakományokra, palettás rendszernél a palettán mozgatott darabok számára);
 - a gyártóeszköz-korlátok (pl. palettás rendszereknél a véges palettaszám) figyelembevételével kell kialakítani az *optimális sorozatnagyságokat*;
- (3) A finomprogramok összeállítása során összhangot kell teremtenie a *befogadó gyártási környezet* termelésprogramozási döntéseivel;
- (4) A finomprogram-készítést ajánlati jelleggel (különösen *on-line* folyamatirányítás estén) ki kell terjeszteni a *gyártási segédfolyamatokra* (pl. gyártáselőkészítésre) is;
- (5) Az FMS flexibilitás-típusainak megvalósítását *szoftver-oldalról* támogatnia kell:
 - a munkadarab-sorozatok gyártásánál választható *technológiai útvonal variánsok*,
 - *műveletenként redundáns gépek* (pl. homogén gépcsoport gépei)közül való választással, figyelembe véve a műveletek egymás közötti felcserélhetőségét;
- (6) *Real-time, on-line* irányítású rendszereknél lehetővé kell tennie az ún. *elosztott döntést* a finomprogramozás során (*dinamikus* ütemezés);
- (7) Figyelembe kell vennie a döntések előkészítésekor a *termelés mindenkori aktuális állapotát* (státuszát), ugyanis csak a termelésből visszacsatolt információon alapuló döntések eredményezhetnek *végrehajtható* finomprogramokat. *On-line* folyamat-irányítás megvalósulása esetén a visszacsatolt információt egy *real-time termelésekövetési nyilvántartásnak* kell szolgáltatnia.
- (8) A termelésprogramozási rendszernek tovább kell adnia a gyártásba vett munkadarab-sorozatok *készültségi fokára* vonatkozóan a termelésből visszacsatolt információt a termelésirányítás felettes szintjének;

- (9) A gyártási folyamatban bekövetkező esetleges *zavarok, váratlan események áthidalásában* a termelésprogramozási rendszernek támogatnia kell a gyártási folyamatirányítást;
- (10) A termelésprogramozási rendszer *szoftver* realizációjának *moduláris felépítésűnek* kell lennie a könnyű adaptálhatóság érdekében.

A követelmények kielégítésére javasolt elvi megoldások:

- ad(1): *Prioritási szabály-bázis* szükséges az ütemezési eljáráshoz, amelyből a gyártási finomprogramok generálásakor az aktuális gazdasági cél és az adott termelési helyzet elemzése alapján a megfelelő prioritási szabály kiválasztható egy gép aktuális terheléséhez. *Az egyes prioritási szabályok szubrutinok formájában lehívhatók a döntésnél.* A prioritási szabályok több cél egyidejű figyelembevételére esetén kiegészíthetők bizonyos *heurisztikákkal* (Például: átszerszámítások számának minimalizálása, műveletek átlapolt végrehajtása).
- ad(2): A termelőkapacitások (napi munkaidő) *norma adatai* a termelésprogramozási rendszer alapadatai közé sorolandók és ezeket a termelésből való vissza-csatolással *aktualizálni* kell. A termelésprogramozási rendszernek a kialakuló *szűk keresztmetszetű* gépeket (bottleneck) kiemelten kell kezelnie: az ütemezési eljárás döntései során mindig először ezekre történik döntés a szabad gépek közül. Az ütemezés során megfelelő *szimulációs eljárás* gondoskodik a paletták vissza-cirkuláltatásáról a gyártásba és csak elégtelen számú paletta esetén kezdeményez *sorozatbontást*.
- ad(3): Hagyományos gyártási környezetbe telepített FMS esetén a termelés-programozási rendszer összhangban működik a hagyományos műhely termelésprogramozásával: ugyanazon gyártási feladat egy-egy munkadarab sorozatán osztoznak.
- ad(4): Az FMS-ek termelésprogramozási rendszere az operatív gyártás-előkészítéssel való összehangolt működést a *gördülő-(csúszó-)* tervezés elvének alkalmazásával teszi lehetővé (mellék- és segédfolyamatok). Ennek elsősorban a gyors termékátfutásokra és termékváltásokra felkészített *on-line, real-time* FMS-ek esetében van jelentősége, amelyeknél a termelésprogramozási rendszer napi gyakorisággal való futtatására az igény és lehetőség megvan.

A termelésprogramozási rendszer a felettes irányítás által adott T tervperióduson (pl. egy dekádon) belül minden egyes napra (vagy tetszés szerinti $T_1 < T$ időszakra) ún. "*éles*" *finomprogramot* szolgáltat az esedékes végrehajtható gyártási műveletre. Az "*éles*" finomprogram folytatásaként a felhasználó kívánsága szerinti további néhány napra (T_2 időperiódusra, ahol $T_1 + T_2 \leq T$) ún. *ajánlati finomprogramot* állít elő (ha $T_2 \neq 0$) a gyártási feltételekkel még nem rendelkező további gyártási tevékenységekre. Az operatív gyártáselőkészítés így megteremtheti a következő T_1 periódus gyártási feltételeit.

- ad(5): A termelésprogramozás szintjén hozott ütemezési döntéseknél érvényesített *technológiai útvonal flexibilitás* szoftver oldalról végső soron a *termelési flexibilitáshoz* járul hozzá. Ehhez a termelésprogramozási rendszer bemenetén meg kell adni a technológiai útvonal variánsokat leíró gráfokat vagy fákat a műveleti törzsadatállományban. Az ütemezési eljárás során a technológiai variánsok figyelembevételével tehermentesíthetők a szűk keresztmetszetű gépek, azáltal, hogy egyes munkák számára az ilyen gépet megkerülő útvonal lesz választva.

Ugyancsak felhasználhatók a szűk keresztmetszetek feloldására a műveletekhez megadott *duplikált gépek* vagy *homogén gépcsoportok*, amelyek az ütemezési döntés

számára meghagyják azt a *szabadsági fokot*, hogy a kevésbé terhelt gépre lehessen ütemezni a munkákat.

Szokás használni az ún. *előrettekintési heurisztikákat* is az üres gépre vonatkozó ütemezési döntéseknél, figyelembe véve a gépre később beérkező munkákat is.

ad(6): *On-line, real-time* folyamatirányítású FMS-eknél a folyamatirányításban megvalósítható a *real-time termeléskövetés*. A termeléskövetés nyilvántartásában minden, a valóságos gyártásban elkezdett vagy befejezett szignifikáns gyártási tevékenység vagy esemény azonnal naplózható. Ennek alapján egy *real-time* döntésekre alkalmas *dinamikus ütemező modullal* - amely a termelés-programozási rendszer része - kivitelezhetőek magából a gyártási folyamatból az egyes gépek felszabadulása által kiváltott, *real-time* és gépekre elosztott döntések.

Ilyenkor a gyártási folyamatirányító rendszer aktiválja működésre a dinamikus ütemező modult, valahányszor egy gép felszabadul a fizikai termelési folyamatban. Ezért a dinamikus ütemező modulnak rendkívül gyorsnak kell lennie. *A döntésnek ezen a szinten már csak a felszabaduló (vagy meghibásodott) gép fizikai várakozó sorában lévő munkára kell kiterjednie*. Ezek már mind a szükséges gyártási feltételekkel rendelkező munkák, tehát a döntés eredményeként a gépre terhelt munka (a munkadarab-sorozat valamely művelete) biztosan végrehajtható.

ad(7): Csakis a gyártási folyamatból visszacsatolt információt figyelembe venni képes termelés-programozási rendszert tekinthetünk elfogadhatónak. A visszacsatolás módja *off-line* és *on-line, real-time* FMS-eknél nagyon eltérő (v.ö.: ad(6)).

ad(8): A termelésprogramozási rendszer működéséhez tehát minden újrafuttatásánál szükség van a gyártás valóságos előrehaladásáról visszacsatolt információra (*Off-line* esetben pl. a termelési bérbizonylatok adatállományából, *on-line* esetben pedig a gyártási folyamatirányítás termeléskövetési nyilvántartásából nyerhető).

Nyilvánvaló, hogy minden újrafuttatás kezdetén maga a termelésprogramozási rendszer módosítja a felettes irányítás (pl. dekadtervezés) valamely adatállományban rögzített és az adott tervidőszakra előírt gyártási feladatának műveleti rekordjait, leírva belőlük a már elkészült tételeket, illetve műveleteket (Visszacsatolás a műhelyszintű irányításból a termelésütemezéshez).

ad(9): *Off-line folyamatirányítás* esetén magát a folyamatirányítást az *intelligens műhely-diszpécser* látja el. Az ő megítélésétől függően aktiválódik újra a termelésprogramozási rendszer az új adatokkal.

On-line folyamatirányítás esetén az "éles" finomprogramban ütemezett (tehát előzetesen tervezett) folyamat bármikor összehasonlítható a dinamikus ütemezési döntések alapján megvalósuló folyamattal. Ha a zavarok mértéke következtében a valóságos folyamat ún. *fatális* mértékben eltér a tervezettől, akkor a folyamatirányítás a statikus (éles) újraütemezést kezdeményezi.

ad(10): A moduláris felépítés előnyei közismertek. Hármaskövetelményt jelent:

- kapcsolhatóság
- csatlakoztathatóság
- újra-felhasználhatóság.

Bevált gyakorlat az egyes modulok *funkciójuk* általi definícióját használni.

3.3. Off-line irányítási környezetű FMS-ek termelésprogramozási rendszere

Hagyományos gyártási környezetben az FMS-nek a befogadó műhely szerves részeként kell működnie.

Időhorizont: 8-24 óra (1-3 műszak).

Felettes szint: *termelésütemezés* (max. időhorizont: dekad).

Az FMS az egész műhely szempontjából

- egy nagy termelékenyséű gépcsoport;
- nem szabad, hogy szűk keresztmetszet legyen.

Az FMS a műhely feletti irányítási szinten homogén módon kezelendő a műhely hagyományos részével, egy-egy tervidőszakra a megadott gyártási feladatokon azzal osztozik.

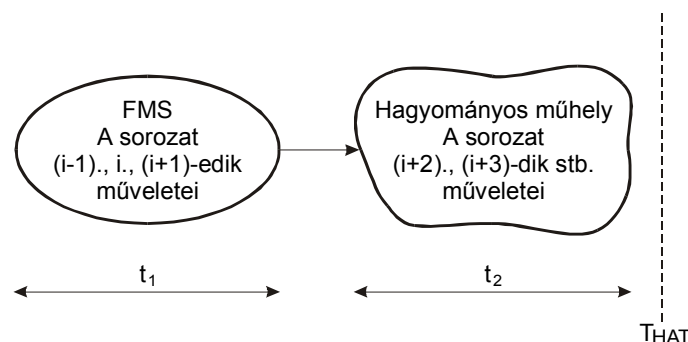
Az FMS *termelésprogramozási rendszere* a műhely hagyományos részével *kooperatív*, de *autonóm* kapcsolatban van. (Indoklás: a fejlettebb, bonyolultabb, rugalmasabb, egyben drágább rendszer *prioritása*).

Az FMS-t magába foglaló gyártóműhelyben az adott időhorizontra vonatkozó gyártási feladat munkadarab-sorozatainak *technológiai útvonala* többféle lehet:

- (1) "*BENT-KINT*" *sorozattípus*: az első néhány művelet az FMS-ben, a továbbiak a hagyományos műhelyrészben;
- (2) "*KINT-BENT*" *sorozattípus*: az első néhány művelet a hagyományos műhelyrészben, a további (befejező) műveletek az FMS-ben;
- (3) "*BENT-KINT-BENT*" *sorozattípus*;
- (4) "*KINT-BENT-KINT*" *sorozattípus*.

Diskusszió:

ad(1): Kiemelt priorítás az FMS finomprogramozási rendszerében: az adott munkadarab-sorozat összes *külső* műveletének is el kell készülnie a tervperiódus végére (dekád, hét) (Lásd: 3.1. ábra).

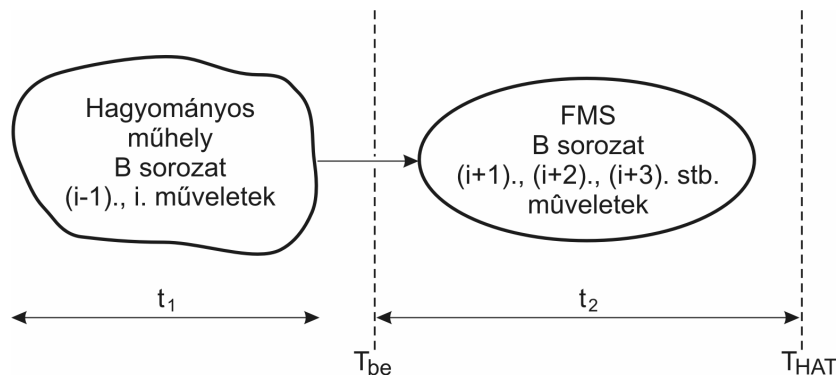


3.1. ábra „BENT-KINT” – sorozattípus technológiai útvonala

Az FMS nem lehet szűk keresztmetszet. Cél (kritérium): a sorozat átfutási (megmunkálási + várakozási) idejének csökkentése. Több sorozat: egymás közötti, relatív prioritások.

ad(2): Bizonytalan beérkezés veszélye miatt az FMS termelésprogramozásának a finomprogramokon kívüli *figyelmeztető listán* közölnie kell azon munkadarab-sorozatok jegyzékét és az FMS-be való legkésőbbi beérkezési idejét, amelyek befejező műveleteit a tervidőszak végéig az FMS-ben kell végrehajtani (Lásd: 3.2. ábra).

Több sorozat esetén a beérkezési időket (T_{be}), a tervperiódus végét (T_{HAT}) és a hátralévő átfutási-idő igényeket kell figyelembe venni (relatív prioritások).



3.2. ábra „KINT-BENT”-sorozattípus technológiai útvonala

ad(3): Visszavezethető (1) és (2) kombinációjára, de a hagyományos műhelyrészbe távozott és onnan visszatérő sorozatok *új prioritást* kapnak visszatéréskor (figyelmeztető listák itt is!).

ad(4): A (2) és (1) alapesetre visszavezetve először az FMS-be a kellő időben történő beérkezésről kell gondoskodni a figyelmeztető listával. Ezután az FMS termelésprogramozási rendszerének kell a beérkezett sorozatokra kiemelt prioritással rövid átfutást biztosítani. *Relatív prioritás* a külső, hátralévő műveletek szerint.

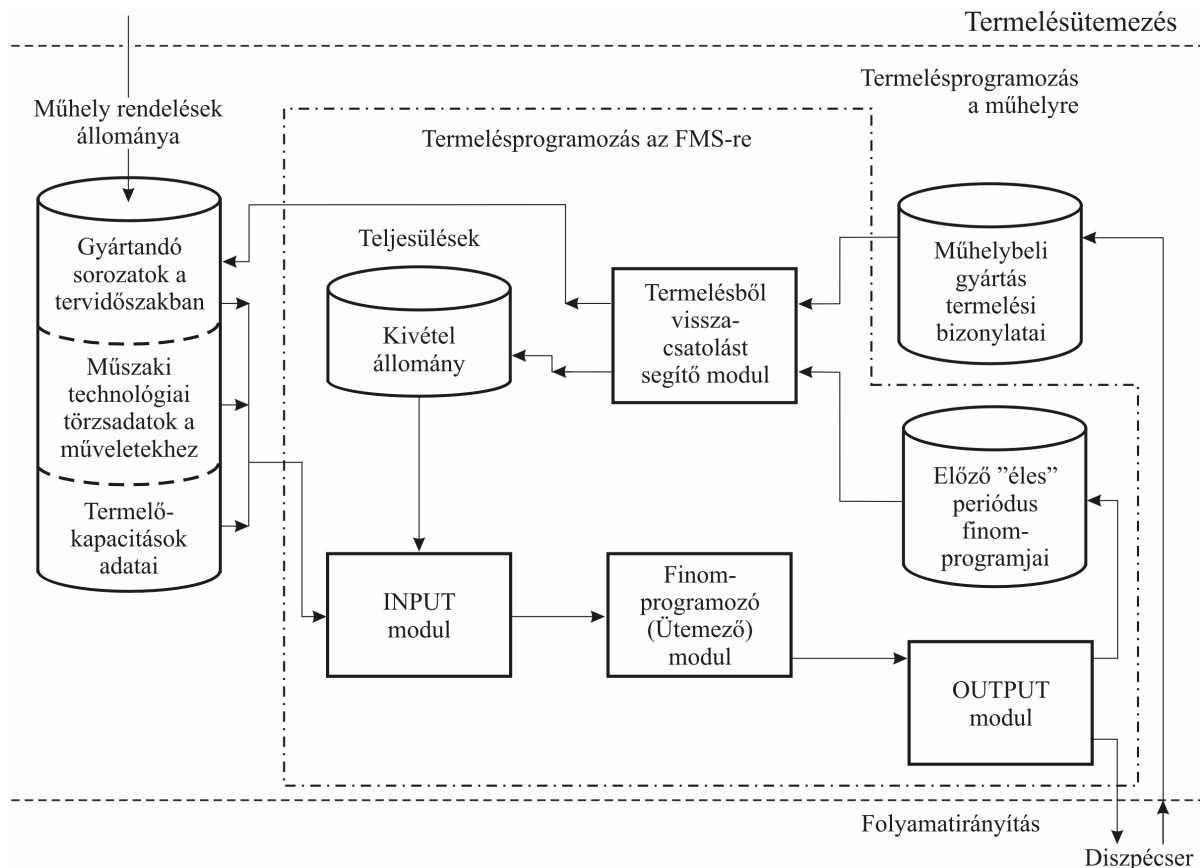
Alapfeltevések:

- (1) Ilyenkor a termelésprogramozási rendszer is *off-line, batch* (kötegelt) futtatásokkal működő rendszer, amelyet a műhelydiszpécser aktivál a szükség szerinti gyakorisággal.
- (2) Az FMS termelésprogramozási rendszere számára:
 - naprakészen hozzáférhető az egész műhelyre vonatkozó rendelésállományból az FMS gépeire előírt munkák (sorozatok műveletei) egy tervperiódusra;
 - elérhető az FMS gépein végzendő műveletek technológiai adatai és az FMS gépeinek normaidő (kapacitás) adatai az egész műhely feladatainak *műszaki* (technológiai) *törzsadatállományában*.
- (3) Az előző tervidőszak gyártási bizonylatainak kiértékelése alapján elvégezhető a teljesítések és befejezetlen állapotok vizsgálata a gyártott tételekre. Ez azt is jelenti, hogy
 - a teljesítések leírhatók a műhely gyártandó tételeinek állományából;
 - a *befejezetlen tételekből* a jelen tervidőszakra áthozott ún. *kivételállomány* képezhető, mint egyik input az aktuális finomprogram elkészítéséhez;
 - megállapítható, hogy az FMS gépei milyen folyamatban lévő munkákkal és meddig vannak leterhelve.

E három lépés biztosítja a termelésből való visszacsatolást a termelés aktuális állapotáról.

A termelésprogramozási rendszer moduljai:

- az INPUT modul;
- a finomprogramozó (ütemező modul);
- a termelésből a visszacsatolást segítő modul és
- az OUTPUT modul [lásd: 3.3. ábra].



3.3. ábra A termelésprogramozási rendszer funkcióvázlata off-line működtetésű FMS esetén

A termelésprogramozási rendszer interfészei és működése

Az *off-line* irányítási környezetű termelés-programozási rendszer működése az 3.3. ábrán látható.

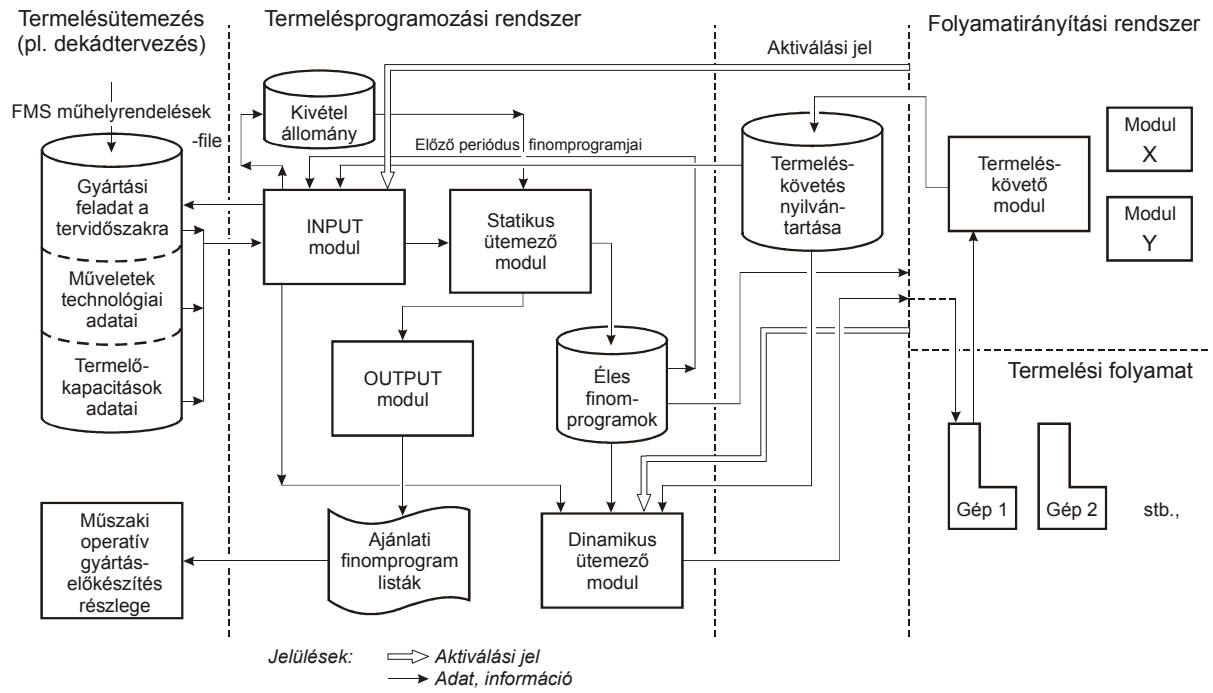
A termelésprogramozási rendszernek 4 interfészét célszerű létrehozni (*osztott* interfész a teljes rendszerre nézve):

- (1) A felettes termelésirányítási szint, a termelés-ütemezés felé az INPUT modul jelenti a csatlakoztatási felületet. Ezen keresztül az alábbi adatok hozzáférhetők az FMS termelés-programozási rendszere számára:

- *gyártandó tételek a tervperiódusban* (sorozatok azonosítói, határidői, darabszámiai és gyártandó műveletei);
 - *a műszaki (technológiai) törzsadatok* az előbbi műveletekhez (egy-egy művelet azonosítóhoz az előírt gép kódja, műveleti idő, előkészületi idő, gyártóeszközök kódjai);
 - *a termelőkapacitások normaidő adatai*.
- (2) A felhasználói interfész itt a művezető *diszpécseré*, aki aktiválja a rendszert, megadván az aktuális dátumadatokat:
- a *termelésből visszacsatoló modul* az aktuális futtatási nap dátumát kapja (a kivétel-állomány már ezzel képződik);
 - az *INPUT* modul megkapja a finom-programozási tervidőszak hosszát (az éles és az ajánlati programozási napok számát) és dátumállományát.
- (3) A termelésből visszacsatoló modulnak nemcsak a művezető diszpécser (folyamatirányítás) felé van a (2)-ben leírt interfésze, hanem a *teljesült gyártási feladatok* leírásával a műhelyirányításon át a termelésütemezés felé is.
- (4) A rendszer *OUTPUT* modulja jelenti az *(éles) finomprogramok tablóinak* és a *figyelmeztető listáknak* a generálásával az interfészt a folyamatirányítás (diszpécser) felé. Másrészt, az opcionálisan kérhető *ajánlati finomprogram listákon* keresztül a műszaki operatív gyártáselőkészítés (GYEK) felé ad interfészt.

3.4. A termelésprogramozási rendszer működése on-line üzemmód esetén

On-line, real time folyamatirányítású FMS esetén a rendszer rendkívül magas automatizáltsági fokú, önálló műhelyként működik, amelyben a diszpécser szerepét real-time termeléskövető program-modul veszi át. Ez azt jelenti, hogy a termeléskövetés háttértárolóra írt nyilvántartásában minden befejezett lényeges gyártási tevékenység, valamint a valóságos gyártásban már elkezdett munkafázis gyakorlatilag azonnal megjelenik, naplózásra kerül. A rendszer része egy dinamikus ütemező modul, amely real-time döntésekre alkalmas. Szokványos, normális gyártási folyamat esetében ennek bemenetén a termeléskövetésből származó információk folyamatosan jelennek meg és kivitelezhetőek magából a gyártási folyamatból az egyes gépek felszabadulása által kiváltott, real-time és gépekre elosztott döntések. Amikor egy gép felszabadul egy adott munkafázis alól, a gyártási folyamatirányító rendszer *aktiválja* működésre a dinamikus ütemező modult, amelynek emiatt nagyon gyorsnak kell lennie. Aktiválási jelként a gép meghibásodása esetén magas prioritású üzenet jelenik meg, amely azonnali intézkedésre készíti a dinamikus ütemező modult a meghibásodott gép fizikai várakozó sorának átütemezésére és a hibás gép helyettesítésének kezdeményezésére (3.4. ábra).



3.4. ábra A termelés-programozási rendszer funkcióvázlata on-line működtetésű FMS esetén

4. A termelésirányítás optimalizálási problémái

Ebben a fejezetben tömören összefoglaljuk a termelésirányítás tervezési fázisában alkalmazható ismertebb matematikai modelleket, amelyek segítségével a termelés tervezés előidejű feladatai elméletileg megalapozottan kitűzhetők és megoldhatók. Hangsúlyozni kell, hogy a szakirodalomban gyakran optimalizálási modellekről és módszerekről beszélnek, de nem utalnak arra, hogy a termelés tervezés empirikus adatainak megbízhatósága, a megoldandó feladatok komplexitása és a termelési feltételek változékonysága csak közelítő optimum meghatározását teszi lehetővé. Sőt, helyenként meg kell elégedni olyan heurisztikus módszerekkel, amelyek esetében bizonyos módszerek hatékonysági kritériumok szerint egymás között összehasonlíthatók, de a valódi optimum nem ismert, esetleg nem is értelmezhető. Az itt tárgyalt matematikai modellek és módszerek részletesebb és mélyebb kifejtése a [71] és a [84] forrásmunkákban található.

4.1. A termelés tervezés és -irányítás feladata

Amint a 2.1. fejezet részben láttuk, *tágabb értelemben* a termelés tervezés és -irányítás (röviden termelésirányítás) a termeléssel kapcsolatos *döntési feladatok megfogalmazásával és megoldásával* foglalkozik, figyelembe véve a termelés különböző tényezőit; továbbá ellenőrzi a döntések végrehajtását.

A termelés *fő tényezőit* az alábbi csoportokba sorolhatjuk:

- a) termelők (munkások, konstruktőrök, technológusok, vezetők, stb.);
- b) a termelés eszközei (gépek, szerszámok, anyag, raktárak, stb.);
- c) a termelés tárgya (amit termelünk);
- d) a termelés feltételei (szervezettség, árviszonyok, eladhatóság, gazdasági szabályozók, egyéni érdekeltség, információáramlás, stb.);
- e) A termelés céljai (nemzetgazdasági igény, nyereség, minőség, mennyiségi termelés, export, stb.).

Tudjuk azt is, hogy *szűkebb értelemben termelésirányításon termelési feladatok meghatározását és végrehajtásuk megszervezését értjük*. A továbbiakban a termelésirányításnak a technológiai folyamatok tervezésével legjobban összefüggő *három szintjére, a termelés tervezésre, termelésütemezésre és termelés-programozásra* szűkítjük vizsgálatainkat. (A termelésirányítás - mint komplex problémakör - az előző fejezetben szerepelt. A jelen fejezet terminológiája némileg eltérő a korábitól, de ennek célszerűségét az optimalizálási feladatok kitűzése indokolja).

4.2. A termelésirányítás célja, az optimális irányítás fogalma

A termelésirányítás célja, hogy a rendelkezésre álló eszközök figyelembevételével minél jobban törekedjék a kitűzött komplex gazdaságpolitikai célok elérésére. A termelési feladatok megválasztásától kezdve egészen a késztermék kiszállításáig bonyolult irányítási rendszer látja el ezt a feladatot és az irányítási rendszer feladatai szintenként nagyon eltérőek.

Természetesen minden hierarchikus szinten a legjobb megoldást keressük, ez azonban nem lehet egyetlen szűken értelmezett cél (pl. max. termelési érték előállítása). Ehelyett optimális irányításról akkor beszélünk, ha a rendelkezésünkre álló információk alapján olyan irányítási döntéseket hozunk, amelyek

- nagy biztonsággal megvalósíthatók,
- sokoldalú céljainkat a lehető legjobban szolgálják,

- figyelembe veszik az egyes célok fontosságát.

4.3. A termelésirányítás hierarchikus szintjei

Még abban az esetben is elképzelhetetlen lenne a termelés minden mozzanatának egy évre előre való lerögzítése, ha a teljes évre kiterjedően ismernénk az összes termelési feladatot. Egyrészt ilyen nagy mennyiségű adatot tárolni és használni sem lehetne, másrészt teljesen áttekinthetetlen volna az egész rendszer. Így az egy időpontban fontos és lényegtelen dolgok összekeverednének.

Természetesen a szükséges adatok sem állnának rendelkezésünkre és az adódó feladatokat sem tudnánk megoldani. Minderre azonban nincs is szükség. *A termelésirányítás több, hierarchikusan egymásba illeszkedő szinten megy végbe.* A magasabb szint hosszabb időszakot fog át és csak a fontosabb szempontokat képes áttekinteni. Az alacsonyabb szinten a felsőbb szintről kapott irányítási döntések alapján készítik el az egyre részletesebb, de egyre rövidebb időperiódusra vonatkozó irányítási döntéseket. Ugyanakkor azonban, ha az alsóbb hierarchikus szint megoldhatatlan feladatot kap (akár azért, mert a magasabb szint nem tudott mindent figyelembe venni, akár azért, mert a körülmények közben megváltoztak), akkor visszajelez az eggyel feljebb lévő szintre, ahol módosítást kell végrehajtani.

A következő három alapvető irányítási szintet különböztetjük meg:

- termelés tervezés;
- termelésütemezés;
- termelésprogramozás.

4.4. Vezetési struktúra

Minél magasabb a termelés technikai színvonala egy gyárban, annál magasabb vezetési színvonal szükséges annak irányítására. A magas színvonalra jellemző egyebek között az is, hogy a vezetők összehangoltan és megfelelő előkészítés után hozzák meg döntéseiket.

Az összehangoltság feltétele, hogy mindenki tudja, milyen információk alapján, milyen további eszközök segítségével és miről kell döntenie, majd az erre vonatkozó utasításait kivel kell közölnie, továbbá gondoskodik a végrehajtás ellenőrzéséről. Mindezek nélkül a legjobb irányítási rendszer is működésképtelen.

4.5. Modellelés

A termelésirányítási döntések között vannak olyanok is, amelyekhez csak megfelelő adatok szükségesek, azokból egyszerű szabályok szerint az eredmény megkapható.

Az ilyen típusú tevékenység gépies, könnyen az adatbázist hordozó számítógépre lehet bízni. Azonban a bonyolult környezeti feltételek és célok nem láthatók át. Ilyenkor célszerű a feladatot *modellézni*, azaz a legfontosabb feltételeket és célokat kiemelve optimalizálási feladatot kitűzni és megoldani. Ebben az esetben az illetékes vezető megalapozottabb döntésekhez juthat. Természetesen, gondosan ügyelni kell arra, hogy a modellben figyelmen kívül hagyott feltételek és szempontok nem okoznak-e nehézséget.

Gyakran problémát jelent az is, hogy a megfogalmazott matematikai feladatok egzakt megoldása reménytelenül nehéz. Ebben az esetben *közelítő megoldásokkal* vagy *szimulációval* kísérletezhetünk. Mindenképpen fennáll azonban az, hogy bonyolult feltételek és nagyszámú adat elemzéséhez a számítógép különböző módokon nagy segítséget nyújthat.

4.6. A számítógép és az ember viszonya

Egyformán nagy hiba a számítógépet (és a számítógépes módszereket) mértéktelenül túlbecsülni, vagy azt állítani, hogy a tapasztalt vezetőnek nincs rá szüksége. A számítástechnika ugyanis alapvetően megváltoztatja a modern vezetést, mivel

- a) rendkívül gyorsan szolgáltatja a kívánt pontosságú adatokat, így gyors és megfelelő beavatkozást tesz lehetővé;
- b) *az adatok kumulálásával (halmozásával), szelektálásával és más egyszerű átalakításával nagyobb területek működésére és a változás tendenciájára vonatkozó információhoz jutunk, következtetéseket vonhatunk le, a helyzetet elemezhetjük;*
- c) bonyolult feltételek mellett sokoldalú céloknak megfelelő modellek és megoldásuk segítségével hatékonyabb és eredményesebb irányítási módszerekhez juthatunk. Döntéseink realitását és annak következményeit felmérhetjük, majd újabb döntéseinket ennek tudatában hozhatjuk meg.

Lényegében tehát a számítógépek segítségével a vezetők is megszabadulhatnak gépies munkájuktól és figyelmüket az érdemi döntések meghozatalára fordíthatják, ismerve azok további kihatását is.

4.7. Termelésstervezés

Egy hosszabb időszakra (1-3 hónap) a rendelkezésre álló erőforrásokat (ember, gép, anyag, energia, raktár, stb.) figyelembe véve a vállalati céloknak legjobban megfelelő termelési tervet kívánunk létrehozni. A vállalati célok rendszerint sokrétűek: gyártási kötelezettségek; vállalási határidők; gazdaságos termelés; önköltség-csökkentés; minőségjavítás; a termelékenység növelése; a berendezések, gépek viszonylag egyenletes terhelése; a nyereség növelése; az export növelése, stb.

A felsorolt célok összeegyeztetése igen nehéz. A termelésstervezés matematikai modelljében az *erőforrások korlátozó feltételként* szerepelnek.

Ezen túlmenően a célok többségét ugyancsak korlátozó feltételként tekinthetjük, ugyanis csak olyan tervet fogadunk el, amely ezeknek a céloknak legalább valamilyen előre megadott mértékben eleget tesz. *A legfontosabb cél lesz az optimálási feladat célfüggvénye.* Amennyiben egyetlen cél kiemelése nem reális, akkor néhány célfüggvény súlyozott összegével is dolgozhatunk. A feltételek közé helyezett célok a feladat paraméterei.

A termelésstervezés az éves, vagy annál is hosszabb távú munkavállaláson alapszik és annak kedvezőbb alakítását is lehetővé teszi. Ezen kívül a már elvállalt gyártási feladatokat igyekszik a legmegfelelőbb csoportosítani és 1-3 hónapos időközökre betervezni. Feladata tehát nemcsak a következő időszak lehető legjobb tervének elkészítése, hanem gondoskodnia kell arról is, hogy az egymást követő időperiódusok egyformán jól tervezhetők legyenek. Továbbá már az eggyel alacsonyabb irányítási szint, a termelésütemezés legfontosabb szempontjait is szem előtt kell tartania.

Mint hogy minden komplex gyártási folyamatban vannak véletlenszerű tényezők, a terv ellenőrzéséről és esetleges korrekciójáról is gondoskodni kell. Erre szolgál a *csúszótervezés*, amelyet dinamikus tervezésnek is nevezhetünk. A csúszótervezés lényege az, hogy a tervperiódus (pl. 1 hónap) egy részének (pl. első hetének) elteltével újabb négyhetes tervet készítünk, amelynek első három hete az előző terven alapul, de figyelembe veszi a bekövetkezett változásokat. A negyedik hétre új terv készül, amely illeszkedik az előzőekhez, a feladatokhoz, a lehetőségekhez és figyelembe veszi a célokat.

Célszerű a tervezésen belül is elkerülni a túl nagy időbeli ugrásokat, így az éves tervet negyedévesekre, a negyedéveseket havi tervekre bonthatjuk le. Mind a háromhavi, mind a négyhetes tervek csúszótervezéssel készülnek.

Amennyiben egyes termékek gyártási ideje hosszabb, mint egy tervperiódus, akkor a hosszabb idejű tervnek a részfeladatok végső határidejét ki kell jelölnie. Ennél - indokolt esetben - előbb elkészülhet a részfeladat (pl. alkatrész), később nem.

4.8. Termelésütemezés

A termelésstervezés során több száz vagy több ezer munkadarab gyártási idejéről döntünk. (Melyik hónapban, melyik héten kerülnek gyártásra.) Nyilvánvaló, hogy a tervezés szintjén nem foglalkozhatunk sem a pontos időbeosztással, sem egyéb mikro környezeti problémákkal, amelyek az egyes munkadarabok egyidejű gyártásakor felmerülnek. A termelésütemezés feladata, hogy rövidebb időszakra (**5-10** napra) az előzőleg elfogadott havi terv alapján elkészítse a munkák elvégzésének részletes ütemtervét.

Ez magába foglalja az esetleges alternatív megmunkálási sorrendek közötti választást, az egyes munkák vagy az azokon végzett műveletek részére a megfelelő gépek és berendezések kiválasztását és mindenekelőtt a munkák elvégzésének időbeli ütemezését. Ez az utóbbi feladat elsősorban az egyes munkák és műveleteik elvégzésének sorrendjét jelenti. A termelésütemezés kapcsán a terven és a berendezések kapacitásán túlmenően a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- az egyes gyártási sorrendek anyagi és minőségi kihatásait,
- a raktárkészletek alacsony szinten tartását,
- az egyes gépek, berendezések zökkenőmentes együttműködésének megvalósítását (azaz, hogy a technológiai sorban előbb álló berendezések kellő időre anyagot, félkészterméket szolgáltatassanak a következőknek),
- a berendezések viszonylag egyenletes terhelését,
- az azonos, vagy részben azonos funkciót ellátó berendezések között a munka optimális megosztását,
- a szerszámok, alap- és segédanyagok gazdaságos kihasználását.

4.9. Termelésprogramozás

A termelésirányítás felsőbb szintjei mindig valamilyen *tervezett* vagy *feltételezett* helyzetből indulnak ki. A termelésprogramozás azonban a *tényeket tükröző adatok* alapján rövid időre (8-24 óra) részletesen rögzíti a termelés menetét.

A kiindulópont itt is az eggyel magasabb irányítási szintnek, a termelésütemezésnek a szóbanforgó időre (1 műszakra, ..., 1 napra) eső része. Egyrészt ellenőrizni kell, hogy a szükséges erőforrások és anyagok rendelkezésre állnak-e, továbbá az esetleg módosult körülmények között nem célszerű-e jelentős módosítást végrehajtani. Másrészt a termelésprogramozás kevesebb anyaggal és rövidebb időperiódussal foglalkozik, így lehetővé válik, hogy a termelés teljes folyamatát kézben tartása. Magasabb szinten bizonyos szerelési, anyagmozgatási, szerszámelőkészítési és sok egyéb tevékenységet még nem lehet figyelembe venni. Ennek csak egyik oka az, hogy ez igen nagyszámú tevékenység és összefüggésük áttekinthetlenné, kezelhetlenné válik.

Legalább ennyire fontos, hogy a legpontosabban végrehajtott gyártás esetén is vannak *időbeli bizonytalanságok* és *váratlan események*. Ezek *áthidalása a termelésprogramozás feladata*. Az elkészült termelési programnak természetesen bizonyos határig rugalmasnak kell lennie. Ha a termelés ennél nagyobb mértékben tér el az előírttól, akkor kellő időben új, módosított termelési programot kell készíteni.

A termelésprogramozás fő feladata tehát, hogy a zökkenőmentes termelést valósítsa meg az irányítás magasabb szintjein megadott elvek és tervek szerint. Ha módosítás szükséges,

mert a tények a tervezettől lényegesen eltérnek, akkor a termelésprogramozásnak *át kell hidalnia* azt az időt, amely az ütemezés és esetleg a termelés tervezés feladatainak újbóli megoldásáig eltelik.

4.10. Nagyméretű optimálási feladatok megoldása

Gyakran előfordul, hogy egyszerű típusú és az igényekhez mérten nem nagyméretű optimálási feladatok egzakt megoldása meglepően hosszú ideig tart. Ebből azonban nem szabad azt a következtetést levonni, hogy nagyobb termelésirányítási feladatok számítógépen úgyis megoldhatatlanok, tehát marad a régi módszer (ami gyakran találgatást jelent).

Az alábbiakban megemlítünk néhány módot, amelyekkel a matematikai modellek használhatósága kiterjeszthető.

a) ***Vertikális dekompozíció***

Ugyanúgy, ahogy a termelésirányítást három hierarchikus szintre és így különböző típusú feladatokra osztottuk, e szintek számát - legalábbis a számítógépen belüli technikában - még tovább növelhetjük. Ennek egyik megvalósítása, hogy egy bonyolult termelésprogramozási feladatot időben egymást követő részekre bontunk. A részfeladatok megoldása után megkíséreljük a teljes probléma megoldását javítani, vagy ennek lehetetlenségét kimutatni.

b) ***Horizontális dekompozíció***

Viszonylag lazán összefüggő termelő egységeket időszakosan külön vizsgálunk, majd ismét az együttes problémával foglalkozunk.

c) ***Aggregálás***

Ha a termékek viszonylag hasonló elemeket tartalmazó csoportokra bontható, akkor - első közelítésben - ezeket a csoportokat homogénnek képzelhetjük és így egyszerűbb feladathoz jutunk.

d) ***Több cél egyidejű figyelembevétele***

Ez sokféleképpen megoldható. A célokat kifejező függvények súlyozott összege egyetlen célfüggvényt ad. Más megközelítésben az egyes függvényekre külön korlátok is előírhatók, amelyeket külső beavatkozással vagy automatikusan különböző módon meg lehet változtatni: így az egyes célok különböző szintű elérését valósíthatjuk meg. *A variánsok közötti döntés - az értékelések figyelembevételével - az ember feladata.*

e) ***Heurisztikus megoldási módszerek alkalmazása***

A matematikai modellel szemben két, egymásnak ellentmondó fő követelményt támasztunk:

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

A valóságúságra való törekvés bonyolítja a matematikai struktúrát és növeli a számítási igényességet. Következésképpen a matematikai módszerek használatát végső soron a matematika és a számítógépi technika pillanatnyi fejlettsége korlátozza.

A matematikai módszerek használatának feltételei:

- a probléma numerikus formában is felírható legyen;
- az elérendő cél kifejezhető legyen jól definiált célfüggvényként;

- álljon rendelkezésre valamilyen számítási eljárás, amelynek számítás-igényessége 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 az eljárások 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 optimalások. *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 mindig gyakorlati alkalmazhatóságán lehet lemérni.

A heurisztikus eljárásokat sok változót tartalmazó, bonyolult problémák megoldására alkalmazzuk, amikor az eljárás kiépítése magában foglalja egy számítógépes program elkészítését is. Ehhez *a manuális tervezési technikát addig kell módosítani, ameddig a terv automatikus felépítése lehetségessé nem válik* (algoritmizálhatósági feltétel kielégítése).

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.

4.11. Termelésirányítási rendszerek ipari bevezetése

Gyakran felmerül a kérdés, hogy miért nem vesz át egy gyár kész termelésirányítási rendszert, hiszen ha saját maga fejleszt vagy fejlesztet, az igen sok pénzbe és munkába kerül. Ennek fő oka az, hogy az általános célú termelésirányítási rendszerek éppen általánosságuk miatt túl nagy felesleges terhet hordoznak (Nagyobb számítógép szükséges hozzá, nehezebb az implementálás, stb.). Ugyanakkor gyakran még ez a nagyobb rendszer sem tud bizonyos igen fontos speciális igényeket kielégíteni.

Ha egy nagyvállalat - külső segítséggel - TIR kifejlesztésére határozza el magát, ez egyben az új termelésirányítási koncepció bizonyos mértékig kollektív kialakítását is jelenti. Egy kész TIR üzemszerű használata igen sok gonddal jár, amit még a próbaüzem alatt sem észleltek. A bevezetést ezért gondosan meg kell tervezni és alaposan kell előkészíteni.

4.12. Gépipari gyártásformák, irányítási feladatok

4.12.1. Általános szempontok

A gépgyártás folyamata két, egymástól jól elkülöníthető részre oszlik: *alkatrészgyártásra* és *szerelesre*. Bár az irányítás során a kettő csak együtt kezelhető, a tárgy keretei között csak az alkatrészgyártással, ezen belül a forgácsolási műveletek irányításával foglalkozunk. Csak megemlítjük, hogy a szerelési feladatok ütemezésére jól bevált módszerek léteznek (pl. PERT, CPM).

A TIR kimenő információi közvetlenül vagy közvetve előírják a gyártásban résztvevő minden munkadarabra, hogy azon MIKOR, HOL, MIT, és MIVEL végezzenek el. A MIKOR jelentése egy tényleges időpont, ha az irányítás közvetlen, de lehet valamilyen feltételek által meghatározott döntések eredménye is, ha az irányítás közvetett. A HOL munkahelyet, gépet jelent, a MIT technológiai műveletsorozatot, a MIVEL pedig szerszámokat, készülékeket, segédanyagokat.

Az irányítás célja: a fenti kérdéscsoport olyan megválaszolása, amely - kielégítve a környezeti, technológiai és gazdasági feltételeket - valamilyen cél(-ok) szerinti optimális termelést ad.

Az optimalitási kritérium megfogalmazása, az egzakt megoldás megkeresése rendkívül nehéz, lévén minden bonyolult rendszer eleme egy nála még nagyobb és bonyolultabb rendszernek. Elméletileg már a nemzetgazdaság irányításában kellene figyelembe venni minden kis részletet, de ez természetesen lehetetlen.

Közel optimális megoldáshoz juthatunk azonban vertikális dekompozíció segítségével, amelynek lényege, hogy a feladatot különböző szintekre bontjuk, minden szinten egyetlen optimalitási feladatot oldunk meg bizonyos célok és feltételek mellett és az egyes szintek optimális megoldásai szerepelnek a következő, eggyel alacsonyabb szint feltételeinek kialakításában. Egy gyakori példán szemléltetve:

Szint	Feltételek	Optimálandó változók
Éves terv	eszközök technológia	MIT
Havi terv	eszközök technológia MIT	HOL
Napi terv	eszközök technológia MIT HOL	MIKOR

4.12.2. A gyártásformákat jellemző tényezők

Az optimalitási feladatok megszokott formája, hogy vannak bizonyos feltételek, amelyeket az optimálandó változóknak ki kell elégíteniük és van egy célfüggvény, amelynek szélsőértékét kell meghatározni az említett feltételek kielégítése mellett. Ilyen feladatok megoldásával a Matematikai Programozás tudománya foglalkozik. A feltételek és célok matematikai formái azonban olyan sokfélék, hogy egy általános termelésirányítási feladat megoldásához szükséges apparátus felöleli a Matematikai Programozás teljes eszköztárát. A modellezés során a megoldhatóság figyelembevételére korlátként jelentkeznek: *egy általános célú programcsomag csak kisméretű konkrét feladatokat tud megoldani.*

A nagyméretű feladatok megoldására írt algoritmusoknak alkalmazkodniuk kell az adott, *tényleges adatstrukturákhoz*, így lehet megsokszorozni az eredeti program(-rendszer) teljesítőképességét.

A gépipari termelésirányítási rendszerek jellemző tényezői:

Feltételek:

a) Környezeti feltételek:

- gépállomány;
- raktárkapacitások;
- munkaerő.

b) Technológiai feltételek:

- az egyes gyártási fázisok idősorrendje;
- időigények és időkorlátok;
- minőségi feltételek.

c) Üzemi és gazdasági feltételek:

- vállalati terv;
- értékesítési viszonyok;
- gyártási határidők;
- raktárkészletek;
- importkorlátozások;
- exporttámogatások;
- a termelés illesztése a gyári környezethez.

Célok:

- maximális nyereség;
- minimális önköltség;
- legrövidebb átfutási idő;
- maximális termelékenység;
- <ezek valamilyen kombinációja>;
- maximális fedezet;
- minimális készlet;
- határidők betartása;
- ütemes szállítás;
- maximális bruttó kibocsátás;
- a berendezések egyenletesen maximális leterhelése; piacok megtartása, stb.

Az egyes feltételek lehetnek *egyenlőség*, *egyenlőtlenség* vagy *logikai* típusúak, a függvények *lineárisak*, *nemlineárisak*, a változók *folytonosak*, *diszkrét*ek vagy *valószínűségi* változók.

4.12.3. Néhány gyakran előforduló gyártásforma

A következőkben néhány, hazai viszonyok között alkalmazható modellt említünk.

Idevágó *alapfogalmak*:

Sorozatnak vagy *tételnek* nevezzük az azonos, egymást minden szempontból helyettesítő és a gyártás során együtt haladó munkadarabok halmazát. Egy sorozat vagy egy tétel speciálisan egyetlen munkadarab is lehet.

A munkadarabon *műveleteket* kell elvégezni, amelyek sorrendjét a technológiai dokumentáció (műveletirányítási lap, műveletterv) írja elő. Ez az ún. *technológiai sorrend*.

Egy *elvégzendő munka* az egy sorozaton (tételen) végrehajtandó műveletek együttesét jelenti, amelyek sorrendjét a technológiai sorrend rögzíti.

Alkalmanként a *munka* szó magát a munkadarabot (vagy a sorozatot) is jelölheti, ami a szöveg összefüggéseiből kitűnik.

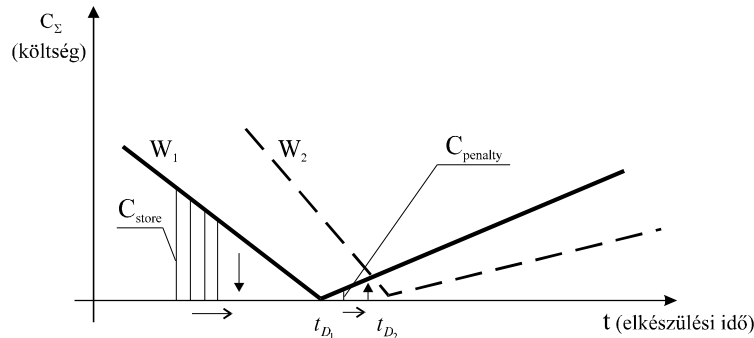
Az ütemezési feladatoknál a *gép* jelenthet egy *konkrét gépet* vagy egy (ekvivalens gépekből álló) *homogén gépcsoportot*. Általában, amikor *m* számú *gépről* van szó, akkor ez *m* különböző homogén gépcsoportot jelent.

A munkák nem feltétlenül érintik a rendelkezésre álló összes gépet a gyártási műveletek során. A munkák *technológiai útvonala* jelenti azt az utat, amelyet az egyes tételek (sorozatok) a műveletek előírt technológiai sorrendje szerint a gépeken be kell, hogy járjanak a teljes legyártásig.

a) 1-gépes termelés

Adott egy gép, vagy 1 géppel helyettesíthető homogén gépcsoport. Ezen a gépen n munkát kell elvégezni, amelyeknek gépidőigényét ismerjük. Feladatunk a munkák elvégzésének optimális sorrendjét meghatározni a következő esetekben:

- a) Adottak a munkák elvégzési határidői és a gépidőigények. Ha egy munka határidőn túl készül el, az okozott kárt a késéssel arányos *kötbérrel* modellezhetjük, amely az egyes munkákra - fontosságuktól függően - más és más. Ha határidő előtt készül el valami, ez pedig *raktározási költséget* okoz, amely arányos azzal, hogy mennyivel előbb készül el a munka.



4.1. ábra Költségösszetevők alakulása az elkészülési idő függvényében

Az optimalitási kritérium a minimális költség, amely ideális esetben, amikor mindegyik munka pontosan határidőre készül el, *zérus*. A feladat visszavezethető a *hozzárendelési feladatra*.

- b) Az egyes munkák elvégzésének határidői nem szorosak, viszont a munkák közötti átállás ideje nem elhanyagolható. Ez az átállási idő attól függ, hogy melyik munka után melyik másik munka következik és ezek az idők különbözőek. Nem mindegy tehát, hogy milyen sorrendben követik egymást a munkák, ha a célunk az, hogy az *átállási idők összege* minimális legyen.

Ha most az egyes munkákat *városoknak*, az átállási időket *utazási időknek* tekintjük, máris eljutottunk az ún. **utazó ügynök feladathoz**. Az ügynök körútja megfelel a munkák elvégzésének. Az utazó ügynök feladatot később részletezzük.

b) Sorozatgyártás a terv teljesítésére

Raktárra termelnek, szoros határidők nincsenek. A tervidőszakra kijelölt munkát *egyenletesen kell elosztani időben*, valamint *a gépek és a munkások között*. Az egyenletes terhelés elérése céljából az optimalás változói közé a forgácsolási paramétereket is be kell vonni. *Az irányítás célja: a tervfeladatok teljesítése minimális költséggel.*

A költségekben számításba vesszük:

- a megmunkálás közben felhasznált energiát; továbbá
- a szerszám-elhasználódást, amelyek függenek a forgácsolási paraméterektől;
- a gép amortizációs költségét, amely csak közvetve, a megmunkálási idő révén függ a forgácsolási paraméterektől;

- a kapacitáskorlátokra nézve
 - a gépek és
 - a munkaerő kapacitását.

Az önköltségszámításban a $C_{E,i}$ energiaköltséget, a $C_{S,i}$ szerszámköltséget és a $C_{G,i}$ géplekötési költséget vesszük számításba (az i index valamely aktuális munka sorszámát jelzi):

$$\min \sum_{i=1}^n l_i [C_{E,i}(d_i, f_i, v_i) + C_{S,i}(d_i, f_i, v_i) + C_{G,i}(d_i, f_i, v_i)]$$

$$\sum_{i=1}^n l_i t_{i,j}^G \leq T_j^G \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (\text{gépkapacitás korlát})$$

$$\sum_{i=1}^n l_i t_{i,k}^M \leq T_k^M \quad k = 1, 2, \dots, M \quad (\text{munkaerő-kapacitás korlát})$$

ahol: n - a munkák száma; m - a gépek száma; M - a munkások száma; l_i - az i -edik munkából elkészítendő darabszám; d_i, f_i, v_i - az i -edik munka forgácsolási paraméterei (rendre: fogásmélység, előtolás, forgácsolási sebesség); $C_{E,i}(d_i, f_i, v_i)$ - az i -edik munka felhasznált energiaköltsége; $C_{S,i}(d_i, f_i, v_i)$ - az i -edik munka felhasznált szerszámköltsége; $C_{G,i}(d_i, f_i, v_i)$ - a megmunkáló gép lekötésének költsége; $t_{i,j}^G(d_i, f_i, v_i)$ - az i -edik munka gépidőigénye a j -edik gépre; $t_{i,k}^M(d_i, f_i, v_i)$ - az i -edik munka időigénye a k -edik munkásra; T_j^G - a j -edik szerszámgép rendelkezésre álló munkaideje (időalapja); T_k^M - a k -edik munkás rendelkezésre álló munkaideje (időalapja).

A feladat megoldását nehezíti, hogy a C_E, C_S, C_G függvények nemlineárisak. Megoldási módszerként a *geometriai programozás* alkalmazható. Ez a módszer a matematikai programozás eszköztárának egy eleme és lényegében a számtani és a mértani közép között fennálló egyenlőtlenség általánosításán alapszik. *A geometriai programozás általánosított polinom alakú célfüggvények minimalizálásával (maximalizálásával) foglalkozik, amikor a korlátozó feltételek is általánosított polinom alakú egyenlőségek, vagy egyenlőtlenségek.*

4.13. Integrált gyártórendszerek termelésirányítása (IGYR)

Az IGYR-ekben a termék általában palettára szerelve járja végig a technológia által előírt sorrendben a munkahelyeket. Ebből következik, hogy a megmunkálások közti tárolást - tekintve, hogy a tárhelyek száma korlátozott - figyelembe kell venni az irányításban.

Ugyanilyen korlátozás érvényes az egyes gépek szerszám táraira is. Az ilyen magas fokon automatizált gyártórendszerek beruházási és fenntartási költsége igen nagy, ezért a rendszer maximális kihasználtságát, lehetőleg szakadatlan működését kell megvalósítani. Az irányítás három szintjén ezeket a szempontokat az alábbi módon kell figyelembe venni.

- Tervezéskor** a legjobb termékválaszték meghatározása és a hosszútávú terv lebontása havi tervekre a két legfontosabb feladat.
- Ütemezéskor:**
 - a haviterv lebontása heti- vagy dekadtervekre;
 - a munkák géphezrendelése;
 - a gyártás-előkészítés és anyagellátás megszervezése.

- c) **Programozáskor:** a már előkészített, raktáron lévő munkadarabok közül kell kiválasztani a soronkövetkező műszakban megmunkálásra kerülőket és azok megmunkálási sorrendjét elő kell írni.

4.14. Matematikai modellek a termelésirányításban

A termelésirányítással kapcsolatban számos matematikai feladat adódik az *irányítás szintjétől* és a *technológiai adottságoktól* függően. Nyilván minél szűkebb az a terület, amelynek tevékenységét vizsgáljuk, annál pontosabb modellre van szükség. Megfordítva, ha nagyobb egységet vizsgálunk, nem vehetünk számításba minden részletet.

Néhány fontosabb modell ill. módszer:

- a lineáris programozás;
- diszkrét programozási feladatok, ezen belül pl. a hátizsák-feladat;
- az utazó ügynök feladata;
- a hozzárendelési feladat;
- heurisztikus termelésprogramozási módszerek.

4.14.1. Lineáris programozás

Egy gyár bizonyos időszakra szóló termelési feladatának meghatározása a lineáris programozás egyik tipikus alkalmazási területe. Meg kell határozni azokat a mennyiségeket, amelyeket a gyár termékeiből elő fogunk állítani egy adott tervidőszakban. Korlátozó tényezőt jelentenek a *rendelkezésre álló erőforrások*.

A különböző termékek egységnyi mennyiségének előállításához szükséges erőforrások ismertek. További megkötés a piaci elvárások rendszere (az adott időszakban teljesítendő szerződések és más követelmények), valamint a gyártmánystruktúrából származó feltételek. Ilyen módon bonyolult feltételrendszer jöhet létre. A termelési feladat egészét tekintve nem haladhat meg bizonyos korlátokat, de egyes termékek mennyiségére külön alsó és felső korlátok is adódhatnak. Ismert továbbá a termékek valamilyen értékelése. A célunk az *adott feltételek mellett minél nagyobb értékű termelési feladatot meghatározni*. Az említett értékelés lehet a termék ára vagy a terméken jelentkező haszon. A megfelelő értékelést az adott körülményeknek megfelelően kell kiválasztani. Fontos megjegyezni, hogy a *különböző értékelések más-más optimális megoldásokhoz vezetnek*.

Egy másik példa a lineáris programozás alkalmazására a következő. Az egyes termékekre *alternatív technológiák* ismertek. Egy-egy termék különböző technológiai folyamatai a berendezéseken különböző kapacitás-lekötéseket jelentenek és megvalósítási költségük is eltérő.

A feladat: a technológiai folyamat-alternatívák olyan kiválasztása, hogy a kapacitáskorlátokat ne lépjük túl és az összköltség minimális legyen.

Egy jellemző termelésirányítási feladat:

Készítsünk havi tervet egy gyáregység részére, mely n féle különböző terméket állít elő. A termeléshez rendelkezésre álló erőforrások (gépek, áram, víz, ember, stb.) száma legyen m . A j -edik termék egységének előállításához az i -edik erőforrásból a_{ij} mennyiség szükséges. Az egyes erőforrásokból rendelkezésre álló mennyiség legyen b_i . A j -edik termék egységnyi mennyiségén jelentkező haszon legyen c_j . Az adott hónapban x_j mennyiséget állítsunk elő a j -edik gyártmányból.

Ekkor a legnagyobb hasznot hozó havi tervet a

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\ x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \end{aligned}$$

lineáris programozási modellt adja, ahol c_j, a_{ij}, b_i konstansok, x_j változó.

(Természetesen más feltételek is figyelembe vehetők, a feladat lényege nem változik.)

4.14.2. Diszkrét programozási problémák

Ha egy optimumszámítási problémában az ismeretlenek egy része, vagy az összes ismeretlen csak diszkrét értékeket vehet fel, *nemfolytonos* modellről beszélünk. A nemfolytonos modellek - értelemszerűen - "tisztá diszkrét" és "vegyes" típusúak lehetnek.

Csupán matematikai szempontból nézve, szinte minden folytonos feladatnak felírható az integer megfelelője. Az integritás előírására gyakran szükség is van, amikor kis darabszámú, nem osztható termék esetén a folytonos optimum kerekítésével nyerhető megoldás távol eshet az integer optimumtól.

Az irányításban szükséges döntések két csoportra, *minőségi* és *mennyiségi* döntésekre oszthatók. A folytonos változók a mennyiségi döntések jellemzésére alkalmasak. Ha a modellben minőségi döntések hatásait is figyelembe kell venni, akkor szükségessé válik diszkrét változók bevezetése is, amelyek csak előre meghatározott értékeket vehetnek fel.

Ha mennyiségi és minőségi döntések együtt fordulnak elő a feladatban, *vegyes diszkrét* modellekhez jutunk. Ilyen jellegű modellt kapunk, ha egyes tevékenységeket meghatározott szintek valamelyikén végezhetünk, de a szintek mennyiségi jellemzői bizonyos határok között mozoghatnak. Ekkor a diszkrét változók az optimális szintek kiválasztását szolgálják, míg a folytonos változók - a szinteken belül - a mennyiségi paramétereket állítják be.

a) A hátizsák feladat

A diszkrét programozási problémák közül a legegyszerűbb az ún. *hátizsák feladat*. Az elnevezés onnan ered, hogy a problémát meg lehet fogalmazni a következő módon: egy turista különböző tárgyakat kíván magával vinni egy útra. Ezek súlya együttesen azonban már meghaladja teherbíró képességét. Így kénytelen szelektálni. Minden tárgynak ad egy értéket. A válogatást úgy akarja elvégezni, hogy a súlykorlátozás betartása mellett a magával vitt tárgyak összértéke maximális legyen.

A "hátizsák" feladat matematikai megfogalmazása a következő:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b \\ x \in B_n \text{ (bináris számok halmaza)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H = \sum_{j=1}^n c_j x_j = \max \\ \forall a_j \geq 0 \ \& \ \forall c_j \geq 0. \end{aligned}$$

ahol B_n - a bináris számok halmaza és b - természetes szám.

Továbbá n tárgyból áll a hátizsák-rakomány, amely összességében a b súlynál nem nehezebb; a_j - a j -edik tárgy súlya, c_j az aktuális használati értéke. Az x_j aszerint 0 vagy 1, hogy az illető tárgy bekerül-e a hátizsákba, vagy sem.

A feladat gyakorlati alkalmazására egy példa: n különböző méretű csődarabra van szükségünk. Az egyes darabok mérete $a_j (j=1, \dots, n)$. Egy b hosszúságú csövet vágunk szét. Kérdés, mely darabokat leggazdaságosabb a csőből előállítani. Legyen az egyes darabok valamilyen szempont szerinti értéke $c_j (j=1, \dots, n)$. Ha az anyagvesztés minimalizálására törekszünk, akkor $c_j = a_j$. Vezessük be az $x_j (j=1, \dots, n)$ döntési változókat. Az x_j aszerint 1 vagy 0, hogy a megfelelő méretű darabot levágjuk-e vagy sem. Így a feladat:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ & \sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b \\ & x_j = 0 \mid x_j = 1 (j=1, \dots, n) \\ & \forall a_j \geq 0 \ \& \ \forall c_j \geq 0. \end{aligned}$$

A hátizsák-feladat alkalmas előre ismert *szűk keresztmetszet* vizsgálatára. Bizonyos munkák közül választhatunk, amikor a termelési feladatot össze akarjuk állítani. A j -edik munkán a haszon legyen c_j és a munka igénye a szűk keresztmetszetet jelentő erőforrásból a_j . Az erőforrásból rendelkezésre álló mennyiség legyen b . Ekkor a fenti feladat optimális célfüggvényértéke tájékoztatást ad az elérhető legnagyobb haszonról.

A hátizsák-feladatok általánosításaként, több feltétel esetén a \mathbf{c} ill. \mathbf{b} n ill. m dimenziós vektorokkal és az \mathbf{A} $m \times n$ méretű mátrixszal, mint együtthatóval a

$$\begin{aligned} & \max \mathbf{c}\mathbf{x} \\ & \mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b} \\ & x_j = 0 \mid x_j = 1 (j=1, \dots, n) \end{aligned}$$

alakú problémát nyerjük.

A vegyes diszkrét feladatok esetében a változók egy csoportjától csak *nemnegativitást* követelünk meg:

$$\begin{aligned} & \max(\mathbf{c}^T \mathbf{x} + \mathbf{d}^T \mathbf{y}) \\ & \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{y} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{x} \leq 0 \\ & \mathbf{y}_j = 0 \\ & y_j = 0 \mid y_j = 1, j=1, \dots, n \end{aligned}$$

A megoldási módszereknek két csoportja alakult ki: a *Branchers*-dekompozíció és a *Branch & Bound* (szétválasztás & korlátozás) típusú eljárások.

b) Az utazó ügynök feladata

Adva van n számú város. Jelöljön ezek közül kettőt i és j . Ekkor ismert ezek c_{ij} távolsága. Feladat egy adott városból kiindulva a legrövidebb úton bejárni valamennyit úgy, hogy mindegyiket csak egyszer érintsük és utunkat a kezdőpontban fejezzük be. Ugyanehhez a problémához jutunk, ha *egy gépen egy adott időszakra* (pl. egy műszakra) *úgy akarjuk az elvégzendő munkák sorrendjét meghatározni, hogy az átállítási idők összege minimális legyen*. Ebben az esetben c_{ij} az i -edik és j -edik munkadarab közötti átszerszámozási idő.

Több kísérlet történt arra, hogy az alapmodellt további feltételekkel egészítsék ki. Az egyik ilyen változat az, amikor a körüljárást úgy kívánjuk megvalósítani, hogy egyetlen városból kiindulva és oda ismételten visszatérve több kisebb körút során jutunk el valamennyi városba. Továbbá nemcsak egyszerű utazásról van szó, hanem az ügynök csomagokat is szállít a városokba. Az egy részkörúton szállított áru súlya korlátozva van.

Ütemezési szempontból ez annak az esetnek felel meg, amikor az átszerszámozási időkhöz kívül a megmunkálási időket is figyelembe vesszük.

Ugyanez a feladat eredeti értelmezésben is felmerülhet a következőképpen. Egy nagy kiterjedésű gyárban sok helyen felhasználják az egyik üzemszám által előállított alkatrészeket. Ekkor meghatározott útvonalakon menetrendszerűen célszerű közlekedtetni a szállítóeszközöket. Az optimális útvonalakat - és így a szállítóeszközök optimális kihasználásának módját - a fenti probléma megoldásával nyerhetjük.

Egy másik alternatíva, amikor határidőket veszünk figyelembe, azaz bizonyos városokat egy megadott időpontig el kell érni. Ez lehetőséget ad arra, hogy a berendezés más gépek ütemezéséhez alkalmazkodni tudjon, azaz több berendezésre együttes programot tudjunk készíteni.

A probléma egyik lehetséges matematikai megfogalmazása a következő:

Tegyük fel, hogy az ügynök az i_1 városból indul, innen i_2 -be megy, stb. Így

$$P = (i_1, i_2, \dots, i_n, i_{n+1} = i_1)$$

egy körbejárás. Feladatunk az összes lehetséges körbejárások közül a minimális költségű kiválasztása, azaz

$$\min_P \sum_{j=1}^n c_{i_j i_{j+1}}$$

mivel az i_1 -ből i_2 -be való utazás költsége $c_{i_1 i_2}$, az i_2 -ből i_3 -ba való utazás költsége $c_{i_2 i_3}$, stb., és ezek nyilván összegeződnek.

Amikor több kisebb körutat valósítunk meg, akkor ezek száma legyen m , az egyes körbejárások pedig:

$$P_1, P_2, \dots, P_m$$

Ezekben az utakban valamennyi városnak szerepelnie kell, azaz

$$\bigcup_{k=1}^m P_k = \{1, \dots, n\}. \quad (1)$$

Legyen a körutak közös kiinduló- és végpontja i_0 . Nyilván nincs értelme, hogy egy városba többször is elmenjünk, mert ezzel csak a költségeket növelnénk feleslegesen. (Az ütemezési esetben ez azt jelentené, hogy ugyanazt az alkatrészt többször akarnánk legyártani.) Tehát a különböző körutaknak i_0 -n kívül közös csúcsuk nem lehet, azaz

$$P_l \cap P_k = \{i_0\} \text{ és } l \neq k. \quad (2)$$

Minden j -edik városba q_j lehet a megmunkálási idő vagy a szállított alkatrészek mennyisége a szállítóeszköz szempontjából mérve.

Legyen G az egy körútban szállítható mennyiség (a műszak hossza, ill. a gépkocsi kapacitása). Így a

$$\sum_{j \in P_k} q_j \leq G \quad (k=1, \dots, m) \quad (3)$$

feltételhez jutunk.

Jelölje D_k a P_k halmazon az utazó ügynök feladat optimális megoldását. Ekkor feladatunk a

$$\min_{(P_1, \dots, P_m)} \sum_{k=1}^m D_k$$

szélsőérték meghatározása az (1), (2) és (3) feltételek mellett.

c) A hozzárendelési probléma

Adott n férfi és ugyanennyi nő, akik valamennyien házasságot szeretnének kötni. Mivel a bigámiát a törvény tiltja, így minden férfihez pontosan egy nő tartozhat és megfordítva is ez áll. Legyen c_{ij} az a hozomány, amit az i -edik nő családja ad, ha a nőt a j -edik férfi veszi el feleségül. A hozzárendelési feladat célja lehet ez esetben: megkeresni azt a házasságkötést, amely mellett a hozományok összege minimális.

Hosszabb időszak gyártási feladatainak szétosztása több műhely (gép) között hasonló hozzárendelési problémára vezet. Egy adott tervidőszakban n tétel (sorozat) gyártását kell szétosztani ugyanennyi műhely (gép) között. Ezek közül mindegyik csak egy tétel gyártását köteles elvégezni és egy tétel gyártását csak egy műhelynek (gépnek) lehet kiadni. Legyen c_{ij} az a költség, amellyel az i -edik tétel gyártása jár a j -edik műhelyben (gépen). Ismertnek feltételezve ezeket a költségeket, keresni lehet azt a szétosztást, amely mellett a gyártási összköltség minimális. Valamennyi lehetséges variációt nem célszerű megvizsgálni, hiszen csupán 10 gyártandó tétel esetén is ez 3628000 lehetőséget jelent.

A feladat matematikai megfogalmazásához vezessük be az x_{ij} segédváltozót. Ennek értéke legyen 1, ha az i -edik tétel gyártását a j -edik műhelyre (gépre) osztjuk ki, egyébként pedig 0. Így a feladat az alábbi, összköltségre vonatkozó célfüggvénnyel és korlátozó feltételekkel adható meg:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$$

$(i=1, 2, \dots, n)$

minden j sorszámú gyártandó tételhez egy és csakis egy műhely (gép) tartozik

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1$$

$(j=1, 2, \dots, n)$

minden i sorszámú műhely (gép) egy és csakis egy tételt köteles gyártani.

A feladat megoldására - még nagy méretek esetén is - hatékony eljárás az ún. "Magyar módszer".

4.14.3. Ütemezési problémák és megoldási lehetőségeik

A gyakorlati tapasztalatok, amelyeket a felhasznált termelésprogramozási módszerekre vonatkozó nemzetközi szakirodalom is alátámaszt, azt mutatják, hogy a gyártási műveletek ütemezésére eddig ismert egzakt megoldási módszerek csak kis rendszerekre érvényesek és nagyon számításigényesek. Így ipari méretű problémák kezelését ezekkel meg sem szabad kísérlni. Ez a magyarázata, hogy a gyakorlatban *heurisztikus eljárásokat* alkalmaznak nagyméretű ipari feladatok megoldására. (A heurisztikus módszer itt ismert egzakt eljárások felhasználását jelenti új problémák megoldására, figyelembe véve a termelő üzembeli empíriát, más szavakkal *"trial and error = kísérlet és hiba"* módszere.)

A termelésprogramozási feladat általánosan a következőképpen fogalmazható meg: *Adott a gyártó műhelyben n számú elvégzendő munka és a gyártáshoz m gép áll rendelkezésre. Meg kell határozni a munkáknak azt a sorrendjét a gépeken, amely bizonyos előre megadott szempontok szerint optimális.* Például aszerint, hogy minimális legyen a munkák átfutási ideje vagy előírt határidőre készüljenek el a munkák, vagy minimális legyen a gyártási összköltség, stb.

Az általános termelésprogramozási feladatkörön belül egy konkrét gyártásütemezési problémát matematikai tárgyalás szempontjából a következő főbb jellemzőkkel lehet behatárolni:

- a) *A munkák beérkezési mintájával.* Ha egyidejűleg n munka érkezik a géphez, amely szabad és azonnal tud fogadni munkát, akkor az ütemezési probléma *statikus*. Ha a munkák megszakításokkal érkeznek a géphez, sztochasztikus sorrendben és a gép foglalt is lehet, akkor az ütemezési probléma *dinamikus*.
- b) *Azoknak a gépeknek a számával,* amelyekre a munkákat ütemezni kell. A *két és háromgépes* ütemezési feladatok ún. *kisfeladatok*, amelyekre még ismert egzakt megoldás. A *többgépes* ütemezési feladatok az ún. *nagyfeladatok*, amelyekre egzakt megoldás nem ismert.
- c) A munkáknak a *gépeken előírt technológiai útvonalával.* Ahol adott a technológiai útvonal és ez minden munkadarabra nézve azonos, ott *egyutas* gyártásütemezési feladatokról van szó. Ha a munkadaraboknak a műhelyben eltérő technológiai útjaik vannak, a feladat *többutas*.
- d) *Az ütemezés optimumkritériumával,* amely az ütemezési hatékonyság kiértékelésének alapja.

Megjegyezzük, hogy az üzemi gyakorlatban tipikusan a dinamikus ütemezési problémát felvető nagyfeladatok a jellemzőek. Könyvünkben - terjedelmi okokból - csak az egyutas gyártásütemezési feladatok megoldására szolgáló heurisztikus módszerekkel foglalkozunk.

Feladat: n számú munkát m számú különböző gépen kell elvégezni. Minden egyes munkának egy és ugyanaz a technológiai útvonala. Ez az útvonal, valamint a műveleti idők előre adottak (manuális számítás alapján, vagy valamely CAPP rendszer kimenetén). A gyártásütemezés célja lehet - egyebek között - a munkák olyan sorrendjének meghatározása, amely mellett az *átfutási idő*, azaz az első munka gépre kerülésétől az utolsó munkadarab megmunkálásának befejezéséig terjedő időintervallum, *minimális*.

Az angol nyelvű szakirodalomban az *egyutas* problémákat a *"flowshop"* elnevezés alatt tárgyalják. (A gyakorlatban ilyen pl. a fogaskerekek gyártásának menete, amikor az egyes munkadarab-sorozatok azonos típusú darabokból állnak. A *flowshop* típusú ütemezési feladatokat további két osztályba sorolják, ezek az ún. *"passing"* és *"no-passing"* feladatok. (Passing: a munkák az egyes gépeken előzhetik egymást; no-passing: előzés nem lehetséges)).

Célszerű bevezetni ezekre a megfelelő magyar terminológiát: az *egyutas előzéses* és az *egyutas előzés nélküli* ütemezés fogalmát. Az előzéses esetre példa: különböző méretű fogaskerek gyártása, amikor *megmunkálásközi raktárak* vannak, és így lehetővé válik, hogy egy munkadarab-sorozat, amely az *i*-edik gépen első volt, a *j*-edik gépen pl. ötödikként kerüljön megmunkálásra. Az előzés nélküli eset tipikus példája a futószalag.

A feladat megoldására bemutatandó módszerek *közelítő eljárások*, mert elhanyagolják a gépek közötti anyagmozgatási vagy tranzitidőt, a gépbeállítási (előkészületi) időket a műveleti időben veszik figyelembe és nem engednek meg átlapolást a műveletek között.

(a) Az egyutas, előzés nélküli ütemezési feladat

Legyen a kitűzött cél: *a munkák átfutási idejének minimalizálása*. Ez más szavakkal az egyes gépek állásidejének minimalizálását is jelenti.

A munkadarabok meghatározott sorrendben kerülnek a gépekre. Az első munkadarab azonosítója legyen j_1 , a másodiké j_2, \dots , az utolsóé j_n . Jelöljön ebből $S_{j_s} = (j_1, \dots, j_s)$ egy kezdeti részsorozatot, $T(S_{j_s}, i)$ pedig legyen az S_{j_s} sorozat átfutási ideje a technológiai útvonal szerinti első *i* számú gépen.

Tegyük fel, hogy az S_{j_s} részsorozat után a j_{s+1} azonosítójú munkát végezzük el. Az átfutási időkre az alábbi rekurzív formulát kapjuk:

$$T(S_{j_{s+1}}, i) = \max[T(S_{j_s}, i), T(S_{j_s+1}, i-1)] + t_{j_{s+1}, i},$$

ahol: $T(0, i) = T(S, 0) = 0$ minden *S*-re és *i*-re, továbbá $t_{j_s, i}$ a j_s -edik alkatrész megmunkálási ideje az *i*-edik gépen. Így a flowshop-probléma egy tetszőleges *P* munkadarab-sorrendre:

$$\min_P T(P, m)$$

alakban írható fel. Az elmondottakra vegyünk egy példát (4.2. ábra):

→ a gépek sorszáma (technológiai útvonal)

	<i>i</i>	1	2	...	m
<i>j_k</i>		$t_{j_1,1}$	$t_{j_1,2}$...	
<i>j₂</i>		$t_{j_2,1}$	$t_{j_2,2}$...	
<i>j₃</i>		$t_{j_3,1}$	$t_{j_3,2}$...	
<i>j₄</i>		$t_{j_4,1}$	$t_{j_4,2}$...	
...				...	
<i>j_n</i>				...	$t_{j_n,m}$

A mdb-ok azonosítója (a munkák indexe) ↓

S_{j₃} = {j₁, j₂, j₃} — kezdeti részsorozat

4.2. ábra Indexelési technika az egyutas, előzés nélküli ütemezési feladathoz

Megjegyzés: j_1, j_2, \dots, j_n helyett $1, 2, \dots, n$ is írható, ekkor

$$t_{j_s, i} \equiv t_{k, i},$$

amelyre

$$1 \leq k \leq n$$

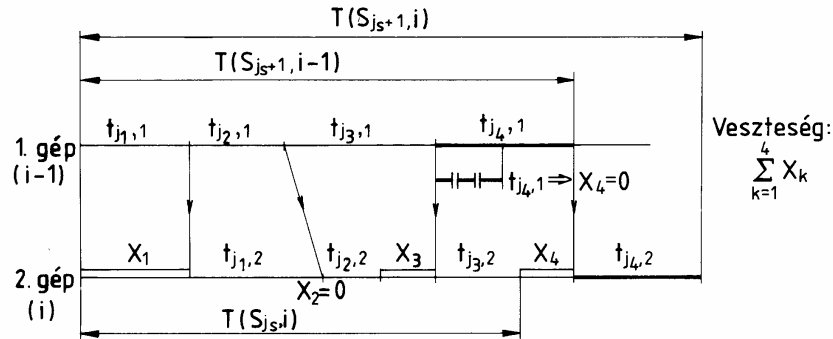
és

$$1 \leq i \leq m$$

(n számú munka m számú gépen) $t_{j_s,i}$ - a j_s -edik alkatrész megmunkálási ideje az i -edik gépen.

Legyen most $i=2$; $j_s = j_3$; $j_{s+1} = j_4$; $S_{j_s} = S_{j_3} = \{j_1, j_2, j_3\}$.

Rajzoljuk fel az 1. és 2. gép terhelésére vonatkozó ún. Gantt-diagramot (4.3. ábra).



4.3. ábra Gantt-diagram az 1. és 2. gép terhelésére vonatkozóan

Ha $i=2$, $j_s = j_3 = 3$, $S_{j_s} = S_{j_3}$; $S_{j_s+1} = S_4$, akkor a 4.3. ábra alapján látható, hogy:

$$T(S_4, 2) = \max[T(S_3, 2), T(S_4, 1)] + t_{4,2}.$$

Általánosan is igaz, hogy

$$T(S_{j_s+1}, i) = \max[T(S_{j_s}, i), T(S_{j_s+1}, i-1)] + t_{j_s+1, i},$$

amint azt korábban feltettük. A bizonyítás teljes indukcióval könnyen elvégezhető.

A feladat kezelhetősége erősen függ a berendezések számától. $m=2$ esetén egy igen egyszerű módszer, a *Johnson-algoritmus* használható fel a feladat egzakt megoldására, amely $m=3$ esetén is bizonyos esetekben alkalmazható. Az egyutas előzés nélküli feladat megoldására $m>2$ esetére számos heurisztikus módszert dolgoztak ki. A legfontosabbak *Palmer*, *Campbell-Dudek-Smith*, *Page* és *D.G.Dannenbring* nevéhez fűződnek.

(b) Johnson algoritmus

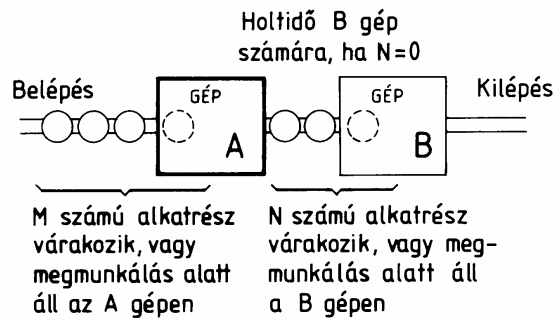
Johnson algoritmus lehetővé teszi az olyan sorbarendezési (itt egyutas, előzés nélküli ütemezési) feladatok megoldását, amelyekben n számú munkát kell két, egymást követő munkahelyhez (géphez, berendezéshez) hozzárendelni. Egyes speciális esetekben a feladat $m=3$ -ra is kiterjeszhető. Bár $m>3$ esetén nem használható, rendkívül fontos eljárás, mert alapját képezi a nagyobb feladatokhoz kifejlesztett heurisztikus módszereknek. Tekintsük a 4.4. ábrát.

Az ábra két gépből álló gyártósejtet mutat, amelyen a megmunkálási folyamat a két gépnek megfelelően legyen a következő:

$A \rightarrow$ furatesztergálás (nagyolás),

$B \rightarrow$ furatesztergálás (simítás).

Tegyük fel, hogy a furatmegmunkálás két (különböző pontosságú) gépre való bontása a tűrések miatt indokolt.



4.4. ábra Két gépből álló gyártócella modellje a Johnson-algoritmus levezetéséhez

A kétféle megmunkálási műveletet n számú különböző alkatrészen végzik el, amelyek jellege hasonló, de méreteik különbözőek, továbbá tetszőleges sorrendben jelentkezhetnek. Következésképpen az átfutási idő egy tetszőleges, de választás után rögzített sorozatra igen eltérhet ugyanannak a munkadarab sorozatnak egy más sorrendben gyártott variánsától.

Jelöljük most A_i -vel és B_i -vel azt az időt, amelyet az i -edik alkatrész megmunkálására fordítanak az A és B gépen. *A feladat a B gép állásidejének minimalizálása.* Vagyis olyan $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$ sorrendet akarunk megállapítani, amelynél a p_j és a p_{j+1} alkatrészek simító furatesztergálása közötti állásidők összege a legkisebb, az egymást követő j értékekre számítva az összeget. (p - a "part" = alkatrész szó kezdőbetűje).

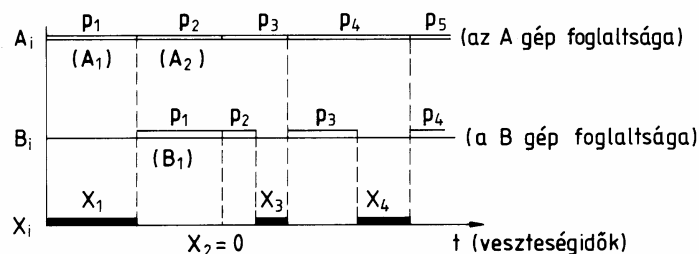
Nevezzük T -nek az összes időt, amely eltelik az első alkatrész furat-nagyolásának megkezdése és az utolsó alkatrész furat-simításának befejezése között. Legyen X_i a holtidő a p_{i-1} -edik feladat befejezése és a p_i -edik megkezdése között. A 4.5. ábra alapján felírhatjuk:

$$T = \sum_{i=1}^n B_i + \sum_{i=1}^n X_i,$$

és mivel $\sum_i B_i$ adott és ismert, csak $\sum_i X_i$ minimalizálandó.

A probléma egzakt megoldását [87]-ben találhatjuk meg.

A részletes levezetésből azonnal látható, hogy a sorrendet lépésről-lépésre meg lehet határozni a Johnson algoritmus segítségével. Az operációkutatásban azt a matematikai módszert, amely egymástól függő döntések sorozatát optimalizálja, *dinamikus programozásnak* nevezzük. Johnson algoritmus tulajdonképpen dinamikus programozási problémát old meg.



4.5. ábra A Gantt-diagram alapértelmezése a kétgépes gyártócella-modellhez

A dinamikus programozás alaptétele a *Bellman*-féle optimalitási tétel, amelyet sokféleképpen meg lehet fogalmazni és be lehet mutatni.

A *Bellman*-féle optimalitási tétel (diszkrét és determinisztikus rendszerekre):

Legyen egy rendszerünk, amelynek állapota az egyes k fázisokban megváltozhat döntés következtében. Az egyes k fázisokban ($k=0,1,2,\dots,N$) a rendszer véges vagy végtelen, de megszámlálható állapotban lehet. "Politikának" nevezzük a döntések egy bizonyos sorozatát $k=0$ -tól $k=N$ -ig. 'Alpolitikának" nevezzük a kapcsolódó döntések olyan sorozatát, amely valamely politikának része. Ha ebben az esetben az állapotváltozásoktól függő értékfüggvényt veszünk fel és ezt a függvényt optimalni kívánjuk, akkor igaz az alábbi tétel: **Egy optimális politika csak optimális alpolitikákból állhat.**

Bellman megfogalmazásában: "Valamely politika akkor optimális, ha egy adott periódusban - akármilyenek voltak az előző döntések - a hátralévő döntések optimális politikát alkotnak, figyelembe véve az előző döntések eredményét."

(c) A *Johnson*-algorithmus kiterjesztése 3 gépre

A *Johnson*-algorithmust fel lehet használni az alábbi két különleges esetben:

$$\min A_i \geq \max B_i \quad \text{vagy} \quad \min C_i \geq \max B_i,$$

amikor az n elvégzendő műveletből álló munkáknál 3 gép A , B és C adott. Ilyenkor az idők vizsgálatát az $A_i + B_i$ és $B_i + C_i$ összegekkel végezzük.

Tekintsük a következő feladatot:

Definiálják az esztergálási, marási és köszörülési műveleteket az A_i, B_i és C_i időtartamok a p_1, \dots, p_5 alkatrészeken. Induljunk ki a következő táblázatból:

I. táblázat

	Esztergál (A_i)	Mar (B_i)	Köszörül (C_i)
p_1	8	6	7
p_2	12	3	10
p_3	9	5	4
p_4	15	4	18
p_5	11	5	10

Érvényes, hogy $\min A_i \geq \max B_i$, mert $8 > 6$. Összeállíthatjuk a második táblázatot is:

II. táblázat

	$A_i + B_i$	$B_i + C_i$
p_1	14	13
p_2	15	13
p_3	14	9
p_4	19	22
p_5	16	15

Alkalmazva a Johnson algoritmust, kapjuk:

1	p_1	14	13	2	p_1	14	13	3	p_4	19	22
	p_2	15	13		p_4	19	22		p_5	16	15
	p_4	19	22		p_5	16	15		p_1	14	13
	p_5	16	15		p_2	15	13		p_2	15	13
	p_3	14	9		p_3	14	9		p_3	14	9

Az algoritmus jól követhető az 1)-2)-3) táblázatokon.

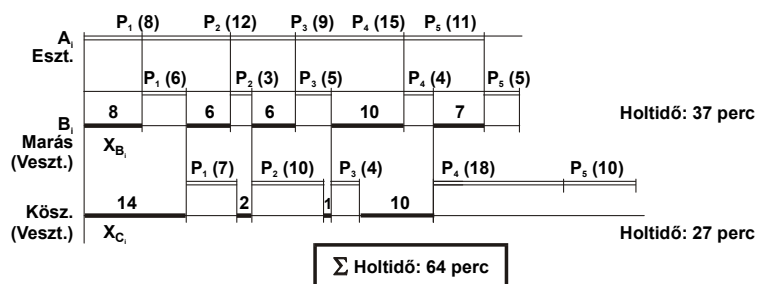
1. Megvizsgáljuk, hogy a III. táblázatban melyik a legkisebb idő; jelen esetben ez 9 perc.
2. Ha ez az érték a táblázat *első* oszlopába tartozó érték, akkor a neki megfelelő munkadarabbal kezdünk; ha második oszlopba tartozó, akkor a neki megfelelő munkadarabbal fejezzük be a megmunkálást.
3. Elkülönítjük a táblázat megfelelő sorát, majd a maradék táblázatrésszel folytatjuk az 1.-2.-3. lépést. Az optimális ütemezési sorrendre azt kapjuk, hogy

$$S = (p_4, p_5, p_1, p_2, p_3).$$

Vegyük az eredeti *ad hoc* sorrendet:

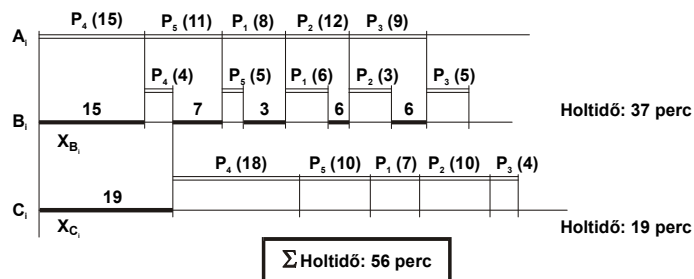
$$S_1 = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5).$$

Ábrázolva (4.6. ábra):



4.6. ábra A Johnson-algoritmus 3 gépre való kiterjesztésének szemléltetése konkrét példán (Gantt-diagram, *ad hoc* sorrend)

A Johnson-algoritmus szerint (4.7. ábra):



4.7. ábra A Johnson-algoritmus 3 gépre való kiterjesztésének szemléltetése konkrét példán (Gantt-diagram, *optimális sorrend*)

A két Gantt-diagramból látható, hogy a Johnson algoritmus 8 perccel csökkenti az állásidőket.

5. Gyártórendszerek irányítása

A diszkrét gyártási folyamatok eleme a művelet (operation). A gyártási folyamatok műveletei általában bonyolult relációkkal kapcsolódnak egymáshoz. A műveletek meghatározott gépeken, berendezéseken, munkahelyeken, meghatározott sorrendben, különböző szerszámok, készülékek, mérőeszköz használatával, meghatározott technológiai adatokkal végezhetők csak el. Az automatizált gyártás számára mindezt megfelelő modell alapján meg kell tervezni, és gyártási programokban kell rögzíteni. Az automatizálás alapja tehát a modell alapján tervezett és az irányító berendezésbe betöltött irányító program.

Az irányító rendszer feladata a termelés technológiai programok értelmezése, a feladatok és a megfelelő gépi funkciók kijelölése, mozgásparancsok előállítása és hibátlan végrehajtása.

A gyártási folyamatok fizikai bizonytalansága soha nem szüntethető meg teljesen. Az anyagminőség ingadozása, a sűrűlódások, a váratlan meghibásodások, az igények változásai, és az emberi döntések hibái szükségessé teszik a technológiai folyamatok állandó megfigyelését, ellenőrzését és visszacsatolását. A gyártásirányítás fontos feladata ezekhez a gyártási bizonytalanságokhoz való alkalmazkodás, a hibák felismerése, a gyártás stabilitásának megőrzése.

A gyártási folyamatok eredményességének megítélésére sokféle mutató szolgálhat. Ilyenek:

- A termelés mennyisége
- A termékek minősége
- A szállítási határidők betartása
- Az erőforrások (gépek) kihasználása
- A lekötött készletek nagysága.

Ugyanaz a cél rendszerint több, néha nagyon sokféle alternatív megoldással is elérhető. A gyártásirányítás fontos feladata a folyamatok korlátozásait figyelembe véve a termelési alternatívák közül az optimális megtalálása és megvalósítása változó körülmények között is. Ennek a feladatnak a megoldását adaptív (alkalmazkodó) és optimáló irányításnak nevezzük.

A műveletek végrehajtását a munkahelyek (szerszámgépek vagy más technológiai berendezések, pl. robotok, hőkezelők, hegesztőgépek, mérőgépek, stb.) valósítják meg. A munkahelyeket gyártó csoportokba, cellákba, gyártórendszerekbe és gyártó műhelyekbe szervezik. Egy ilyen automatizált gyártórendszer irányítása bonyolult feladat, amely sok információ kezelését, intelligens következtetéseket és sok döntést igényel.

Definíció: A gyártórendszer olyan gépekből, kiszolgáló berendezésekből és irányító rendszerből álló, komplex technológiai objektum, amely anyagi, energetikai és informatikai erőforrások felhasználásával, gyártási rendelések alapján félkész- vagy kész -termékeket állít elő.

Definíció: A gyártórendszerek irányítása (röviden a gyártásirányítás) olyan irányítási feladat, amely valós időben irányítja és felügyeli a gyártórendszerben zajló komplex gyártási folyamatokat. A gyártásirányítás az előre megtervezett és a gyártási programokban rögzített aktuális célokat igyekszik megvalósítani, alkalmazkodva a fellépő bizonytalanságokhoz és törekedve az eredmények adott feltételek (korlátozások) melletti optimalizálására.

A gyártórendszerek irányításában sok önálló részfeladat megvalósítását szoros integrációban kell megoldani. Ez az integráció legalább háromirányú:

- A gyártási folyamatok szekvenciális, azaz időben egymás után következő műveleteinek esemény-vezérelt megvalósítása.

- Egymás mellett, egyidejűleg (párhuzamosan) működő, gyártásirányítási feladatok összehangolása, szinkronizálása.
- Egymás alá és/vagy fölérendelt, egymástól hierarchikusan függő, gyártásirányítási feladatok integrált kezelése.

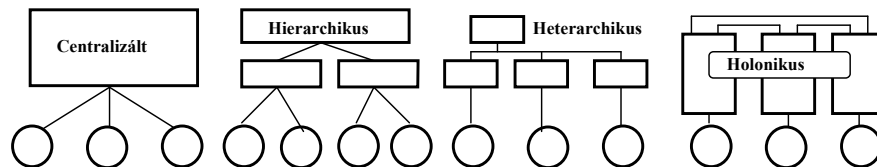
5.1. Gyártásirányítási rendszerek struktúrája

Irányítási rendszerekben a rendszermodulok kapcsolatai egyenrangúak vagy alá-fölérendelték lehetnek.

„Tiszta” hierarchikus rendszerek csak elméletileg léteznek. Ha az alá-fölérendelt kapcsolatok dominálnak, hierarchikus rendszerről, ellenkező esetben heterarchikus rendszerről van szó.

Ha egy irányítandó rendszer struktúrája belső tulajdonságainál fogva hierarchikus, akkor az irányítórendszer célszerű felépítése is ilyen.

Hierarchikus rendszerekben a döntések száma kevesebb, a heterarchikus rendszerek azonban robusztusabbak, megbízhatóbbak.



5.1. ábra Irányító rendszerek struktúra típusai

A hierarchikus irányító rendszer egymás alá rendelt szintekből (rétegekből, layer) áll. Minden szinten hasonló (azonos osztályú) entitások találhatók. Az irányító rendszer entitásai az adott szint autonóm irányítási elemei. Minden irányítási entitásnak meghatározott funkciói vannak, amelyeket irányítási algoritmus realizál. Az entitások egymással csak a hierarchia magasabb szintjei segítségével kommunikálhatnak.

A heterarchikus rendszerekben az entitások közvetlenül is kapcsolódhatnak egymáshoz. A holonikus rendszerek a modern heterarchikus rendszerek továbbfejlesztéseinek tekinthetők. A holonikus rendszerek irányító moduljai nem parancsok, hanem közös cél érdekében megfogalmazott együttműködési szabályok alapján, autonóm módon irányítják a hozzájuk tartozó folyamatokat.

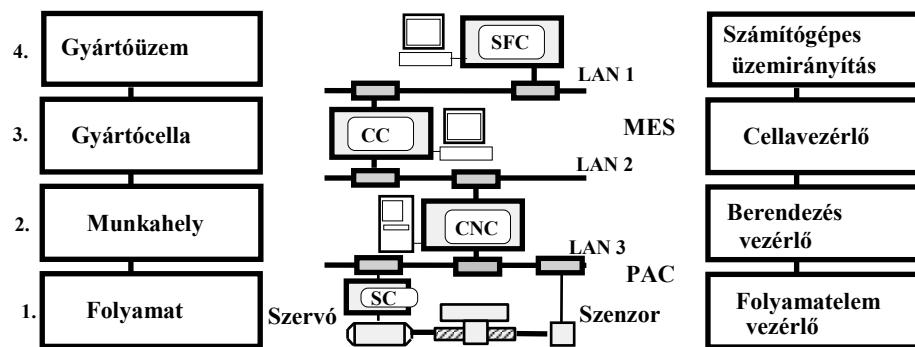
A gyártórendszerek irányításának hierarchiája azok belső, technológiai struktúrájához igazodik. Négy irányítási szint alakult ki (5.2. ábra), melyeket információ átviteli hálózatok kötnek össze. A szintek a következők:

- Műhely szintű gyártásirányítás (Shop Floor Control, SFC).
- Gyártócella, gyártórendszer vezérlő (Cell Controller, FMS Controller, CC, FMSC).
- Gép, vagy munkahely-vezérlő (Machine Controller, MC).
- Folyamat-elem vezérlő (Servo Controller, SC, Logic Controller, PLC)

A gyártásirányítás funkcionális moduljai történetileg alulról felfelé jöttek létre. Legelőször a fizikai folyamatokhoz közeli folyamatelemeket automatizálták. Ilyen folyamatirányítási modulokat már az ipari elektronika korszaka előtt is megvalósítottak mechanikus, hidraulikus vagy pneumatikus eszközökkel.

Ezután a munkahelyek, a gépek automatizálása következett a berendezésvezérlők megalkotásával (Numerical Control, NC, Programmable Logical Controller, PLC, Robot Controller, ROC). A megvalósítás feltétele a szabályozható szervomotorok és a nagy pontosságú elmozdulás-mérők megvalósítása volt. Csak később, a mikroszámítógépek ipari alkalmazásának tömeges és megbízható megoldása után jelentek meg a cellavezérlők és a gyártórendszer vezérlők. A műhelyszintű számítógépes gyártásirányítás elterjedésének feltétele volt az üzemi számítógépes helyi hálózatok megbízható változatainak alkalmazása. Ez tette lehetővé a hierarchikus, többszintű komplex számítógépes ipari irányítás megvalósítását.

Egy gyártóüzem általában több gyártócellából, üzemszemből, gépcsoportból áll. A cellák több gépet, berendezést, munkahelyet tartalmaznak. Minden munkahelyen vagy gépen több elemi folyamat is zajlik, időben sorosan vagy párhuzamosan. A gyártásirányítás négy szintjét és hierarchikus kapcsolatukat 5.2. ábrán szemléltetjük.



5.2. ábra A gyártásirányítás hierarchikus struktúrája

A hierarchia szintek mikroszámítógépes irányító eszközeit számítógépes helyi hálózatok (Local Area Network, LAN) kapcsolják össze [33]. A hálózatokkal szemben támasztott követelmények szintenként eltérőek. A LAN1 (üzemi hálózat) szintjén az elterjedt Ethernet-TCP/IP protokoll ipari változatát használják. A LAN2 (cella hálózat) szintjén a Fieldbus típusú protokollok a legelterjedtebbek. A LAN3 (berendezés adatsín) szintjén a CAN (Control Area Network) különböző változatai jellemzőek.

A gyártásirányítás két felsőbb szintű irányító modulját gyártásvégrehajtó rendszerek (Manufacturing Execution System, MES), míg az alsó két szintet a gyártási tevékenység vezérlőjének (Production Activity Control, PAC) nevezik. A MES-ben a műszaki adatbázisokra alapozott feladat-ütemezés, döntés és felügyelet, a PAC szintjén a valós idejű számítógépes megfigyelés-beavatkozás dominál.

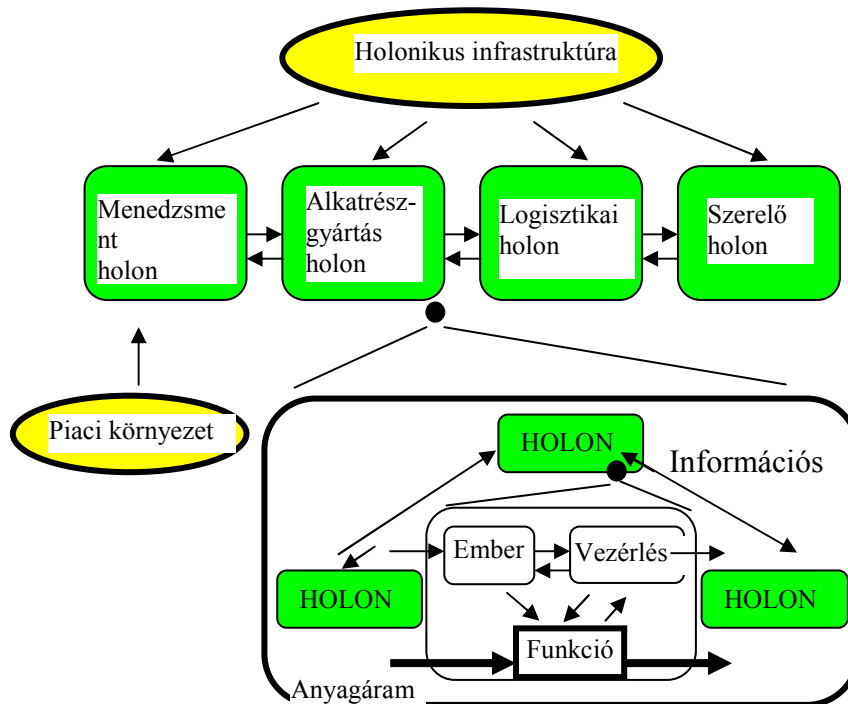
A hierarchikus irányítás előnyei akkor használhatók ki a legjobban, ha a hierarchiai szintek száma nem több, de nem is kevesebb annál, ami az optimális irányítási döntések meghozatalához szükséges.

A gyártásirányítás eszközrendszerében növekszik az intelligens, autonóm, valós idejű információs feldolgozásra képes rendszerek szerepe. Az információs technológia (IT) új nagysebességű hardver eszközei, az objektum orientált szoftver komponensek, az ügynök technika (Agent Technology), az elosztott (distributed) irányító rendszer lehetővé teszik holonikus rendszerek létrehozását.

Definíció: *A holonikus rendszerek önálló információs feldolgozásra, döntésre, sőt tanulásra képes autonóm egyedeket (holonokat) tartalmazó rendszerek. A holonok saját*

végrehajtó eszközeikkel, funkcióikkal, érzékelőkkel és kommunikációs eszközeikkel képesek egy holarchia kooperatív (együttműködő) tagjaként működni [75].

A holon egyesíti a fizikai-technológiai funkciót az intelligens információ feldolgozó képességgel és az ember interaktív döntési képességeivel.



5.3. ábra Holonikus gyártórendszer struktúrája

5.2. Gyártórendszerek informatikája

A gyártásirányítás valós időben irányítja és felügyeli a gyártórendszerekben zajló gyártási folyamatokat. A gyártórendszerek irányításának hierarchiája ma általában négy szintű.

- 1.szint: Gyártórendszer vezérlők szintje (Manufacturing System Controller) (Műhelyirányítás (SFC), Rugalmas gyártórendszer irányítás (FMSC), stb.)
- 2.szint: Megmunkálórendszer vezérlők szintje (Machining System Controller) (Cellvezérlők (CC), Anyagmozgató-rendszer vezérlők (AGVC), Raktári rendszerek vezérlése (CAST), stb.).
- 3.szint: Munkahely- vagy gépvezérlők szintje (Machine Controller) (Számjegyves vezérlők (CNC), Robotvezérlők (ROC), Mérőgépvezérlők (MMC), stb.).
- 4.szint: Folyamat-irányítók szintje (Process Controller) (Logikai vezérlők (PLC), Pozícionáló rendszerek (PSC), Felügyelő rendszerek (PMS), stb.).

5.2.1. Gyártórendszer vagy gyártóműhely vezérlők

A gyártórendszerek irányításának „alapjele” (referenciája), a műszaki adatbázisban (EDB) megjelenő operatív termelési terv. Az operatív termelési tervet a termeléstervezés-termelésirányítás (PPS) funkcionális modul állítja elő.

Az operatív termelési terv állományain kívül a termelésirányítás parancsokat küldhet a gyártórendszer-(műhely)-irányítás szintjei felé, és üzeneteket is cserél azokkal.

A műhelyszintű megrendelések állományai:

- A gyártásra megrendelt termékek, szerelvények darab-jegyzékei (tételjegyzékei)
- A megrendelések anyagszükséglete
- A gyártandó alkatrészek technológiai terveinek állományai. (Gyártási tervek, művelettervek, műveleti utasítások, felfogási tervek, stb.)
- A rendelések teljesítéséhez szükséges gyártóeszköz állományok. (Szerszámtervek, szerszámjegyzékek, készüléktervek, készülékjegyzékek)
- Szerelési családfák állományai
- Szerelési technológiai tervek
- NC alkatrészprogram file-ok, robotprogram file-ok, PLC program file-ok
- Mérési és ellenőrzési utasítások
- Mérőgépek program file-jai.

Tipikus parancsok:

- Rendelések indítása
- Rendelések letiltása
- Rendelés-attribútumok módosítása
- Állományverziók érvényesítése
- Állományverziók letiltása.

Tipikus üzenetek:

- Termelési tájékoztatók
- Személyi tájékoztatók
- Gyártórendszer (műhely)szintű adatbázis lekérdezései
- Státusz üzenetek
- Termelési naplók kezelése.

A gyártórendszer-vezérlő alrendszer (műhelyirányítás) kapcsolatot tart további gyártórendszer vezérlőkkel. Ez a kapcsolat nem hierarchikus, hanem kölcsönös információcserén, kérések teljesítésén és szolgáltatásokon alapul.

A gyártórendszerek (műhelyek) irányítása erősen interaktív. A döntéseket a gyártórendszer vagy a műhelyvezetők (üzemvezetők) hozzák. A döntések támogatására számítógépes rendszer szolgál. A műhelyszintű gyártásirányítás az Operation Management egyik fő feladata.

A gyártórendszerek irányítása diszkrét, sokváltozós, komplex, koordinációs típusú irányítás. Diszkrét, mert az operatív termelési tervet diszkrét gyártási operációk sorozataira bontva, az irányítás a gyártási operációk start-stop eseményeit vezérli. Sokváltozós, mert a rugalmas gyártás körülményei között a napi gyártási események száma igen nagy is lehet. Komplex, mert a lehetséges vezérlések tartományaihoz többféle komplex célfüggvény adható

meg, amelyek extremuma számos korlátozó feltétel mellett keresendő. Végül koordinációs, mert az adott erőforrásokhoz az operációk sokféle soros-párhuzamos kombinációja rendelhető és ezek irányítása sokváltozós szinkronizációs feladat.

A gyártórendszer-irányítás végrehajtási részét operatív gyártás-irányításnak nevezik és számítógép támogatása a korszerű gyártás nélkülözhetetlen feltétele (CAPC, Computer Aided Production Control).

5.2.2. Megmunkálórendszer (cella) vezérlők

A cellavezérlés kiemelt jelentősége abban áll, hogy az automatizálás illetve az integrált gyártás igényli több gép, gépcsoport intelligens irányítását csökkentett emberi felügyelet mellett. Az intelligens megjelölés alatt az értendő, hogy a vezérlés képes rugalmasan definiálható, vagy üzemelés közben is átdefiniálható feladat-lista szerint gépeket, technológiát működtetni és képes a váratlan események, hibák kezelésére.

A cellavezérlő, mint irányítástechnikai eszköz akkortól kezdett elterjedni az iparban, amikortól a CNC-k, ROC-k, PLC-k, műhelyterminálok már rendelkezettek önálló mikroszámítógépes egységekkel, és szabványos, (pl. RS 232C) hálózati csatlósi lehetőséggel. A fejlődés azóta abban nyilvánul meg hogy a hálózati kapcsolat egyre magasabb szintű protokollt használ és a cellavezérlő funkcionális képességei jelentősen bővültek.

A cellavezérlő többnyire egy 32 bites, ipari környezetre szánt, kibővített számítógép konfiguráció. A cellavezérlő legfontosabb funkciói:

- A cella feladatok ütemezése
- Feladatlista szerinti működtetés
- Vészhelyzetek lokalizálása, diagnosztika
- Termelés jelentés készítése, naplózás
- Cellakonfigurálás (set-up).

A gyártócella irányítás „alapjele” (referencia) a gyártórendszer vagy műhelyirányítás által előállított és letöltött termelési finomprogram.

Tipikus állományok:

- A cellaszintű megrendelések állományai
- A cellaműveletek technológiai tervei
(Cella sorrendterv, műveletterv, felfogási terv, szerelési terv, stb.)
- Az operatív szerszámfelhasználási terv
(Cellaszintű szerszámkészlet, gépek operatív szerszámárainak státusa, stb.)
- A cellaműveletek alkatrészprogramjai
(NC alkatrészprogramok, felhasználói (user) szubrutinok, robotprogramok, PLC programok, mérőgép-programok.)
- A kijelölt cellaműveletek anyagellátási terve
(Nyersdarab azonosítók, anyagmozgatási terv a cellában (routing), pufferek státusa, paletta-azonosítók, stb.)

A cellavezérlők a műhelyszintű irányítástól parancsokat kapnak a cellaszintű feladatok (task-ok) végrehajtására.

Tipikus parancsok:

- Kommunikáció kezdeményezése és megszakítása

- A gyártási programhoz tartozó állományok le-, és feltöltésének (load/upload) kezdeményezése
- Cellaszintű gyártási események kijelölése, kezelése

Tipikus üzenetek:

- Termelési tájékoztatók
- Üzenetek a cellakezelőknek
- Cella adatbázis lekérdezése
- Napló szolgáltatások.

A cellavezérlő kapcsolatot tarthat más cellavezérlőkkel. Ez a kapcsolat nem hierarchikus, hanem informatív jellegű. Egyes termelési rendszerekben, (Production system) pl. a „Just-in-time” típusú rendszerekben a gyártási eseményekhez kapcsolódó irányító parancsok heterarchikusak, azaz azonos szintű cellavezérlők között jelennek meg.

5.2.3. Munkahely (gép) vezérlők

A gyártórendszer mechanikai szintjének irányítása a munkahely (gép) vezérlők feladata. Ezen a szinten az ISO TC 184 több éves munkájának eredményeként kialakult a VMD, Virtual Manufacturing Device, azaz a virtuális gyártóberendezés koncepciója. A VMD olyan absztrakt munkahelyvezérlő, amely saját autonóm információ-feldolgozó képességgel rendelkezik, fizikai géphez, technológiai berendezéshez, vagy kézi munkahelyhez kapcsolódik, alkalmas ennek vezérlésére, megfigyelésére vagy mindkettőre. A VMD koncepció olyan információs infrastrukturális környezetben hatékony, ahol helyi hálózat áll rendelkezésre és a gyártási üzenetek egységes rendszere megvalósul. Ez utóbbira nézve az ISO közzétette az MMS, Manufacturing Messages Specification szabványt. A munkahelyvezérlők “alapjele” (referencia státusa) a műveleti utasítás, illetve programozható automatizálás (Programmable Automation) alkalmazása esetén a következő programok egyike:

- NC alkatrészprogram
- robotprogram
- PLC program
- mérőgép program.

A gyártóberendezés vezérlők a cellavezérlőktől parancsot kaphatnak:

- Üzem módváltásra
- Inicializálásra
- Definiált alkatrészprogram (általánosabban: programtartomány, Domain) indítására (Remote start, program invocation)
- Programvégrehajtás megszakítására.

A gyártóberendezések szintjén megjelenő üzenetek fő típusai:

- Üzenetek a gépkezelő tájékoztatására
- Munkahely státusának lekérdezése
- Hibaüzenetek

A berendezés-vezérlő kapcsolatot tarthat más berendezés-vezérlőkkel. Ezek célja leggyakrabban a megosztott (alacsony szintű) szinkronizálás. A korszerű, gyors cellakommunikációs eszközök (bit-buszok) terjedésével ennek jelentősége növekszik. A munkahelyek vezérlésének gyorsan terjedő új eszköze a hálózatba kapcsolt munkahelyi terminál. A munkahelyi terminál lehetővé teszi kézi munkahelyek magas szintű integrációját.

5.2.4. Folyamatvezérlők

A gyártási folyamat közvetlen irányítására önálló információ-feldolgozó képességgel ellátott folyamatirányító alrendszerek jelentek meg.

Tipikus alkalmazások:

- Logikai irányító, megfigyelő modulok diszkrét, kétállapotú (pl. hidraulikus, pneumatikus) beavatkozó szervek irányítására.
- Pozicionálást irányító modulok 1-5 tengelyes helyzet-szabályzók, szerszám gép szánok, robotcsuklók, stb. irányítására.
- Folyamat megfigyelő (monitoring) modulok, technológiai folyamatok szenzorokkal való megfigyelésére, felügyeletére.

A folyamatirányító modulok "alapjele" (referencia) specifikus, végrehajtható program (executív) és/vagy folyamat-specifikus paraméter táblázat (Machine Data).

A folyamatirányító modulok szigorúan beépülnek a hierarchikus struktúrába. Szinkronizációikról a "felettes irányító szerv" gondoskodik. A folyamatirányítók emberi felügyeletet csak karbantartásnál igényelnek.

5.2.5. Tipikus számítástechnikai platformok

A gyártásirányító rendszer egyes hierarchiai szintjeinek tipikus számítástechnikai platformjait az adott szinten előforduló jellegzetes adatméret illetve a jellegzetes döntési ciklusidő határozza meg. A 5.1 táblázatban látható, hogy mind az adatméret, mind a ciklusidő növekszik a magasabb hierarchiai szinteken. Ennek megfelelően az alsóbb szinteken a mikroprocesszorok, míg a felsőbb szinteken a PC-k, illetve a szervergépek alkalmazása dominál. Az alsóbb szintek valós idejű operációs rendszereivel szemben (RTOS) a felsőbb szinteken tipikusan Windows illetve UNIX operációs rendszereket találunk.

A gyártásirányítási szintek informatikai jellemzői

5.1. táblázat

Név	Tipikus Adat méret	Tipikus döntési ciklus	Tipikus számítástechnikai platform	Tipikus irányítási funkciók
Műhely irányítás	1-10 Mbyte	1-2 perc	PC, szerver UNIX, Windows 2000/XP	Gyártás előkészítés, rendelés, ütemezés, elosztás, felügyelet, döntések, hibaelhárítás.
Cella vezérlés	1-10 Kbyte	1-2 sec	Munkaállomás Ipari PC UNIX, Windows 2000/XP	Koordináció, szinkronizáció anyagkezelés, státus jelentés
Munkahely vezérlés	1-100 Byte	0,1-0,2 sec	Mikroszámítógépek Ipari PC, RTOS	Operációk szervezése, vezérlése, végrehajtása, minőségbiztosítás
Folyamat irányítás	1-100 Bit	1-10 msec	Mikrovezérlők, mikroprocesszorok RTOS	Helyzet szabályzás, mérés, gépi funkciók vezérlése, logikai funkciók

5.3. A MES rendszerek

Az utóbbi évek kutatási-fejlesztési eredményeként egy új szoftveralkalmazási kategória jelent meg, amelyet gyártás végrehajtó rendszernek (*Manufacturing Execution System, MES*) neveztek.

A NIST (National Institute of Standards) definíciója szerint a *Manufacturing Execution System hardver és szoftver komponensek összessége, amelyek vezérlik, irányítják és optimalizálják a gyártási tevékenységeket, a megrendelés elindításától a késztermék előállításán keresztül, egészen az elkészült termék kiszállításáig*. A komponensek begyűjtik és karbantartják az aktuális termelési adatokat, amelyek lekérdezése, kiértékelése segítségével a gyártási tevékenységeket optimalizálhatók. Létfontosságú információkat biztosít a gyártási aktivitásokról a döntéstámogató folyamatok számára. [9]

A MES műhelyszintű számítógépes gyártásirányítási funkciók olyan együttese, melynek feladata a termelési tevékenységek tervezése, irányítása és optimalása, a függő rendelések kezelésétől az eredmények jelentéséig.

Felmérések szerint MES rendszerek alkalmazása esetén a gyártási ciklusidők akár 45 százalékkal rövidülnek, illetve a raktárkészletek jelentősen lecsökkennek. A MES rendszerek kiváltják a papírmunka jelentős részét, miközben a hibák száma csökken, a termelés minősége javul. Számítógéppel Integrált Gyártási (CIM) környezetben a várható előnyök mindenképpen indokolják a MES rendszerek használatát.

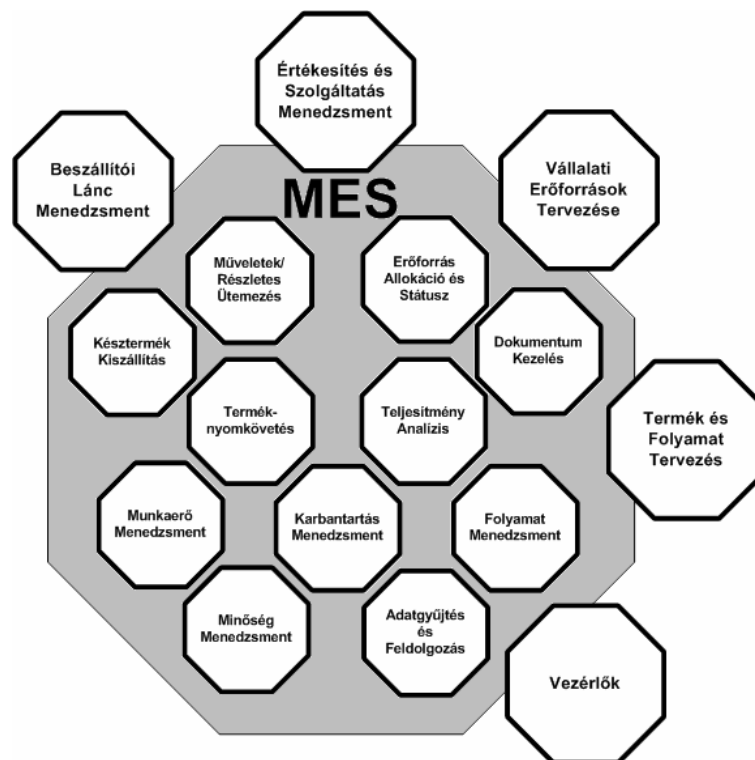
A vállalatirányítás rendszerében a gazdasági illetve az üzleti folyamatokat már nagyon hosszú ideje számítógépes alkalmazások segítik. A MES rendszerek ebbe a környezetbe illeszkedve a termelővállalat fő tevékenységi körét, a gyártást támogatják. A MES rendszerek a gyártási aktivitásokra koncentrálnak, percrekész információt nyújtanak a gyártásról, így a döntéshozók a felmerülő gyártási eseményekre megfelelően tudnak reagálni.

A MES-nek integráló funkciója is van: biztosítja a kapcsolatot a folyamattervezés és a folyamatvezérlés, a terméktervezés és gyártás, az eladás és kiszállítás, a beszállítók és vevők között. A MES fogja össze a globális és lokális termelési célokat: nemcsak azt mondja meg, hogy mi történik éppen, hanem azt is hogy minek *kellene* történnie. A MES rendszerek nem csupán teljessé teszik a vállalat informatikai rendszerét, hanem nagymértékben hozzájárulnak a vállalati versenyképesség növeléséhez.

Egy teljes MES rendszer több, egymással kapcsolódó komponensből áll. Bizonyos MES alkalmazások csak részben implementálják ezeket a modulokat. A MES fő komponensei a következők:

- Függő, üzemi rendelések menedzselése: felügyeli a megrendeléseket. Az alapanyagokat a gyár megfelelő részlegéhez irányítja, hogy ott a termelőfolyamatok, műveletek megkezdődjenek.
- Technológiai folyamat-menedzsment: a munkafolyamatoknak a termelési terveknek megfelelő irányítása.
- Termelési finomprogramozás, ütemezés, újra-ütemezés: a termelési aktivitások egy rendezett sorrendjének előállítása, amely lehetőség szerint optimális termelési cél elérését garantálja.
- A feladatok erőforrásokhoz rendelése, felszabadítása, kiadása: irányítani, hogy ki, mikor, milyen géppel, milyen szerszámokkal mit csináljon, illetve nyomon követni, hogy éppen mi folyik.

- A termelési folyamatok nyomkövetése, adatgyűjtés: a termékek, sorozatok monitorozása, történeti adatbázis karbantartása, gépek, termelési folyamatok adatainak tárolása.
- Üzemi minőségbiztosítás: méri, nyomon követi és analizálja a termékadatokat, folyamat-jellemzőket, és ezeket összeveti az elvárt adatokkal.
- Üzemi teljesítmény analízis, értékelés, beavatkozás, menedzser indexek számítása, aktualizálása, jelentése: összehasonlítja a termelési célokat és a megvalósított eredményeket.
- Műhelyszintű fenntartó és karbantartó feladatok, menedzselése: megtervezi és végrehajtja a termelőeszközök állagmegóvásához szükséges tevékenységeket.



5.4. ábra A MES főbb komponensei

5.4. A MES funkcionális modellje

5.4.1. Erőforrás allokáció és menedzselés, nyomon követés

Ez a funkció irányítja, menedzseli az alapanyag felhasználását, azok hozzárendelését a gépekhez, munkákhoz, anyagokat vagy más felszereléseket dokumentál, így segítve elő a munka megkezdését, és annak lefolyását. Lényegét tekintve logisztikai feladatokat lát el (nyomon követés), melyek többnyire a nyersanyagra, a nyersanyagokat megmunkáló eszközökre terjednek ki. A nyomon követés eredménye, hogy minden eszközről, illetve késztermékről bármelyik időpontban rendelkezésre állnak olyan adatok, melyek a műveletek, munkák elkezdéséhez és szintentartásához szükségesek.

5.4.2. Műveletek ütemezése/finomprogramozása

Ütemezi a beszerzést és a megmunkálási műveleteket. A folyamatokat úgy ütemezi, hogy az adott gyártási művelet gördülékenyen kezdődjön el, ha elkezdődött, akadálymentesen folytatódjon tovább, majd hiba nélkül fejeződjön is be, figyelembe véve az átfutási idők minimalizálását. Bemenetei az adott megmunkálendő nyersanyagok és az azokat megmunkáló eszközök. Az ütemezés eredményeképpen előáll egy job-lista, melyben a nyersanyagokon elvégzendő műveletek, aktivitások sorozata található. Az aktivitásokat gyártás során ebben a sorrendben hajtják végre.

5.4.3. Gyártási egységek feladatirányítása

A gyártás során előállított termékek telephelyen belüli, továbbá telephelyen kívül eső helyre történő szállítását, és a termékek nyomon követését végzi. Két, a gyártás szempontjából igen fontos „célszemélynek” biztosít adatokat. Az egyik a vevő, akinek arról ad információt, hogy az adott termék mikor kerül legyártásra, mikor készül el. A másik a gyártócella, aminek arról biztosít adatokat, hogy a termék mikor kerül az éppen aktuális cellába megmunkálásra, honnan érkezik – másik gyártócellából, másik megmunkálási helyről, raktárból, vagy esetlegesen külső helytől, szállítótól –, továbbá arról, hogy az adott termék a megmunkálás után, előreláthatólag mikor hagyja el a megmunkálási területet, és onnan hová kerül.

5.4.4. Specifikáció menedzsment

A gyártási egységekkel összerendelt információkat irányítja, menedzseli, felügyeli. Ezek jelentések, űrlapok, rajzok, programrészek, kötegelt rekordok, munkafolyamat leírások, szabványos műveleti eljárások formájában jelennek meg. Támogatja az előtervezési információk szerkesztését és karbantartja a specifikációk verziószámát. Tartalmazhat még a környezet megővéására vonatkozó instrukciókat, biztonsági és egészségügyi szabályokat, és olyan információkat, melyek a korrekciós eljárásokra vonatkoznak.

5.4.5. Adatgyűjtés, adatszerzés

Feladata, hogy beszerezzen, gyűjtsön és karbantartson minden olyan információt, ami a legyártandó termék és környezete nyomon követésével, karbantartásával, gyártási múltjával továbbá más gyártási menedzsment funkciókkal kapcsolatosak. Adatszerzés céljából scannerek és bemeneti terminálok kombinációját, illetve szoftver interfészeket, szoftvereket használhat. Az adatok a gyártási szinten származhatnak automatikus és manuális forrásból.

5.4.6. Munkahely-, munkaerő menedzsment

Egy adott pillanatban, időkeretben megadja a személyzeti állomány éppen aktuális státuszát. Magában foglal idő és látogatottsági jelentést, tanúsítvány nyomon követést, továbbá képes közvetett, indirekt események naplózására, mint például a nyersanyag előkészítés. Ez a funkció, együttműködhet az erőforrás allokációval annak érdekében, hogy meghatározható legyen az optimális hozzárendelés.

5.4.7. Minőségmenedzsment

A gyári munkafolyamatokból származó termék elemzéseket, és folyamat állapotokat, felméréseket biztosít, melyeket a gyári munkafolyamatokból származnak, annak érdekében, hogy biztosítsák a termék minőségellenőrzését. Ez a funkció tartalmazhat folyamatokon belüli termék kiértékelést, általános termék és folyamat nyomon követést és hibaaazonosítást. Hibák esetén javaslatot adhat tevékenység a hibák felderítésére, illetve azok kiküszöbölésére, vagy a hiba okozta káros hatások csökkentésére. A minőségmenedzsment szerepe, hogy áthelyezi a hangsúlyt a termékek meghibásodásának kijavításáról, a hibák megelőzésére, továbbá a fokozatos minőségjavításra.

5.4.8. Folyamat menedzsment

Gyártási folyamat megfigyelést, és/vagy automatikus korrekciót vagy döntéshozatalt biztosít az operátoroknak, annak érdekében, hogy korrigálják a meglévő hibákat és javítsák a folyamatokon belüli tevékenységek színvonalát. Interfészt biztosít az intelligens eszközök és a MES lehetséges adatbeszerzése között. Szolgáltathat riasztás menedzsmentet is, ami biztosítja a gyártásban résztvevő alkalmazottaknak, hogy tájékoztatást kapjanak a folyamatoknak elfogadható értéken kívül eső változásairól, vészhelyzeteiről.

5.4.9. Karbantartás menedzsment

Nyomon követi és vezérli a berendezések és eszköz karbantartási tevékenységeit, annak érdekében, hogy biztosítsa azok rendelkezésre állását a gyártási műveletek elvégzésére, továbbá az ismétlődő, vagy megelőző karbantartás ütemezését biztosítja, és választ, riasztást ad a sürgős hibákra. Karbantartja az események, és hibák előfordulásának történeti listáját, annak érdekében, hogy segítse a hiba vagy az adott esemény meghatározását, diagnosztizálását.

5.4.10. Termék nyomonkövetés és leszámaztatás

Biztosítja, hogy minden időpillanatban látható legyen, hogy hol folyik munka, továbbá megfigyelhetővé teszi a munka helyén lévő folyamatok, eszközök, emberi munkaerő rendelkezésre állását. Az állapot információk magukban foglalhatják, hogy kik dolgoznak az adott helyen, a szállítóktól származó nyersanyag összetevőket, sorozatszámokat, aktuális gyártási állapotokat, továbbá bármilyen riasztást, átdolgozást vagy más kivételt, amelyek a termékkel kapcsolatosak. Az on-line nyomon követési funkció egy egységnaplót állít elő a megfigyelt történésekről. Ez a napló teszi lehetővé a komponensek és az összes végtermék elkészülési folyamatának, eseményeinek felderítését.

5.4.11. Teljesítmény-analízis

A gyártási tevékenységek eredményeinek aktuális jelentéseit biztosítja minden adott időpillanatban, továbbá lehetővé teszi a korábbi eredményekkel, illetve a vonatkozó követelményekkel, elvárásokkal való összehasonlítást. Ezek a teljesítményadatok olyan összetevőket foglalnak magukba, mint az erőforrás vagy tartalékok kihasználtságára vonatkozó mérések, készletek, eszközök rendelkezésre állásának adatai, elkészült termék ciklusideje, továbbá, hogy

milyen mértékben alkalmazkodott az ütemezéshez és mennyire felelt meg a szabványoknak. Olyan információkat szolgáltat, melyek a különböző funkcióktól kerülnek begyűjtésre, és ezek a funkciók mérik a műveleti paraméterek értékeit. A funkció által kapott eredményeknek több megjelenési formája lehet, így például szöveges riport formátum, on-line teljesítménykiértékelés formátum, grafikonok, stb.

5.4.12. Anyag-, és eszköz menedzsment

Ez eredetileg nem része a MESA funkciók listájának. Menedzseli az árukészletek, alkatrészek és eszközök mozgását, átmeneti és „végleges” tárolását. A mozgások előfordulhatnak a folyamati műveletek direkt támogatásánál, vagy más funkciók esetében, mint például a gyártóberendezések karbantartása és az új egységek telepítése.

5.5. MES központi funkciói

A MES rendszerek nem szükségszerűen implementálják az összes funkcionalitást. Az egyik legelfogadottabb irányzat a MES rendszerek funkcióit központi és segéd funkciókra bontja [61]. Ebben a fejezetben áttekintjük ezeket a funkciókat:

A MES rendszerek központi funkciói az alábbiak:

1. Interfész a technológiai tervező rendszerekhez
2. Gyártási megrendelések kezelése
3. Munkaállomások kezelése
4. Készletnyilvántartás
5. Adatgyűjtés
6. Kivételkezelés

5.5.1. Interfész a technológiai tervező rendszerekhez (Planning system interface)

A MES rendszer közvetlenül kapcsolódik a termelésstervező rendszerhez (Productions Planning System). Az interfész feladata a kétirányú kommunikáció biztosítása. Az alkalmazható tervező rendszerek száma igen nagy, így ez az interfész legtöbbször a felhasználóra szabott, egyedi szoftver, amely az adott tervező rendszer és az adott MES rendszer adatcseréjét oldja meg.

Szintén egyedi annak a meghatározása, hogy milyen adatokat, milyen időközönként, milyen formátumban kell továbbítani, és hogyan valósul meg az együttműködés a két rendszer között. Az adatcsere a shop-floor működése során felmerült összes adatot tartalmazhatja, különösen

- a megrendelés adatait,
- a készletnyilvántartást,
- munkaerő rendelkezésre állását,
- a munkafolyamat előrehaladását, státuszát.

Az interfész tervezésénél célszerű azt az elvet követni, hogy a MES legyen az adatok tárolásának, feldolgozásának *központi* rendszere, amely természetesen hozzáférést biztosít a hálózaton fellelhető többi felhasználónak, rendszernek. Ez a módszer kliens/szerver viszonyt feltételez. Ha az adatok a MES

adattárházában vannak eltárolva, akkor a szükségszerű asszimiláció folytán a felhasználók jelenlegi és jövőbeli információigénye kielégíthető.

Nagy a kísértés, hogy az adatok keletkezési és feldolgozási helye között egyedi kommunikációs csatornát definiáljunk, azonban ez megengedhetetlenül rögzíti az információ áramlásának menetét – képzeljük el, hogy ugyanarra az adatra egy másik rendszernek picit eltérő formában lehet szüksége. Az adattárolás centralizációja tehát a jövőbeli információigény kielégítésének fő eszköze. A MES rendszerek bevezetése, továbbfejlesztése éveken át tartó folyamat is lehet, ami az információfeldolgozás módját, gyakoriságát is érinti. Hosszútávon a MES *konzisztens* információ-szolgáltató központi szerepe, adattárház viselkedése megtérül.

A MES rendszerek valójában nem függenek attól, hogy van-e kapcsolatuk a tervező rendszerrel. Egy olyan gyártó (shop-floor) környezetben, ahol a tervezői szint teljesen hiányzik a MES rendszerek ugyanolyan jól használhatók – amennyiben a kézi adatbevitel megoldott. Elmondható, hogy a MES rendszerek önmagukban is elősegítik a gyártó vállalatok céljainak megvalósítását. Mindazonáltal a *tervező-végrahajtó-beavatkozó rétegek összekapcsolása* mindhárom réteg teljesítőképességét megnöveli.

5.5.2. Gyártási megrendelések kezelése (Work Order Management)

A MES rendszerek automatikus, vagy kézzel bevitt adatokat kapnak a gyártandó termékek azonosítóiról és a megrendelt mennyiségről. Ezeket tekintjük gyártási megrendeléseknek (Work Order), amelyek megmutatják:

- gyártási megrendelés azonosítóját,
- a gyártandó alkatrész azonosítóját,
- a gyártandó mennyiségeket,
- a befejezés elvárt dátumát,
- a prioritást.

A gyártási megrendelés menedzsmentje kezeli a megrendelések változásait, létrehozza és karbantartja az ütemterveket és a prioritási sorrendet. A gyártási megrendelés hozzárendelheti a készleteket, vagy éppen törölheti a korábbi hozzárendelést.

Ez a funkció első hallásra redundánsnak tűnhet, hiszen a tervezői szint is készít ütemtervet, illetve felügyeli a készletgazdálkodást. A MES rendszer szerepe az, hogy fogadja a vonatkozó információt és ennek megfelelően működjön mindaddig, amíg egy előre nem látható esemény – zavar – be nem következik. Például meghibásodik egy olyan gép, amely létfontosságú egy magas prioritású megrendelés teljesítéséhez. Ilyen esetekben a tervezőrendszerrel nem várhatunk segítséget abban, hogy milyen beavatkozást kell tenni. A MES online adatokon alapul, így megvan a képessége a megfelelő beavatkozás eldöntésére, például a prioritás lista automatikus újrendezésére, a lehetséges alternatíváknak megmutatása a termelés menedzsment felé, vagy legegyszerűbb esetben figyelmeztető jelzést küld a menedzsmentnek, amely a rendelkezésére bocsátott információ alapján döntést hoz.

A MES rendszerek része a megrendelések alapján a gyártás megindítása. Ez valójában a megrendelések fontossági sorrendbe állítása sorrendi szabályok

vagy sorrendtervező algoritmusok használatával – amelyek szimulációs illetve korlátozás-programozási technikákat is alkalmazhatnak.

Az utóbbi évek fejlesztései során az ütemezésben illetve az erőforrások rendelkezésre állásának nyomon követésében jelentős fejlődés tapasztalható. Ki kell emelni, hogy az ütemezőnek a MES *integrált részének* kell lennie, és nem egy különálló rendszernek.

A futó megrendeléseken időnként módosítani is szükséges. A MES rendszereknek az alábbi változtatásokat kell kezelniük:

- ütemterv megváltoztatása,
- mennyiségi változtatások,
- útvonal változtatások,
- a megrendelések kisebb sorozatokra való bontása,
- a megrendelések összevonása nagyobb darabszámú sorozatokká,
- anyaghiány kezelése,
- a megrendelés felfüggesztése, vagy ahhoz egyéb státusz hozzárendelése,
- a megrendelésekhez megjegyzések, üzenetek fűzése,
- szimulációs analízis támogatása; mi lenne, ha kérdések,
- ütemterv, prioritás lista elkészítése, újrafuttatása.

A gyártási megrendelés menedzsment modul folyamatos, valós idejű rálátással rendelkezik az elvégzésre váró munkák listájára és az egyes megrendelések pillanatnyi státuszára. A folyamatos technológiák a diszkrét gyártási technológiáktól eltérő információigénnyel jelentkezhetnek, így a gyártási megrendelés menedzsment modul is eltérő lehet.

5.5.3. Munkaállomások kezelése (Workstation Management)

Ez a modul valósítja meg a gyártási megrendelés tervet, illetve konfigurálja a munkaállomásokat. Közvetlen vezérlési interfészt, illetve kapcsolatot teremt az egyes munkaállomásokkal.

A munkaállomások – azaz a műveletek (operations) végrehajtásának helyének – ütemezési, leterhelési feladatai ebben a modulban realizálódnak. Standard normaidők alapján, a gyártási útvonalak figyelembevételével a shop-floor teljes terhelését – műveletenként és/vagy munkaállomásonként – ez a modul számítja. A generált tervek alapján történik a raktári kivételezés, a szerszámvételezés. Az anyagmozgatási parancsokat, azaz a megfelelő daraboknak a megfelelő munkaállomásokhoz való szállítását is ez a modul inicializálja.

A MES rendszer a felhasználó által definiált műveletekhez konfigurálható, azaz támogatják a gyártási folyamatok absztrakt, logikai modellezését. A modell tartalmazza az összes gyártórészleget, munkaállomást illetve műveletet. Ezek definiálása után a munkaállomások műveletekkel való összerendelése elvégezhető.

Munkaállomás – művelet összerendelés

5.2. táblázat

Részleg	Munkaállomás	Művelet	Leírás
ABC	0001	112	Üregelés
		114	Fúrás
	0044	119	Hegesztés
DEF	1230	220	Köszörülés
MNO	4422	460	Festés
XYZ	2210	999	Csomagolás

A modellalkotást követően a MES rendszer összeveti gyártandó alkatrész útvonalát a shop-floor terheltségével. Ha az elvégzendő művelet több mint egy munkaállomáson is végrehajtható, úgy a modellbe épített szabályok alapján történik a terheléelosztás.

A rendszer a következő feladatokat képes megoldani:

Műveletek (kódjainak) cellákhoz, munkaállomásokhoz való hozzárendelése. Minden legyártandó alkatrészhez tartozik egy *gyártási útvonal* (routing), amely a műveleteket, illetve azok sorrendjét tartalmazza. A MES beépített logikája az útvonal lépéseit követi, és ezeket a lépéseket a munkaállomások művelet végrehajtó képességeivel összeveti. Ennek eredményeként összerendeli a műveleteket a munkaállomásokhoz.

Gyártási megrendelések optimalizálása. Minden munkaállomáshoz tartozik egy ütemterv, amit ütemezési szabályok, szimuláció vagy más tervezési technikák segítségével előállítottak. Amikor a munkaállomások műveletekkel való terhelése megtörtént, keletkezik egy várólista. A listán szereplő munkák sorrendje eldönthető. Az egyes munkaállomásokhoz különböző sorrendi szabályok rendelhetők és/vagy szimulációs analízis végezhető, hogy az adott várólista (*queue*) optimális végrehajtási sorrendje meghatározható legyen.

Az üzem terhelésének számítása minden műveletre és munkaállomásra standard időnormák alapján. Az alkatrész azonosítója, a megrendelt mennyiség, a routing, a megrendelések normaidőinek ismeretében a műveletek várólistája meghatározható. A számítógép képernyőjén ez az információ kilistázható megrendelésenként, határidőkre rendezve, végrehajtási időre rendezve vagy más, definiált sorrendben. Például szükséges lehet azoknak a megrendeléseknek a listázása, amelyek várólistáján a következő lépés egy adott munkaállomás. Egy másik lekérdezés megmutathat egy adott műveletet tartalmazó várólistákat. Miután a rendszer logikai modelljét felépítették, és a megrendelt munkákat bevitték a rendszerbe, az üzem terhelése számítható. A munka a számított terhelési adatok alapján elkezdhető. Ezek után a (kézi vagy automatikus) anyagtovábbító rendszer értesíthető, hogy milyen anyag melyik munkaállomásnál szükséges.

A shop-floor berendezéseit működtető programok letöltése. Ilyen berendezések a például a robotok, számjegyvezérlésű gépek, minőségbiztosító tesz állomások, mérőgépek, stb. A munkaállomásokon elvégzendő munkák sorrendjének megfelelően a MES rendszerek a programokat letölthetik a megfelelő berendezés vezérlőjének memóriájába.

A munkaállomások és műveletek rendelkezésre állási adatainak karbantartása. Ha egy művelet nem végrehajthatóvá válik, akkor a MES automatikusan újraütemezheti egy rendelkezésre álló erőforrásra, vagy riaszthatja a menedzsmentet, aki a megfelelő beavatkozást elrendelheti. A gépek kiesése alatt meghibásodást, tervszerű megelőző karbantartást, szerszám-, illetve munkaerőhiányt értünk.

5.5.4. Készletnyilvántartás

A készletnyilvántartó funkció létrehozza, tárolja és karbantartja a készletek tételes vagy tárolási egységenkénti adatait, azok pillanatnyi helyét. A MES szempontjából készletnek tekintünk mindent, ami a gyártáshoz szükséges: szerszámokat, befogókat, nyersanyagokat, félkész darabokat, rajzokat, különleges munkaerő képességeket, és mindent, ami a darabjegyzékben szerepelhet. Ezeket az adatokat általában a terező rendszer tartalmazza (aggregát formában), így ezeket nagyon nehéz részletes formában az on-line MES rendszerbe átvinni. Ezért legtöbbször a MES rendszer értesíti a változásokról a tervező rendszert a változás bekövetkezésekor vagy rögzített ütemterv alapján. Bár a tervezőrendszerek kiterjedt készletnyilvántartó funkciókkal rendelkeznek, a lokális készleteket vagy a MES rendszer kezeli, vagy azoknak is on-line elérhetőnek kell lenniük.

A készletnyilvántartó modul a következő funkciókkal rendelkezik:

Felügyeli és irányítja a nyersanyag és work-in-progress készleteket. Ütemezéskor a megfelelő készlet eleme(ke)t hozzárendeli az egyes munkaállomásokhoz. A MES rendszer tárolja azokat az adatokat – esetleg megfelelő hozzáféréssel rendelkezik hozzájuk – amely az adott alkatrész kiválasztásához szükséges. Ilyenek például:

- az alkatrész helye (házon belül, illetve beszállítónál),
- bevételezés dátuma,
- egységakomány nagysága,
- minőségi adatok, stb.

Segédanyagok, illetve információ fellelhetősége. Ebben a kontextusban absztrakt módon készletnek tekintünk mindent, ami egy adott gyártási megrendelés teljesítéséhez szükséges, például műhelyrajzok, technikai adatok, szerszámok, készülékek, munkaerő igény, stb.

Anyagmozgatás menedzsment (Material movement management)

Az eddig megismert MES funkciók előállították a munkák sorrendjét, meghatározták, mely munkaállomások hajtják végre a feladatokat milyen készletek felhasználásával. A rendszer készen áll, hogy a megadott raktári készletet a munkaállomásokhoz vigye. A rendszer azon a logikán alapszik, hogy minden entitásnak van egy azonosítható helye, *ahonnan* a kívánt helyre kell szállítani. Ez olyan egyszerű, amilyennek hangzik, amennyiben *pontos információink* vannak. Az anyagmozgatás nem hozzáadott-érték teremtő funkció. A gyár fizikai modelljének segítségével a MES rendszer meghatározza, hogy mit, mikor, honnan hova szállítson, és kiadja a megfelelő parancsokat. Ezek a parancsok kézi anyagmozgatási utasításoktól automatikus szállítóberendezések vezérléséig terjedhetnek. Ide tartoznak:

- a fuvarlevelek,
- külső szállítók esetén szállítólevelek,
- automatikus raktározó rendszer esetén a munkadarabot tartalmazó paletta megnevezése, vagy egyszerűen az anyag megnevezése,
- a konvejer PLC (Programmable Logic Controller) rendszerének küldött parancs,
- utasítás a vezető nélküli targonca felé, hogy vegyen fel egy munkadarabot egy munkaállomáson, és azt vigye egy másik munkaállomáshoz,
- egy szelep kinyitása, egy szivattyú bekapcsolása, hogy folyékony halmazállapotú anyagokat egyik helyről a másikra juttassunk.

5.5.5. Adatgyűjtés (Data Collection)

Az adatgyűjtő funkció a MES „szeme és füle”, ennek segítségével marad a MES aktuális. A modul az egyszerű vonalkód olvasótól kezdve a nagy mennyiségű adatot tároló és összehasonlító, kifinomult adattárházig terjed. Ez a szegmens **minden** adatot összegyűjt, ami a gyártás során keletkezik. (Természetesen az összes adat összegyűjtése nem mindig lehetséges, de a cél ez kell hogy legyen.) Az adatgyűjtés nemcsak a házon belüli adatokat tartalmazhatja, hanem külső szállítók által közvetlenül bevitt adatokat is.

Az adatgyűjtés különböző érzékelőkön, vezérlő interfészeken, keresztül gyűjthető. A személyzet MES rendszerrel való elsődleges kommunikációja az adatgyűjtésen keresztül valósul meg. Az üzemi adatok, mint például a munkaerő adatai, mintavételen alapuló folyamatellenőrzés (SPC), idő és jelenléti információk, sorozatok nyomon követhetősége, különböző reportok keletkeznek ebben a modulban. Egy másik nézet szerint az adatgyűjtés olyan funkció, amely hatalmas méretű adattárházat eredményez, amely az adatokat későbbi feldolgozás céljából tárolja. A tipikus adatbeviteli eszközök a következők:

- vonalkód olvasók,
- rádiófrekvenciás adattovábbító eszközök,
- programozható logikai vezérlők,
- jelenléti íveket kezelő rendszerek,
- minőségbiztosító rendszerek,
- gép és folyamat monitoring,
- más számítógépes rendszerek,
- kézi adatbeviteli eszközök.

5.5.6. Kivételkezelés

A leginkább egyedi eleme a MES rendszernek a kivételkezelő modul, ami előre nem látható, a termelést befolyásoló eseményekre reagál. Mi történik, amikor egy gép meghibásodik? Mit teszünk, ha a megrendelt anyag nem érkezik meg időben? Hogyan reagálunk, ha a felhasználó megváltoztatja a megrendelését? Az ilyen, nem tervezett eseményekre a MES rendszerektől többnyire automatikus választ várunk el. A MES rendszernek képesnek kell lennie a változások áthidalására is alternatív parancsok végrehajtására.

A rendszer újraütemezheti a termelést, vagy alternatív útvonalakat választhat egy gyártó erőforrás kiesésekor, A rendszer monitorozhatja a

minőségbiztosítási adatokat, és a gépeket, folyamatokat beállíthatja, hogy azok a specifikációknak megfeleljenek.

A legszűkebb értelmezés szerint a MES rendszernek értesítenie kell a bekövetkezett eseményről a menedzsmenet, és biztosítani kell, hogy a menedzsment a választ begépelhesse.

A vállalatok egy része szakértőrendszert használ a kivételes események kezelésére. Ez azt sugallja, hogy valami bonyolult formulát és analízist használnak. A komplexitás azonban sosem nagyobb, mint amelyet a vállalat pillanatnyilag használ: ugyanis a válasz akciókat a MES által végrehajtható (logikai) lépésekre bonthatjuk.

5.6. A MES kiegészítő funkciói

Az előzőekben tárgyalt fő MES funkciók a gyártásirányítás elődleges feladatát a termelési megrendelések és gyártási erőforrások menedzselését támogatják. A kiegészítő funkciók nem kevésbé fontos funkciókat jelentenek, ezek is részei egy MES rendszernek, azonban a gyártófolyamatokat absztraktabb módon befolyásolják. A következő felsorolás természetesen nem lehet teljes, minden bizonnyal újabb és újabb funkciók jelennek meg a jövő MES rendszereiben:

1. Karbantartás menedzsment
2. Munkaidő és jelenléti ívek kezelése
3. Statistical Process Control (SPC)
4. Minőségbiztosítás
5. Teljesítmény analízis
6. Termék nyomkövetés
7. Beszállítók kezelése

5.6.1. Karbantartás menedzsment

A karbantartás menedzsment ez erőforrások rendelkezésre állásának biztosításában tölt be kiemelkedő szerepet. A tervezett gépleállítások a termelés folyamatos működésének fenntartását biztosítják. Noha triviálisnak tűnik, az ütemezők gyakran figyelmen kívül hagyják a gépek, berendezések rendszeres karbantartási igényét. A karbantartás menedzsment rendszerek olyan komplex, kifinomult rendszerek, amelyek a historikus és aktuális, valamint jövőbeli tervezett események figyelembevételével működnek. A következő nyolc modul különböztethetjük meg:

- Berendezések modul – karbantartja az összes berendezés historikus adatait, műszaki adatokat, csere alkatrész adatokat, illetve az egyes karbantartási események adatait.
- Nyilvántartás modul – minden tervszerű megelőző és nem tervezett karbantartási adatot naplóz.
- Tervszerű megelőző karbantartás modul – minden egyes berendezés minden egyes ütemezett karbantartási feladatát előírja, a teljesítést nyomon követi.
- Statisztikai előrejelző modul – SPC módszerek felhasználásával a modul gyűjti a rendszer dinamikus adatait (például rezgések, hőmérsékletek,

elektromos teljesítményfelvétel). Az adatok alapján a meghibásodás valószínűségét számítja.

- Készletnyilvántartás – a berendezések cserealkatrészeinek készletnyilvántartó modulja. Tárolja a készletszintet, az alkatrészek fizikai helyét, stb.
- Beszerzési modul – a beszállítókkal kapcsolatban álló modul, amely a rendeléseket összegyűjti, jóváhagyja, kibocsátja, és a teljesítést felügyeli.
- Munkaerő modul – a karbantartás emberi erőforrás igényinek nyilvántartására szolgáló modul.
- Analízis modul – riportok, karbantartási adatok előállítására és megjelenítésére szolgál.

5.6.2. Munkaidő nyilvántartás és jelenléti ívek kezelése

A jelenléti ívek kezelésére vonatkozó igény gyakorlatilag minden gyártóvállalat típusnál megjelenik. A keletkezett adatokat a MES felhasználhatja, illetve továbbküldheti a bérügyi rendszerhez. A leggyakoribb funkciók a következők:

- Munkaórák és jelenléti ívek
- Munkavállaló adatai: név, azonosító, szervezeti egység, beosztás, szabadságotlasi adatok, táppénz adatok, stb.
- A munkavállalót egy csoporthoz rendeli, minden csoportnak külön szervezeti és működési szabályzata, felelősségi köre, munkarendje lehet.
- Munkarend meghatározása (fix, rugalmas, több műszakos, stb.)
- Munkakezdés és befejezés időpontjának naplózása
- Rendszerbe való be és kijelentkezés biztosítása.
- Felügyeleti, adminisztrációs funkciók
- Egy vagy több részleg munkavállaló adataihoz való teljes hozzáférést
- Lekérdezések, adatok módosítása, jóváhagyása
- Bérügy
- Fizetési jegyzékek kezelése
- Bérügyi, személyzeti és tervező rendszerek felé adatszolgáltatás.

5.6.3. Statistical Process Control

A Statistical Process Control egy minőségbiztosítási funkció, amely a folyamatok folytonos monitoringján alapul. A célja a folyamatok szabályozása illetve a hibás termékek felszámolása. Számos, főleg statisztikai eszközből áll, amelyek a folyamatok megértését segítik. A legjellemzőbb eszközök közé tartoznak:

- a diagrammok,
- a folyamatábrák,
- az ok-okozat diagrammok,
- a gyakorisági hisztogramok
- a szabályzóköri ábrák,
- a tanulmányok,
- az eloszlás diagrammok.

5.6.4. Minőségbiztosítási funkciók

A minőségbiztosítási alkalmazások kapcsolódhatnak a Statistical Process Control rendszerhez, és/vagy az ISO 9000 rendszerhez. A minőségbiztosítás leggyakoribb MES rendszerekben megjelenő funkciói:

- bevételezési vizsgálat,
- megfelelőség vizsgálat,
- beszállítói minősítés,
- korrekciók tevékenységek,
- mérés nyomkövetés,
- kalibráció,
- Statistical Process Control,
- folyamat közbeni vizsgálat/teszt,
- sorozatos teszt/vizsgálat.

5.6.5. Folyamat adatainak/teljesítményének vizsgálata

A folyamatok adatainak gyűjtése és kezelése a legtöbb esetben szabványos csomagok alkalmazását jelenti, pl. SCADA rendszereket. A rendszer, amely a folyamatok adatainak/teljesítményének vizsgálatát végzi, kereskedelmi forgalomban megvásárolható vagy házon belül kifejleszhető az adatgyűjtő rendszer felhasználásával. Az így kapott információkat a MES rendszeren keresztül integrálni lehet, és a többi rendszer felé az adatok elérhetővé tehetők.

5.6.6. Dokumentáció/termékadatok kezelése

A gyártandó termékek adatai a korai termeléstervező rendszerek alkalmazása óta a számítógépes rendszerek rendelkezésére állnak. Az 1950-es évektől fogva a routing, normaidő adatok segítségével hajtják végre az MRP számításokat. Az adatbázisok olyan adatokat tartalmaznak, mint például a darabjegyzék (Bill of Material, BOM), szerszámozási adatok, minőségbiztosítási tesztek adatai, gép setup idők, konfigurációs adatok, CAD rajzok, CAM programok. Ez az alrendszer felelős a műhelyszinten keletkező adatok begyűjtéséért is.

A gyártás menedzseléséhez szükséges adatok mennyisége szinte napról napra növekszik. A kézi adatbevitel, az információ írásos rögzítéséhez túlságosan nehézkes.

A modern termék adat/dokumentáció kezelő rendszerek képesek azonnali és pontos információk megjelenítésére, amikor csak szükséges. Néhány jellegzetes feladat:

- Műhelyrajzok, elektronikus formátumú adatok lehívása a munkaállomásokhoz automatikusan vagy kérésre.
- A jelentések kitöltéséhez termelési üzenetek küldése.
- Hang és vagy videó üzenetek készítése, és a megrendeléshez vagy a termelőeszközökhöz való hozzárendelése.
- Az előírások, folyamatleírások letöltése a termelőeszközökhöz.
- Megrendelések módosítása.
- Vállalati szintű dokumentáció frissítés.
- ISO 9000 vagy egyéb szabályzatoknak való megfelelőség kiértékelése.

Az információ megjelenítése történhet a felhasználói képernyőkön (GUI), vagy gépi interfészen keresztül (pl.: CNC program letöltése a vezérlőre). Az operátorokkal való kommunikáció úgy valósítható meg hatékonyan, ha a használt rendszer szabványos, könnyű telepíteni, működtetni.

A termékadat menedzsment (Product Data Management, PDM) a mérnöki adatok kezelése, dokumentáció menedzsment, termékinformáció menedzsment általános kiterjesztésének tekinthető. A PDM rendszerek olyan struktúrát kínálnak, amelyben információt tárolhatunk:

- termékkonfigurációról,
- alkatrészekről, egyéb konstrukciós tervekről,
- specifikációkról,
- CAD rajzokról,
- geometriai modellekről,
- képekről (szkennelt rajzok, fotók, stb.),
- mérnöki analízisekről, modellekről,
- termelési folyamattervekről, útvonalakról,
- NC programokról,
- a termékek szoftveres komponenseiről,
- elektronikusan tárolt dokumentumokról, feljegyzésekről,
- papír alapú és mikrofilmes dokumentumokról,
- projekt tervekről.

A PDM rendszerek a következő elemekből állhatnak:

Adattárház és dokumentum menedzsment, amely a termékadatokat biztonságos tárolásáért és elérhetőségéért felelős. Az adattárház vagy közvetlenül eltárolja az adatokat, vagy csupán megmutatja, hol helyezkedik el az adat valójában.

Munkamenet és folyamat menedzsment, amely előkészíti és irányítja a termék konfigurációs, alkatrész konstrukciós, illetve egyéb termékadatokkal kapcsolatos folyamatokat. Leírja a termék ellenőrzési, termékadat módosítási munkameneteket. A munkamenetet olyan események meghatározott sorozata, amelyeknek be kell következniük a termékadat módosításának jóváhagyása során.

A **termék struktúra menedzsment** a termék konfigurációs adatait illetve a darabjegyzéket (Bill of Material, BOM) kezeli. A termékek időről időre változnak, a PDM rendszerek pedig nyilvántartják a verziókat, a különböző konstrukciós változatokat. A termék struktúrák jellemzően attribútum, példány, illetve fellelhetőségi információkat is eltárolnak a darabjegyzékek mellett. Ezek a pótlólagos adatok a termék struktúra adatok gyártástervezésen túlmutató felhasználását segítik elő. A szabványos BOM adatokat a rendszer automatikusan generálja a termékstruktúra ismeretében.

Csoportosítás, osztályozás. A hasonló vagy szabványos alkatrészek, folyamatok és egyéb tervezési adatok csoportokat képezhetnek. A hasonlósági attribútumokat a gyártás során felhasználhatjuk. A csoporttechnológia alkalmazása számos előnyt jelent, például nagyobb mértékű szabványosítás, (újra)tervezés idejének lecsökkenése, csökkenő gyártási költségek, raktárkészletek.

A program menedzsment a feladatokat bontja fel olyan struktúrákra, amely már lehetővé teszi az erőforrások ütemezését, illetve a projektek nyomonkövetését. Ha az erőforrásokhoz aktuális és jól karbantartott adatokat kapcsolunk, akkor ez a tervezésnél és nyomonkövetésnél megtérül. A program menedzsment előnyei onnan erednek, hogy a PDM rendszer tudása kapcsolódik a struktúrára való felbontás képességéhez.

Kommunikáció és értesítés. A kritikus események online, automatikus jelzése azt jelenti, hogy a kezelő személyzet a projekt aktuális státuszát pontosan ismeri.

Adatátvitel. Minden termékadatot a PDM rendszeren keresztül érünk el, így nem szükséges ismernünk azt, hogy a hálózaton ezek az adatok hol helyezkednek el. Az adatok karbantartásáért a PDM rendszer felelős.

Képi szolgáltatások. A raszteres, vektoros vagy videó képeket ugyanúgy kezelhetünk, mint a többi termékadatot. A képek online hozzáférhetősége olyan lehetőségeket enged meg, amelyek korábban elképzelhetetlenek voltak.

Rendszer adminisztráció. Az adminisztrátor beállítja a PDM rendszer működtetéséhez szükséges paramétereket, felügyeli a rendszer működését. Az adminisztrációs feladatok közé tartozik:

- jogosultságok beállítása,
- autorizáció,
- folyamatok jóváhagyása,
- adatok biztonsági mentése, biztonsági feladatok,
- adatok archiválása.

A PDM rendszereknek ki kell elégíteniük a vállalati szabványokat, hogy az egyéni felhasználók hatékonyan tudják működtetni a rendszert. A felhasználók teste szabott felhasználói felületeket, működési módokat igényelnek.

A MES és a PDM rendszerek integrációja jelentős mértékben elősegíti a termelési tervek végrehajtását. Az integráció a megfelelő időben a megfelelő adatokat képes a felhasználó által kívánt formában biztosítani.

5.6.7. Termék nyomonkövetés funkciója

A termék adatainak nyomonkövetése, a termelési folyamatok visszakeresése, a gyártóvállalatok egyre nagyobb igénye. Segítségével komponensekre, termékekre, sorozatok vonatkozó információkat kereshetünk elő a hisztoriból. Az eltárolandó információ tetszőleges mélységű lehet: sorozatokra, egyedi termékekre, bizonyos komponensekre vonatkozó, illetve az ezekkel kapcsolódó műveletekre vonatkozó. Az eltárolt információk segítségével garanciális problémák kezelhetők, statisztikai információk illetve készlet információk kinyerhetők.

Példaként vegyünk egy gyárat, amely közel 300 különböző helyről nyeri az adatokat. Személyzeti adatok (ki dolgozott az adott munkadarabon), környezeti és berendezés állapotleírók, nyersanyag adatok, beszállítói információk. Az adatokat egy chipen archiválják, és a késztermékhez rögzítenek, amit a javításhoz a szerviz dolgozói felhasználhatnak diagnosztikához, karbantartáshoz, javításhoz. A minőségbiztosítási részleg pontos meghibásodás statisztikát kaphat, illetve a legmegbízhatóbb beszállító kiválasztásában segíthetnek az adatok.

A termékadatok nyomonkövetése az egyik legfontosabb funkciója a MES rendszereknek. A legtöbb MES rendszer beépített nyomonkövetési funkcióval rendelkezik. A nyomonkövetési rendszerrel szemben támasztott igények rendszerint egyediek. Az adott gyártó eldönti, hogy milyen adatokat és hogyan kíván gyűjteni – automatikus adatgyűjtő rendszerrel vagy kézi adatbevitellel.

5.6.8. Beszállítói menedzsment funkciók

A készletezés kiszervezése (outsourcing) illetve az éppen időben (just-in-time) készletgazdálkodási politika egyre elterjedtebb, tehát egyre fontosabb, hogy a megfelelő és aktuális gyártási információkat meg kell osztani a vállalaton belüli, vagy külső beszállítói folyamatok felé. A szinkronizáció semmivel sem kisebb jelentőségű, mint a folyamatban lévő munkák státuszának ismerete. Ezeket az adatokat online módon kapcsolhatjuk a beszállítók MES rendszeréhez.

A MES olyan online **integrált** számítógépes rendszer, amely a termelés végrehajtásához szükséges eljárásokat és eszközöket gyűjti össze. A hangsúly most az integráción van. A legtöbb gyártó cég rendelkezik olyan számítógépes rendszerekkel amelyek az előzőekben felsorolt feladatokat látják el.

5.7. MES interfészek

A MES rendszerek természetesen nem különülhetnek el a többi termelésinformatikai alkalmazástól, hanem azokkal szorosan együttműködve dolgoznak. Az információáram kétirányú, azaz mind a MES rendszer, mind a külső alkalmazások adatokat szolgáltatnak egymásnak.

5.7.1. A MES-től a külső alkalmazások felé

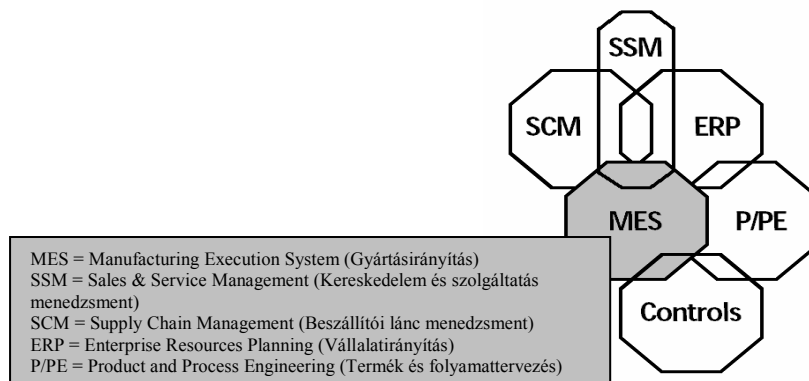
- Az ERP rendszerek a MES aktuális termelési adataival dolgoznak, mint költségek, megmunkálási idők, kihozatal, illetve egyéb termelékenységi adatok.

- A Supply Chain Management (beszállítói-lánc kezelő) rendszerek a megrendelések aktuális státuszát, a gyártókapacitások rendelkezésre állását kérdezi le a MES-től.
- A vásárlókkal kapcsolatot tartó Sales (értékesítés, kereskedelem) szintén MES rendszereken keresztül figyeli a megrendelések alakulását, hiszen a kiszállítás ettől függ.
- A termék és folyamattervezés visszacsatolást kap a kihozatalról, illetve a termék minőségéről.
- A folyamatvezérlés utasításokat kap, amely a működtetést úgy szabályozza, hogy a vállalati szintű optimális működést garantálja.

5.7.2. A külső rendszerektől a MES felé

A MES is kér adatokat a többi rendszertől. Például az ERP termelési tervei alapján történik a MES-ben a feladatok kiosztása, illetve a Supply Chain Management termelési főterve alapján történik a termelési finomprogramozás.

A megrendelések, amelyek a termelési folyamatokat indukálják, a kereskedelmi részlegtől származnak. A termék és folyamattervezés állítja össze a gyártási instrukciókat, az űrlapokat, működési paramétereket, stb. A folyamatvezérléstől olyan adatok érkeznek, amelyek segítségével a pillanatnyi teljesítmény, működési környezet értékelhető.



5.5. ábra A MES kontextusának modellje

5.7.3. MES adatok particionálása

A MES funkciók többsége adatok segítségével működik. MES komponensek irányítják, menedzselik ezen adatok legnagyobb részét. Ezek a komponensek előállítják, gyűjtik, módosítják, analizálják az adatokat, és esetlegesen reagálnak is azokra. A gyártási adatok analizálása és hogy, hogyan használhatóak a MES funkciók forrásaként, egymással kapcsolatba hozhatóak, melynek segítségével feltérképezhető a MES elosztott rendszerarchitektúrája.

A MES funkciók leírása, a következő képzeletbeli adat szekciókat azonosítja:

Feladatirányítási adatok: A job/művelet végrehajtási listája, vagy végrehajtási parancsai az operátoroknak és eszközöknek.

Berendezés erőforrás adatok: Erőforrás állapot, személyzet, szervezeti felépítés, aktuális műveletek és hozzárendelések és job használati történeti lista.

Munkaerő erőforrás adatok: Személyzet elérhetőségi adatai és nyomon követési információk, továbbá job hozzárendelési történeti lista.

Karbantartási adatok: Gépek hozzáférhetőségi adatai, karbantartási történeti lista, és a gépek kihasználtsági adatai.

Nyersanyag elhelyezési adatok: A nyersanyagok elhelyezési és állapot adatai a gyártási üzemben, tényleges erőforrásokra, anyagmozgató komponensekre vonatkozóan. A nyersanyagokra vonatkozó mennyiségi és csoport adatok is ide tartoznak.

Rendelési adatok: Egy adott egyedi termék legyártásának definíciója, amit a gyártási tervező rendszer készít el. A definíció tartalmazhat állapot és hozzárendelési adatokat az egyedi nyersanyagok csoportjáról.

Teljesítmény adatok: Költség és kihasználtsági adatok – műveleti végrehajtások költségei és nyersanyag-, és erőforrás kihasználtság, üresjárat idő, telepítési, beállítási idő.

Folyamatvezérlési adatok: Folyamatvezérlési paraméterek.

Termék adatok (Work in Progress, WIP): Nyersanyag nyomon követési adatok – nyersanyagok összege, állapota és diszpozíciója a gyártásban és kapcsolatuk a gyártási rendelésekkel.

Minőségelemző adatok: Minőséganalizáló funkciótól származó adatok, amelyek folyamat és termék méréseken értelmezettek.

Minőség adatok: Termék és folyamat mérési adatok, folyamaton belüli műveletektől származnak.

Erőforrás leíró adatok: Munkaerő és eszköz jellemzők, képességek, készségek és a hozzárendelt költségek.

Ütemező adatok: Erőforrás kiosztás a job-oknak, és folyamatoknak az adott időtartamra. Az erőforrás típus lehet gép, dolgozó és más berendezés is.

Műhely adatok: Adatgyűjtő rendszer által beszerzett adatok, amik arra használhatóak, hogy termékadatokat (WIP), erőforrásadatokat, és más típusú adatokat nyerjünk ki.

Specifikációval kapcsolatos adatok: leírások arról, hogyan lehet végrehajtani egy termelési folyamatot, beleértve a műveleti sorrendet, eszköz, berendezés és szakértelem hozzárendelést, nyersanyag információkat.

Szerszám erőforrás adatok: Használati, helyre vonatkozó és a hozzárendeléssel kapcsolatos információk, amelyek igen fontosak a szerszámok nyomon követésénél, ütemezésénél és karbantartásánál.

Az 5.3. táblázat az adatok kezelését foglalja össze. A cellákban lévő számozás a MES funkciókkal megegyező számozást jelent, lásd a 5.4. fejezetben.

MES adatok particionálása

5.3. táblázat

	Gyűjti	Előállítja	Módosítja	Menedzseli	Elemzi	Reagál rá	Kézbesheti	Megjeleníti	Gyűjtés helye
Végrehajtási adatok		3	3,8			8,10,12 Control	3	3,10	
Berendezés erőforrás adatok	5		5,9	1	9	2,3			
Műhely erőforrás adatok	6		10	6,HRM	11	2,3			
Karbantartási adatok	5	9	9	9	9,10	2,3,9	9		
Nyersanyag elhelyezési adatok	5,12	12	12	12		3,10		12	műhely adatok
Rendelési adatok	ERP		10	ERP		2,3,10	ERP	2,10	termék adatok
Teljesítmény adatok									erőforrás adatok, ütemezési adatok, műhely adatok, folyamat adatok, termék adatok
Folyamatvezérlési adatok		11		11		ERP,P/PE	11	11	
Termék adatok	5	P/PE	8			Control	8		műhely adatok, folyamat adatok
Minőség elemző adatok			7,Control	10	11	2,10,ERP		10	
Minőség adatok	5,7	7		7,10		3,9	7	7	minőség adatok
Erőforrás leíró adatok		Control		7	7,10				termék adatok, folyamat adatok
Ütemező adatok		ERP,HRM, P/PE	2	P/PE		2,3			
Műhely adatok	5	2	2	2	11	2,3			
Specifikáció adatok	P/PE			5	2,10	2,3	5		
Szerszám erőforrás adatok	12	12	Control	1,10		3,7	P/PE		
						2,3,10			

6. Számítógépes hálózatok a termelésben

6.1. Történeti áttekintés

A különböző számítógépek felhasználóinak általános kommunikációját támogató hálózat ötlete 1962 augusztusában fogalmazódott meg J.C.R. Licklider fejében. Feljegyzéseiben az új koncepciót „galaktikus hálózatnak” nevezte, és ötletei gyakorlatilag mindent tartalmaztak, amire a mai Internet képes. 1962 októberében Licklider csatlakozott az Amerikai Védelmi Minisztérium ARPA (Advanced Research Projects Agency) nevű kutatási ügynökségéhez. Az ARPA érdeklődését hamar elnyerte a téma, hiszen az ARPA által szponzorált, földrajzilag elkülönített helyen lévő kutatók, akik különböző számítógépeket használtak, hálózati kommunikáció segítségével könnyebben megoszthatták egymással új szoftvereiket, kutatási eredményeiket. 1967-ben jelentették be az új hálózat, az *ARPANET* tervezetét.

A kezdeti ARPANET (1969) négy hálózati csomópontból állt. A hálózat növekedett: 1970-ben 13, 1971-ben 23, 1972-ben 29, 1973-ban 40 csomópontja volt. Ebben az évben műholdas kapcsolaton keresztül Hawaii és Norvégia kapcsolódott a hálózathoz, majd London következett. 1974-ben 46 csomópont volt, ami 1974-re 53-ra növekedett. 1981-re 213 csomópontot számláltak, és kb. húsznaponként kapcsoltak be egy újabbat. A 80-as évek végén a védelmi minisztérium leállította a kutatást, és azt az amerikai kormányzat másik, civil ügynöksége, az NSF (National Science Foundation) vette át.

Az ARPANET csomagkapcsolt hálózat volt, amelyben a csomagok (azaz információtovábbítás egységei) külön útvonalakon haladtak a csomópontok között. Az egyes csomópontok megosztottak az adatkapcsolati médián. 1984-ben megjelent a TCP/IP protokoll, amely a mai Internet kapcsolat alapja. (Protokollnak nevezzük azt a szabványt, konvenciót, amely két számítógépes végpont kommunikációját szabályozza). A TCP/IP valójában két protokoll: a Transmission Control Protocol és az Internet Protocol. A TCP/IP az információt kis csomagokra bontja szét, illetve ezekből visszaállítja az eredetit. Küldi és fogadja az adatsomagokat, kezeli a csomagok átvitelét, és ellenőrzi a hálózatban előforduló hibákat. A TCP felel az adatsomagok hibamentes átviteléért és eredeti sorrendbe való visszaállításáért, az IP pedig a csomagok célba juttatásáért. Mára a helyi és nagy területű hálózatok tényleges, széles körben elfogadott szabványa lett. Szinte minden operációs rendszerbe beépítik, vagy kiegészítésként adják. Leggyakrabban hálózatokban és az Interneten találkozunk vele.

6.2. Hálózatok csoportosítása

A hálózatokat szokás nagyságuk szerint csoportosítani. Létezik LAN (Local Area Network, helyi hálózat), MAN (Metropolitan Area Network, városi hálózat) illetve WAN (Wide Area Network, nagy kiterjedésű hálózat).

Felépítésük szerint a hálózati elemek csatlakozhatnak egyenrangú módon (peer-to-peer), illetve alá-főlérendeltségi viszonyban (kliens-szerver).

Ez egy olyan architektúra, amelyen a kommunikációban résztvevő két fél nem egyenrangú módon vesz részt, hanem dedikált szerepeket (szerver illetve kliens) töltenek be.

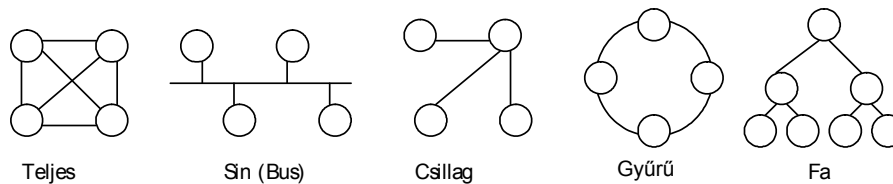
A kapcsolatot jellemzően a kliens kezdeményezi, mégpedig azzal a céllal, hogy valamilyen műveletet vagy lekérdezést végeztessen el a szerverrel. A szerver a kérést megkapva elvégzi a megfelelő lépéseket, majd az eredményt a kliens felé továbbítja. Bár az adatok a kommunikáció során értelemszerűen mindkét irányban áramolhatnak, a műveleteket

elvégzését mindig a kliens kezdeményezi, és mindig a szerver hajtja végre - ennek megfordítására nincs mód.

Azokat az architektúrákat, amelyekben mindkét fél kölcsönösen kezdeményezheti művelet végrehajtását a másikon, egyenrangúnak szokás hívni.

6.3. Számítógépes hálózatok topológiája

A LAN-ok legfontosabb jellemzője a hálózat elemeinek elrendezése, más néven a hálózat topológiája. A topológia rendszertechnikai jellemző. Logikai és fizikai elrendezést, kölcsönhatást jellemez. A 6.1. segítségével tekintsük át a legelterjedtebb topológiákat és ezek tulajdonságait.



6.1. ábra Hálózati topológiák

Teljes rendszer

A teljes rendszer sok kábelt igényel. Nagy a redundanciája. Az elrendezés előnye a nagy megbízhatóság.

Sín topológia

A sín elrendezés esetén a hálózatba kapcsolt gépek egyazon vezetékot használnak, köztük semmiféle speciális sorrend nem adható meg, sorosan kapcsolódnak. Az elrendezés hátránya, hogy vonalszakadás esetén az egész hálózat használhatatlanná válik.

Csillag topológia

A csillag elrendezés esetén a hálózatba kapcsolt gépek egyazon csomópontra csatlakoznak. Az elrendezés előnye, hogy vonalszakadás esetén csak az adott gép válik használhatatlanná, és nem az egész hálózat. A többi gép továbbra is tud kommunikálni egymással.

Gyűrű topológia

A gyűrű elrendezés esetén a hálózatba kapcsolt gépek egymást követő zárt láncba szerveződnek, így minden kapcsolódási ponthoz rendelhető egy előző és egy következő kapcsolódási elem. Előnye, hogy egyszeres vonalszakadás esetén a hálózat nem válik használhatatlanná és nincs leterhelt központi csomópont. Nagyobb hálózatok esetében kétszeres gyűrűt szoktak alkalmazni a biztonság növelése érdekében.

Fa struktúra

A fa rendszerben a csomópontok hierarchikus rendben csatlakoznak egy vagy több csomóponthoz, így alhálózatokat formálnak. Minden csomópont között csak egy

útvonal van, amely kiesése az egész alhálózatot tönkretesz, így hibatűrő kapcsolókat igényel. Előnye, hogy kis kábelezési költséggel nagy hálózatok is kialakíthatók.

A nagy hálózatok alhálózatokba szervezhetők. Az alhálózatokat átjárók (Gateway), kapcsolók (Switch) és hidak (Bridge) köthetik össze. A sok csomópont, nagyobb távolságon fizikai jel-erősítést, szegmensekre bontást igényel. Ez az aktív HUB-ok és Repeater-ek (ismétlők) feladata. Az egységes elven, szabványos elemekkel felépített jól menedzselhető és karbantartható hálózatot strukturált hálózatnak nevezik.

6.4. LAN hozzáférési módok

A LAN technológiák elterjedésekor az adatátvitel módja a csomagkapcsolt átviteli technika, vagyis a forrástól a célig az adatsomag előzetes kapcsolatfelvétel kezdeményezése és sáv szélesség foglalása nélkül történt. Ez a technológia kiválóan alkalmazható az adatátvitel esetén. A digitalizált videó és hangátvitel azonban rögzített sáv szélességet igényel, amelyeket célszerű előre allokálni, így mindinkább előtérbe kerültek a vonalkapcsolt hálózatok. Az integrált hálózati szolgáltatásokra - egyidőben kép, hang és adat átvitele - egyre nagyobb igény van, amely sokcsatornás, nagy átviteli sebességű hálózatok fejlesztését hozza előtérbe. A száloptikás technológia megteremtette ezen nagysebességű, nagy sáv szélességű hálózatok alapjait, fokozatosan eltüntetve a különbséget a távoli és helyi hálózatok között.

A LAN hozzáférési módok három tényező kombinációjaként definiálhatók: a fizikai közeg minősége, a hálózat topológiája és annak a módja, ahogyan az állomások a közeghozzáférést birtokolják az adatsomagok küldésére.

A száloptikás hálózatokat megelőzően három szabványos hálózati technológia terjedt el, amelyek sodort érpáras vagy koaxiális kábeleket használtak átviteli közegként: az Ethernet, Token Bus és Token Ring hálózatok. Ezeket összefoglalóan 802 típusú hálózatoknak nevezzük, mivel mindegyikük az IEEE 802 szabvány valamelyik alpontjaként került definiálásra. Ez a szabvány az OSI adatkapcsolati rétegét két alrétegre bontotta: logikai kapcsolatvezérlésre (LLC - Logical Link Control) és közeghozzáférés vezérlésre (MAC - Media Access Control). A közeghozzáférés vezérlés szabályozza azt a módot, ahogyan a hálózat egy állomása a közeget igénybe veszi az adatátvitel során.

A száloptikás közegű lokális hálózatok első közeg-hozzáférési szabványa az FDDI (Fibre Distributed Data Interface) volt. Ez egy ISO szabvány, amely egy gyűrű topológiájú hálózatot definiál a Token Bus hálózathoz hasonló közeg-hozzáférési protokollal. Az optikai szál közegű csillagtopológiájú hálózatban azonban a kapcsolt szinkron átviteli mód újabb előrelépést jelentett a nagysebességű hálózatok fejlesztése terén. A szinkron hálózatok elterjedését megjelenésükkor gátolta azok fajlagosan magas költsége és közben létrejött egy új protokoll, amely egyre inkább elterjedőben van. Ez az ATM (Asynchronous Transfer Mode) technológia, amely a csomag- és vonalkapcsolt hálózatok kombinációjával az integrált szolgáltatások alapjait adhatja a jövőben.

6.4.1. Ethernet

Az Ethernet szabvány az IEEE dokumentumban a 802.3-as jelölést kapta. Az Ethernet busz topológiájú hálózati architektúra, amelyben az egyes egyenrangú hálózati állomások a közegen üzenetszórásos (minden állomás által

feldolgozható) adatcsomagokkal kommunikálnak egymással. A hálózati kábelezésben régebben 50 ohmos koaxiális kábelezés alkalmazása volt a legelterjedtebb fizikai közeg, amelynek maximális átviteli sebessége 10 Mbit/s. Mára leggyakrabban a csillag topológiában elhelyezett UTP kábelt (Unshielded Twisted Pair, sodort érpár) használnak, amely 100 Mbit/s átviteli sebességet is megenged. Az adatcsomagok (a 802 szabvány elnevezés szerint keretek) kialakítására és továbbítására vonatkozó protokoll a *csatornafigyelés ütközés-érzékeléssel* - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

A protokoll működése a következő: az adást kezdeményező állomás az adás megkezdése előtt behallgat a közegbe, hogy azon az adás kezdeményezésekor van-e átvitel. Ha az átviteli csatorna nem foglalt, úgy az állomás megkezdheti az adatkeret bitsorozatának közegre továbbítását. Mivel a kezdeményezés a fenti állapot mellett minden állomás joga, így az adás során a közeg jelszintjét az adó állandóan nyomon követi azért, hogy az esetleges adásütközéseket az adó észlelje. Amennyiben ütközés fordul elő, vagyis több állomás jele keveredik, úgy mindkét állomás egy zavaró jel kibocsátása után leállítja az átvitelt és véletlen ideig vár. A zavaró jel garantálja, hogy egyetlen állomás sem fogadja az ütközés miatt keletkező értelmetlen üzenetet. Amennyiben az ütközés ismételt előfordul, úgy mindkét állomás növeli az adás újrakezdése előtti véletlen várakozás időintervallumát. Az átviteli technika magában hordozza azt a problémát, hogy az átvitel maximális időtartama nem garantálható, a nagy terhelésű hálózat átviteli sebessége az 1-3 Mbit/s sebességtartományba is leeshet.

A sávszélesség növelése érdekében alkalmazható vonalkapcsolás alapú - csillag topológiájú, sodort érpáras kábelezésű technika.

A 802.3 szabvány megfelelő alfejezetei írják le a busz és csillag topológiájú hálózatok előírásait.

6.4.2. Token Bus és Token Ring

A lokális hálózatok másik közeg-hozzáférési módjában az állomások közül csak egyetlen kapja meg a jogot az adás megkezdésére. Ezt egy speciális jelzőkeret, a token biztosítja. A token az adásjogosultság szimbóluma. Ha az állomásnak adásra kész adatai vannak, úgy a token birtokában megkezdheti adását. Az adás véges ideig tarthat, befejezése után a tokent az adó más állomásnak adja át. Így a token az állomásokon meghatározott sorrendben ciklikusan végigvándorol, mindegyik számára lehetővé téve, hogy bizonyos időközönként adatátvitelt kezdeményezhessen. Emiatt az állomások között ki kell alakítani egy logikai gyűrűt, amely megadja, hogy az állomások milyen sorrendben jutnak hozzá a token-hez.

Minden állomás folyamatosan figyeli a közeget a neki szóló üzenetek feldolgozása, vagy a token átvétele érdekében. Ha egy állomás a következő állomásnak nem képes átadni a token-t, úgy a hálózat felé speciális üzenetet küld, amely a logikai gyűrű karbantartásának része. Az üzenetben az token-t birtokló állomás lekérdezi a következő állomást, hogy melyik címen tartja nyilván az őt megelőző állomást - ki a következő adatkeret. Ha erre nem érkezik válasz, akkor egy általános kérdést tesz fel az állomásoknak, hogy

melyik akar a hiányzó következő állomás helyébe lépni - következő kérés keret. Ha sikerül megtalálni, akkor a token-t ez az állomás kapja.

Az állomások mindegyikében további 4 logikai alállomás definiált, amelyekbe az elküldendő adatokat sürgősségi osztályaik szerint sorolja be az állomás. Ha az állomás megkapja az átvitel-kezdeményezés feltételét jelentő token-t, úgy az adatok elküldését a magas prioritású várakozósortól az alacsony felé végzi. A rendszer teljesítményét nagyban befolyásolja az állomásokon kialakított alállomás rendszer, illetve az átviteli időtartam maximuma.

Az ipari alkalmazások szempontjából a token alapú protokollok egyik igen előnyös tulajdonsága, hogy a legrosszabb esetre vonatkozó átviteli idők is meghatározhatók.

A 802-es szabványon belül két különböző fizikai topológiájú architektúra került meghatározásra. A busz rendszerű hálózatot Token Busnak (802.4), a gyűrű rendszerű hálózatot Token Ringnek nevezzük (802.5). A Token Bus koaxiális kábelezésének maximális átviteli sebessége 1.5 - 10 Mbit/s tartományba esik. A Token Bus egyik legkomolyabb adminisztrációs problémája az esetleges hibás működésből következő token sokszorozódás, illetve token vesztés. Ennek kezelésére külön speciális keretek léteznek a szabványban. A Token Ring hálózatok fizikai gyűrűre épülnek, amelynek kábelelei csillagtopológiájú árnyékolt sodort érpárból, vagy optikai szálakból épül fel. Mivel minden állomás feldolgozza és újra generálja a kereteket, így a hálózat nagyobb távolságokat is áthidalhat. Azonban a csillagelosztó berendezést felkészítik arra, hogy az állomáskiesésekkel a fizikai gyűrű ne szakadjon meg.

6.4.3. ISDN

A távbeszélőrendszereket analóg hangátvitelre tervezték, így igen korlátozottan alkalmas modern távközlési igények kielégítésére (adat vagy videóátvitelre). A megnövekedett adatátviteli igények miatt a CCITT hozzálátott az integrált szolgáltatású digitális hálózati szabvány - ISDN (Integrated Services for Digital Networking) - kifejlesztéséhez. A rendszer célja, hogy integrálja a hang és nem hangjellegű szolgáltatásokat. Az ISDN egy univerzális felület a lokális hálózati szinttől a nemzetközi hálózatok szintjéig kínál hozzáférési felületet a felhasználóknak.

Az ISDN egyetlen érpáron keresztül két hang vagy adatvonalat és egy vezérjel vonalat kínál. A vezérjel vonalat csomagkapcsolt hálózatok adatátviteli csatornájaként lehet felhasználni, amely ráadásul nem igényli modemek használatát a hangátvitellel egy időben.

Az ISDN legalapvetőbb szolgáltatásai:

- digitális hangátvitel, telefonszolgálat, világméretű konferencia hívások lebonyolítása is;
- adatátvitel (pl. végberendezések, számítógépek, biztonsági berendezések, riasztók szenzorainak jelzései);
- videotext szolgáltatás (pl. telefonkönyvek, tudakozók stb. olvasása) stb.

Az ISDN mögött meghúzódó alap gondolat a digitális bites koncepció. Ezen a csövön áramolnak a bitek a felhasználó és az ISDN szolgáltató között. Mindegy, hogy honnan származnak, hova áramlanak a bitek, egy digitális

termináltól, faxgéptől, számítógéptől, telefontól, vagy éppen azokhoz. A bitfolyam időosztásos multiplexálásával a több független csatornára osztható. A bitfolyam formátum és a multiplexálás definiálva van. Ha egy bitső által kínált kapacitás elégtelen lenne, akkor több bitső egyidejű alkalmazása is lehetséges.

6.5. Az ISO OSI referencia modell

ISO (International Standards Organization) által kifejlesztett OSI (Open System Interconnection) referenciamodelljéhez szorosan kapcsolódik a nyílt rendszer fogalma. Ez a modell a számítógépes kommunikáció nemzetközileg elfogadott szabványa, amely magában foglalja a hálózatra alapuló informatikai rendszer részei közötti vezérlési feladatok megosztását és a részek közötti adatcsere szabályait. A közvetlen adatcsere feltételezi, hogy a számítógépek között egy telekommunikációs vonalon akár folyamatos adatáramlás zajlik mindkét irányban, amelynek bemenő oldali adatait mindkét számítógép azonnal feldolgozza. Mivel a hálózaton a legváltozatosabb számítógép típusok, illetve operációs rendszerek fordulhatnak elő, ez komoly illesztési feladatok elé állította tervezőket. Nyílt rendszereken a számítógépek olyan hálózatba kapcsolt rendszerét értjük, amelynek szervezettsége, felépítése és működése olyan, amelybe szabványos módon illeszthető új elemek azok hardware és software jellemzőitől függetlenül.

Ez nagyfokú rugalmasságot hoz létre a nyílt rendszereken belül, hiszen a technológiák változása ellenére az új rendszerek minden esetben beilleszthetők a meglévő környezetbe

Az OSI referenciamodell 7 rétegbe sorolja be a hálózati szolgáltatásokat. Ezek a rétegek a fizikai közeg irányából felsorolva:

6.5.1. Fizikai réteg

A fizikai réteg a digitális kommunikáció alapegységeinek - a biteknek fizikai közegre való továbbításáért és fogadásáért felelős réteg. Tartalmazza az átviteli közeg elektronikai előírásait, a kábelezés szabványait - általában igaz az, hogy ezen réteg elektronikai szabványok gyűjteménye.

6.5.2. Adatkapcsolati réteg

Az adatkapcsolati réteg egy tetszőlegesen kezdetleges adatátviteli eszközt olyan adatátviteli vonallá alakít, amely a hálózati réteg számára átviteli hibától mentesnek tűnik. A bitsorozatokból adatcsomagokat - kereteket hoz létre, illetve fogadja azokat, így helyreállítva az eredetileg elküldött adatcsomagot. Kezeli a zajos vonalhibák miatt keletkező adatsérüléseket, szabályozza a vonal sebességét, meghatározza a közeghez való hozzáférés szabályait - közeghozzáférés vezérlés (MAC - Media Access Control). Ez a réteg határozza meg az adapterek jellemzőit, az alacsony szintű kommunikáció szabályait, ezért ennek a szintnek a szabványai szerint osztályozzuk a fizikai hálózatokat (Ethernet, Token Ring, Token Bus, FDDI stb...).

6.5.3. Hálózati réteg

A hálózati réteg a kommunikációs alhálózatok működését vezérli. Minden állomás egyedi hálózati logikai azonosítót kap, amely szerint a hálózati réteg meghatározza az adatcsomagok útvonalát a küldő állomástól a célállomásig. Ez

a réteg szabályozza az egyes hálózati kommunikációs vonalak forgalmát, elvégzi a forgalom számlálását és számlázását. A hálózati réteg kapcsolatai a szomszédos hálózati csomópontok között jönnek létre, így az adatsomagok általában az egyes hálózati réteg szerint meghatározott útvonalon állomásról-állomásra ugorva jutnak el célpontjukig (hop-by-hop kapcsolat).

6.5.4. Szállítási réteg

A szállítási réteg a fölötte elhelyezkedő viszonyréteg adatait a hálózati réteg által megkívánt méretű adategységekre bontja és a hálózati rétegen keresztül eljuttatja a társfolyamathoz. A szállítási réteg gondoskodik arról, hogy a rendelkezésre álló hálózati réteg által nyújtott egyetlen kommunikációs vonal kapacitását több hálózati kapcsolat számára szétossza (multiplexálás). A társfolyamatbeli szállítási réteg az adatokat ellenőrzi és helyreállítja a küldő oldal viszonyrétege által elküldött eredeti formájában. A szállítási réteg valódi végpontok közötti kapcsolatot teremt, a hálózati réteg elrejtő előle az adatsomagok célállomásig való eljuttatásának útvonalát (end-to-end kapcsolat). A szolgáltatások két alapvető típusát szolgáltatja a szállítási réteg : az összeköttetéses megbízható (adatfolyam típusú) és az összeköttetés-mentes nem megbízható (üzenet típusú) szolgáltatásokat.

6.5.5. Viszonyréteg

A viszonyréteg felelős a hálózati számítógépeken futó folyamatok közötti kapcsolat megteremtéséért. Olyan szolgáltatásokat tartalmaz, amellyel pl. be lehet jelentkezni egy távoli számítógép többfelhasználós operációs rendszerébe, állományt lehet továbbítani és fogadni stb. A viszonyréteg szinkronizációs szolgáltatása alkalmas a hosszú ideig tartó folyamatok ellenőrzési pontjain az állapotok tárolására és meghibásodás esetén, szükség szerint egy korábbi állapotról a viszony újraépítése után az átviteli folyamat folytatására.

6.5.6. Megjelenítési réteg

A megjelenítési réteg a felhasználói adatok tartalmával kapcsolatos olyan gyakori feladatokat tartalmaz, amelyek az adatok szabványos kódolásával, titkosításával, adatformátum konverziókkal kapcsolatosak. Ilyen feladatot jelent, pl. két különböző jelkészlettel rendelkező rendszer közötti állományátvitel. A szöveges adatállományok belső átalakítása mellett szükség lehet a két állományrendszer fájlnev konverziójára is.

6.5.7. Alkalmazási réteg

Az alkalmazási réteg széles körben igényelt protokollokat tartalmaz. Ezek például az üzenetkezelés, állománytovábbítás, katalógusszolgáltatás stb. Az alkalmazási rétegben található továbbá a virtuális terminál szolgáltatás, amely egy valós terminál viselkedését szoftveresen szimulálja.

6.6. Manufacturing Automation Protocol (MAP)

A rugalmas gyártórendszerek integrált, hierarchikus irányítási elveinek kidolgozására nagy hatással volt a General Motors cég MAP (Manufacturing Automation Protocol) kezdeményezése, amely az üzemi hálózatok szolgáltatásainak szisztematikus felépítéséhez és a szabványos gyártási üzenetek az MMS (Manufacturing Messages Specification) kidolgozásához vezetett. Az 1990-es években előtérbe kerültek a kisebb méretű, könnyebben átállítható rugalmas gyártócellák, gyártó szigetek, illetve elkezdődött a számítógéppel segített gyártás (CAM) elveinek alkalmazása kevésbé automatizált, "kézi" munkahelyeket tartalmazó rendszerekre is.

A felhasználók valós igénye egy olyan egységes, szabványos kommunikációs rendszer (nyílt rendszer) megteremtése, amelybe tetszőleges beszállítótól származó eszköz beilleszthető (az eszközök csereszabatosak). Ez annál szorosabb követelmény, minél nagyobb számú számítógép és vezérlő kerül beépítésbe a gyártórendszeren belül.

A berendezések hozzáférésére kidolgozott szabvány szerint a gyártórendszerbe beépített eszközök (vezérlők) a gyártórendszer, cellavezérlő és üzemirányítási szintű elosztott gyártásfelügyelet szintjein azok elérhetősége biztosított az alkalmazások számára. A gyártórendszert felügyelő rendszerekkel (cellavezérlők, üzemirányító rendszerek) kapcsolatban álló vezérlő berendezések között programozható logikai áramkörök (Programmable Logic Controller - PLC), számjegyvezérlő (Numerical Control - NC), robotvezérlő (Robot Controller - ROC) és egyéb eszközök találhatók. Az integráció során az eszközökhöz való közvetlen hozzáférés az előre meghatározott ütemterv betartása szempontjából kulcskérdés.

Az OSI referenciamodell gyártási üzenet specifikációja (a továbbiakban: MMS - Manufacturing Messages Specification) biztosítja a számítógépek és vezérlőberendezések közötti szabványos kommunikációt. Az MMS három fő területet szabványosít. Meghatározza, hogy az üzemi szinten milyen objektumtípusok fordulnak elő. Az MMS objektum-orientált megközelítést alkalmaz, vagyis minden alkotóelemet osztályba sorol (objektum), vagy valamilyen objektum jellemzőjeként (objektum attribútum), vagy képességeként (objektum szolgáltatás) határoz meg. Az MMS objektumai között változók, események, figyelmeztető jelzések és más olyan elemek találhatók, amelyek a gyártórendszer alkalmazásai szempontjából lényegesek. Az MMS definiálja mindazon szolgáltatásokat, amelyek felhasználásával az alkalmazások befolyásolhatják az objektumok viselkedését. Ilyen szolgáltatás például a változók írása/olvasása, a programok indítása/leállítása, jelzések és események figyelése. A harmadik fő terület az objektumok hálózati felülete, amennyiben az objektumhoz egy kérés érkezik.

6.7. Kommunikációs szolgáltatások

6.7.1. Az RFC-k (Request for Comments)

Az ARPANet kezdeti fejlesztési időszakában nemigen voltak még hálózati szabványok. Ezért a kutató-fejlesztők kitaláltak egy meglehetősen informális módszert a „szabványosításra”: az RFC-k módszerét. Ha valakinek volt valamilyen javaslata valamilyen megoldásra, akkor közzétette ezt egy ún. előzetes RFC-ben (draft RFC), az ARPANet társadalom megvitatta, kommentálta, javította a javaslatot, és végül megegyezéssel elfogadta az RFC-t. Ekkor az RFC sorszámot kapott és ezzel szabvánnyá (Internet Standard) vált: a számával lehet hivatkozni rá. Az első RFC-t 1969-ben S. Crocker publikálta.

Manapság az RFC-k száma meghaladja a 4200-at. A módszer sikerét az akadémiai kutatók együttműködésre való hajlama segítette: bárki tehetett előzetes javaslatot, a közzétett javaslatot bárki kritizálhatta, javíthatta, széleskörű volt a megegyezés a végleges szabványról. Maga az ARPANet pedig a "szabványosítás" folyamatát gyorsította, a vita és megegyezés a hálózat segítségével történhetett.

6.7.2. A korai protokollok

A korai 70-es években az ARPANet-re meglehetősen különböző számítógépeket kapcsoltak. Minden helyszínen volt egy interface message processor (IMP) csomópont, egy kiskapacitású miniszámítógép, a helyszínek közötti összeköttetéshez, de a helyszín bármelyik számítógépét rákapcsolhatták a hálózatra. Eleinte a TCP/IP protokollszöveget még nem volt kialakítva, egy korlátozott lehetőségeket biztosító hálózatvezérlő programcsomagot használtak az ARPANet-ben. A szállítási réteghez tartozó protokoll az Network Control Protocol (NCP) volt.

1974. májusában V. Cerf és R. Cahn cikke az IEEE Transactions on Communication-ban, A Protocol for Packet Network Interconnecting címmel az első javaslat a TCP protokollra. Ezután következett az RFC szabványosítás: a TCP szabvány az RFC-793-ban található. Az átvitelvezérlő protokoll (Transmission Control Protocol, TCP) megbízható, csatlakozásorientált protokoll.

A hálózatok közötti protokoll (Internet Protocol, IP) a üzenetsomagok továbbításra szolgáló protokoll, az RFC-791-ben rögzített. A TCP és az IP az Internet legismertebb protokolljai, összefoglaló betűszavuk a TCP/IP. Függetlenek a hálózat alsóbb rétegeitől, a fizikai médiától.

A TCP/IP protokoll annyira összekapcsolódott az Internettel, hogy néha el is felejtkezünk arról, hogy más protokollok is tartoznak az Internet protokollhoz. Tekintsük át a legfontosabbakat, a „hagyományos” szolgáltatásokat kiemelve.

Egyik legkorábbi szolgáltatás az már az ARPANet korában a számítógépes levelezés. A SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, RFC-821) és a TMP (Text Message Protocol, RFC-822) a legalapvetőbb dokumentumok, amelyek 1982-ben keletkeztek. Az RFC-937 már a mikroszámítógépes személyi levelező ügynök és a kiszolgáló gép közötti kapcsolatot szabványosítja, az RFC-1521 pedig a MIME (Multipurpose Internet Mail Extension) leírása.

Szintén korai szolgáltatás a távoli bejelentkezés. A telnet hálózati terminál protokoll az RFC-854--860 szabványokban rögzített. Általában egy ismert terminál emuláció és egy kapcsolatépítő a legfontosabb alkalmazási szoftverelemek. A kapcsolatépítéshez a telnet-nek a távoli csomópont azonosítóját (címét vagy nevét) megadva a kiépülő kapcsolat nagyjából egy közvetlen vagy modemes vonali kapcsolathoz hasonlít: minden begépelte karakter a távoli rendszerhez kerül. A távoli rendszer a viszony (ülés, session) létesítéshez rendszerint a bejelentkezési eljárást (login procedure) biztosítja, ha van jogosultságunk a távoli gépen, akkor azonosítónk és jelszavunk megadásával létesíthetünk viszonyt, ülést a kapcsolaton.

További alapvető szolgáltatás az állománytovábbítás. Protokollja az állománytovábbító protokoll (File Transfer Protocol, FTP, RFC-959). A szolgáltatásokat az ftp ügynök programok segítségével vehetjük igénybe.

A korai World Wide Web elosztott dokumentumkereső protokollja (RFC 1436) a Gopher nevet kapta az azt kifejlesztő egyetem, az University of Minnesota kabalaállata után. A Gopher egy elosztott szöveges adatbáziskezelő, kliens-szerver elven működő rendszer. Az információk, többnyire szöveges dokumentumok, az INTERNET hálózat legkülönbözőbb szerver gépein helyezkednek el hierarchikusan strukturált fájlok listájaként. A kliens programot futtató felhasználó egy egységes menürendszert lát, a menüpontok között válogat, így különböző indexállományok segítségével egyszerre tud a szervereken keresni. A kiválasztott dokumentumokat azután a rendszer, a Gopher (magyarul pocok vagy hörcsög) névhez híven, begyűjti és letölti a megfelelő gépekről. A Web elterjedésével nagyon sok Gopher adatbázist honlappá konvertáltak, amelyeket a kereső motorok könnyebben elérnek.

6.7.3. Az Internet és a World Wide Web

A már említett WWW az Internet világban forradalmi változást hozott. Hatására az Internet akadémiai, kutatói hálózatból üzleti és hobby hálózattá vált, szerepet kapott a szórakoztatás világában, a tájékoztató médiák körében, a pénzforgalom és kereskedelem, a reklám világában, az üzleti alkalmazások motorjává vált. Hatása akkora, hogy sokan, mikor az Internet kifejezést meghallják, csakis a WWW világra gondolnak.

A WWW koncepciójában a már jól ismert kliens-szerver koncepció mellett három - tulajdonképpen eddig szintén ismert - paradigma fonódik össze. Ezek a hypertext paradigmája, a hypertext utalások kiterjesztése IP hálózatokra gondolat és a multimédia paradigmája.

A hypertext paradigma lényege olyan szövegmegjelenítés, melyben a lineáris vagy a hierarchikus rendszerű, rendezett szöveg olvasás korlátja megszűnik. Elektronikus szövegek lineáris olvasásához elegendő egy egyszerű szövegnézegető (viewer). Már a legegyszerűbb szövegszerkesztő is megfelel, melynek segítségével előre, hátra lapozhatunk a szövegben, sőt, egy esetleges kereső (search) funkcióval már-már átléphetünk egy szinttel feljebb, közelíthetjük a rendezett szövegek olvasásához. A rendezett olvasást biztosítanak a szótárprogramok, adatbázis lekérdezők. A hypertext jellegű rendszerekben a szövegdokumentumokban valamilyen szövegrészekhez rögzítettek kapcsolódó dokumentumaik is. A megjelenítő valamilyen módon kiemelten jelenít meg ezeket a szövegrészeket. Ezek a kiemelt részek utalások (kapcsolatok, linkek) más dokumentumokra, más szövegekre, szövegrészekre. A hypertext böngésző nem csak kiemelten jeleníti meg a szövegrészeket, hanem lehetőséget ad azok kiválasztására is (pl. mutatóval rákattinthatunk). A kiemelt rész kiválasztásával az utalt, a hivatkozott (linked) dokumentum betöltődik a nézegetőbe, folytatható az olvasás, természetesen itt ugyancsak lehetnek utalások, akár közvetlenül, akár közvetetten már előzőleg nézegetett dokumentumra is. Az így biztosított információs rendszer jellegzetesen hálós szerkezetű. Léteznek hypertext szövegeket létrehozó, azokat kezelni tudó információs rendszerek, bár jelentőségük a WWW terjedésével egyre szűkebb.

A hypertext IP hálózatra való kiterjesztése megszünteti azt a korlátozást, hogy az utalások csak ugyanarra a helyszínre, számítógéprendszerre vonatkozhatnak. Egy-egy kapcsolódó dokumentum helye a hálózaton „akárhol” lehet, ha az utalások megfelelnek az Uniform Resource Locator (URL) szabványnak.

Végül a multimédia paradigma megszünteti a szövegekre való korlátozást: nemcsak hypertext háló, hanem hypermédia háló alakulhat ki. Hivatkozott dokumentum lehet kép, hanganyag, mozgóképek, adatfájl, szolgáltatás stb. is. Ráadásul a kép dokumentumokban könnyű elhelyezni további utalásokat is, onnan tovább folytatható a láncolás.

Végül szóljunk a WWW jellegzetes kliens-szerver koncepciójáról is. A WWW kliensek a böngésző programok, a böngészők. Képesek a Hyper Text Markup Language (HTML) direktíváival kiegészített szövegek megjelenítésére, bennük az utalásokhoz rendelt szövegrészek kiemelt kezelésére, a kiemelt szövegek kiválasztására. Képesek bizonyos kép dokumentumok megjelenítésére, ezekben kiemelések kiválasztására, hangfájlok, videók lejátszására, vagy közvetlenül, vagy valamilyen segédprogram aktiválásával. A szerverek pedig képesek szöveg-, kép-, hang- és video fájlokat megkeresni saját fájlrendszerükben, és azokat elküldeni a kliensnek megjelenítésre. A kliens és szerver között üzenetváltások jellegzetesen négy lépéses forgatókönyv szerint történnek a Hyper Text Transport Protocol (HTTP) szabályozása alatt.

Az első lépés a kapcsolat-létesítés (connection): ezt a kliens kezdeményezi, hozzá legfontosabb információ a szerver azonosítója. A második lépésben a kliens kérelmet (request) küld a kapcsolaton a szervernek, ebben közli, hogy milyen protokollal, melyik dokumentumot kéri (nem részletezzük, de az átviteli eljárás, a method is paramétere a kérelemnek). Ezután a szerver megkeresi a kért dokumentumot és válaszol (response): a kapcsolaton leküldi a kért dokumentumot. Végül a kapcsolat lezárul (close). Mindezek után a kliens felelőssége, hogy mit is csinál a leküldött dokumentummal. Mindenesetre ideiglenesen tárolja a saját memóriájában és/vagy fájl-rendszerén, és a dokumentum fajtájától függően megjeleníti azt, esetleg elindítva külső lejátszót, annak átadva dokumentumot közvetve jeleníti meg, lehetőséget ad a felhasználónak végleges lementésre stb. Már a programozás kérdéskörébe tartozik, hogy ha olyan dokumentumot kap a böngésző, melyet közvetlenül nem tud megjeleníteni, lejátszani (futtatni), milyen segédprogramot hívjon meg a megjelenítésre. A felhasználó a MIME szabványoknak megfelelő lejátszókat beállíthat.

A manapság legismertebb WWW böngészők nem csak a HTTP protokollt ismerik, hanem más protokollok segítségével nemcsak WWW szolgáltatókkal tudnak kapcsolatot létesíteni, azoktól szolgáltatásokat kérni. Hogy csak a legfontosabbakat említsük, rendszerint képesek ftp protokollon keresztül állomány átvitel szolgáltatások igénylésére (ekkor a kapcsolat végigéli az ftp ülést), telnet protokollal távoli elérésre (ugyancsak végig van kapcsolat az ülés alatt), gopher protokollal gopher szolgáltatás és böngészés végzésére, POP3 protokollal levélszekrények vizsgálatára, letöltésére, SMTP vagy MIME protokollal levelek feladására (kapcsolat levéltovábbító ügynök szolgáltatóhoz), a USENET news levelek olvasására. Mindezekhez viszonylag egységes felhasználói felületet biztosítanak, innen adódik tehát az a téveszme,

hogy az Internet az a WWW, vagy fordítva: hiszen egy jó WWW tallózó szinte minden szolgáltatást biztosít, amit az Interneten elérhetünk.

Amit eddig elmondtunk a WWW világról, az még mindig nem biztosítja igazán a programozhatóságot. A WWW szolgáltatóknak rendszerint van még további szolgáltatásuk is. A legegyszerűbb „programozási” lehetőség az, hogy bizonyos szolgáltatók megengedik, hogy különben kommentárnak számító HTML direktíva a szolgáltató parancs-értelmezőjének szóló burok parancs legyen. A szerver elindítja a parancsértelmezőt, végrehajtja a parancsot, az eredményeit pedig szövegfájl válaszként elküldi a kliensnek megjelenítésre. A Common Gateway Interface (CGI) protokoll szerint akár paramétereket is küldhetünk a kliensből a CGI programnak, a CGI program akár bele is írhat az utoljára megjelenített dokumentumba. Maga a CGI program pedig akármilyen nyelvű is lehet, néha egyszerű burokprogramok (shell script), máskor lefordított és szerkesztett futtatható fájlok, illetve egyéb script programok. (Ne feledjük: a CGI nem egy programnyelv, hanem egy interfész, azt szabályozza, hogy kap és ad információkat, paramétereket a CGI program.)

6.7.4. A Java, mint a WWW programozási nyelve

Mint említettük, a WWW böngészőkkel egységes, felhasználóbarát felületet kapott a WWW, ezzel részben az Internet is. A programozás eszközeit - korlátozottan - igénybe lehet venni. A CGI programokkal, melyek a szerver oldalon futnak, bizonyos feladatokat megoldhatunk, bizonyos alkalmazásokat készíthetünk, vagy készíthetnek számunkra. A Sun Microsystem fejlesztői felismerve az eddigi programnyelvek korlátozásait egy teljesen új programnyelvet dolgoztak ki a WWW programozáshoz, a Java nyelvet. Ezzel párhuzamosan a WWW böngészők fejlesztői olyan böngészőt készítettek, amelyik a Java nyelven írt programokat képes értelmezni és futtatni. Az ilyen tallózók Java virtuális gépként viselkednek. A HTML dokumentumokban a Java programokra való hivatkozások ugyanúgy találhatók meg, mint a más, pl. kép hivatkozások, és a dokumentum letöltése során akár ezek is letöltődnek. Az a tény, hogy a program nem a szerver oldalon fut (mint a CGI programoknál történik), hanem letöltődik a böngészőhöz és a böngésző hajtja azt végre több előnyt is eredményezett. Egyik előny az, hogy tehermentesítik a szervert, esetlegesen a hálózatot. Másik, talán még nagyobb előny, hogy a nem kell a különböző operációs rendszerekhez, géptípusokhoz illeszteni az alkalmazást, a „szabványos” Java kódot a Java virtuális gép, a böngésző végre tudja hajtani, a böngésző feladata az adott hardver, operációs rendszer adottságaihoz való illesztés. Hátrány is jelentkezik azonban, elsősorban biztonsági kérdések merülnek fel a Java alkalmazások (applet) futtatásánál. Miután a helyi gépen futtatunk, akár bizonytalan eredetű programokat, külön gondot kellett fordítani arra, hogy ne legyen lehetséges vírus- vagy féregprogramokat készíteni a Java nyelv segítségével. Ennek következtében a Java programcskák nem képesek a számukra kijelölt területen túllépni, maguk a böngészők pedig külön kérésünkre további biztonsági szintként nem fogadnak Java alkalmazásokat (amivel el is veszítjük a programozhatóságot). A Java nyelv könnyen megtanulható, különösen C++ ismeretek birtokában.

6.7.5. Web-szolgáltatások

Az utóbi években az alkalmazás-fejlesztők körében a WEB-szolgáltatások egyre népszerűbbek lettek – okkal. A hagyományos kliens-szerver modellel szemben, mint a WEB szerverek, a WEB-szolgáltatások nem nyújtanak a felhasználóknak grafikus felhasználói interfészt (Graphical User Interface, GUI). Ehelyett elosztják az üzleti logikát az adatokat és folyamatokat egy hálózati, programozói interfészen keresztül. Az alkalmazások egymással, és nem a felhasználókkal vannak kapcsolatban. Természetesen a fejlesztők definiálhatnak GUI-t, például WEB-lapokat, vagy futtatható programokat, amennyiben ez szükséges. Az alkalmazások ilyen magas szintű integrációja miatt egyesek a WEB-szolgáltatásokat a WEB továbbfejlesztésének tekintik.

A Web-szolgáltatások fogalma a WEB alkalmazások integrálásának szabványát írja le. Az alkalmazások az Internet protokoll feletti nyílt szabványokat használják, többek között XML, SOAP, WSDL és UDDI szabványokat. Az XML (Extensible Markup Language) text formátumú parancsokat szűr be a dokumentumokba, amelyek megadják, hogy a dokumentum, vagy annak egy része hogyan van formattálva. A SOAP (Simple Object Access Protocol) az adatok átviteléért felel. Ez egy XML-en alapuló üzenetküldő protokoll, amely a WEB-szolgáltatás által kért információt lekódolja, mielőtt a hálózaton elküldené. A WSDL (Web Services Description Language) egy XML formátumú nyelv, amely leírja a rendelkezésre álló WEB-szolgáltatásokat. Az UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) egy WEB-es elosztott könyvtár, amelyben a szolgáltatások bejegyezhetik magukat az interneten- hasonlóan egy normál telefonkönyvhöz. A WEB-szolgáltatások fő célja az, hogy a szereplők egymással kommunikáljanak anélkül, hogy egymás informatikai rendszerét ismernék. Ez lehetővé teszi a védett, tűzfal mögé rejtett informatikai eszközök kommunikációját.

E-commerce, azaz elektronikus kereskedelem alatt olyan üzleti folyamatokat értünk, amit Interneten alkalmazásokon keresztül folytatnak. Ide tartoznak az E-mail-ek, az üzenetküldő (Instant Messaging) szolgáltatások, Web-es boltok, Web-szolgáltatások, az UDDI, az FTP illetve az elektronikus adatszere (EDI). Elektronikus kereskedelem két üzleti szereplő - vállalkozás és fogyasztó - között zajlik, akik pénzt, árucikkeket, szolgáltatásokat és/vagy adatokat továbbítanak egymásnak.

7. Optimális raktározási politika

7.1. Bevezetés

A tömeggyártás területén működő cégek üzleti környezete, a legutóbbi 15 évben jelentősen megváltozott. A tömegcikkre iránti piaci igény továbbra is magas és a piacon új követelmények egész sora jelent meg: a termékek életciklusa rövidebb lett, jelentősen megnőtt a vevők igénye új, divatos formákra, speciális csomagolásokra. A tömeggyártás területén működő cégek termékeiket általában komponensekből szerelik össze és csomagolják készre. A komponenseket és a csomagoló anyagokat nagyobb részben beszállító láncok szállítják.

Az üzleti környezet változása befolyásolja a cégek és beszállítóik üzleti, műszaki és logisztikai kapcsolatait. A korábbi, alapjában véve egyszerű vásárló - eladó (úgynevezett „hideg”) beszállítói viszony egyre szorosabbá, együttműködőbbé („melegebbé”) vált. Ez azt jelenti, hogy a kooperatív és együttműködő módszerek és tevékenységek váltak az SCM (Supply Chain Management) technikák fejlesztésének egyik fő tárgyává. Fontos szerepet játszik ebben a folyamatban az IT (információs technológia) gyors fejlődése. Az egymástól sok tekintetben független, lokálisan is elkülönülő vállalatok valós idejű, hálózat-szerű együttműködése hatékony számítógépes hálózati informatikai rendszer nélkül nem valósítható meg.

A tömeggyártás teljes termelő- értékesítő láncja meglehetősen hosszú. A vevők igényei bevásárló központokban jelennek meg, amelyek ellátó (logisztikai) központoknak adnak termékrendeléseket. A központok ezeket a termelő (végtermék gyártó) cégekhez továbbítják. A végtermék gyártó cégek beszállítók tucatjainak adnak tovább rendeléseket. Ezek belső rendeléseket, gyártást indítanak és saját beszállítóiktól nyersanyagokat rendelnek. Ezeknek a több fokozatú információs, döntési és fizikai (termelő és transzportáló) beszállító láncoknak, anyag- és információ-továbbító csatornáknak, ki nem küszöbölhető időbeli késleltetése van. A késleltetések és a folyamatok sztochasztikája, a kisebb nagyobb instabilitások, hiányok, feleslegek és többé fel nem használható veszteségek (selejtes és „dög” készletek) forrásává válhatnak. A kialakuló komplex, nagyméretű, kollaboratív beszállítói rendszerek szükségessé teszik az üzleti és a műszaki folyamatok fokozottabb informatikai támogatását. A piacon ma már rendelkezésre állnak nagy, integrált vállalatirányítási (ERP) rendszerek. Ezek beszállító (Supply Chain Management, SCM) moduljai és önálló SCM alkalmazások is, amelyek többé-kevésbé képesek támogatni a fent vázolt tervezési, döntési, végrehajtási és információs folyamatokat.

Az értékesítő, a végtermék gyártó és a beszállító cégek kapcsolata a gyakorlatban nagyon összetett és sokféle. Ez indokolja a modellek szélesebb körének vizsgálatát, további hatékony döntés támogató és tervező módszerek elemzését. Ha csak a végszerelő és a beszállítók kapcsolatát vizsgáljuk, ezen a szinten is elkülöníthetők stratégiai, taktikai és operatív együttműködési területek.

A piaci igények erős ingadozása, sztochasztikája a tömeggyártó cégek tevékenységét is jelentősen befolyásolja. A sokszor éles piaci verseny viszonyai között folyamatosan őrizni kell a megszerzett piaci pozíciókat. Ez kiemelt hangsúlyt ad a megrendelések határidőre való teljesítésének. A szállítókészség iránti magas követelmények indokolják a vegyes, rendelésre és készletre gyártás (Make to stock + Make to order) üzleti politikájának megvalósítását. A

végtermék iránti piaci követelményeket a végtermék-gyártók közvetítik a beszállítóknak, amelyeknek üzleti politikájában ezeknek a tényezőknek szintén meg kell jelennie.

A jegyzet, - a fent vázolt komplex problémakörből kiemelve - a kollaboratív beszállító készletezési politikájának néhány lehetőségeit vizsgálja nem determinisztikus igények esetén. Feltételezzük, hogy stratégiai szinten már léteznek szerződések, amelyek a beszállító és a végtermék gyártó üzleti viszonyának jellemzőit meghatározzák. Taktikai szinten megoldott a jövőre vonatkozó piaci igény-bebecslések (forecast-ok), a közép- és rövid-távú gyártási ütemtervek, a visszaigazolások, a konkrét anyag-lehívások és a szállítási műveletek szervezése, azaz a termelés-tervezési és irányítási folyamatok szinkronizációja. Feltételezzük, hogy a számítógépes kommunikációs feltételek adottak az üzleti és műszaki folyamatok megvalósításához.

A jegyzetben a modellek elemzéséhez, a problémát egy beszállító, és egy végtermék gyártó kapcsolatának vizsgálatára redukálom.

Továbbá azt feltételezzük, hogy a beszállító egy terméket gyárt, és egy végtermék gyártóval áll kapcsolatban. A végtermék gyártó legalább középtávra, azaz több hétre előre meg tudja adni az igény előrejelzését, de konkrét szállítási igényt - lehívás formájában - csak rövid előretekintéssel, tipikusan egy-két hétre ad. A végtermék gyártó által közölt információ természetesen bizonytalan mivel, az előrejelzés és a konkrét lehívások adatai általában nem esnek egybe.

Az elemzés elsődleges célja olyan beszállítói készletezési (Inventory Control) politikák vizsgálata, amely biztosítják a végtermék gyártó igényeinek megfelelő szállítási teljesítést (megfelelő kiszolgálási szintet. Service Level, SL) az adott termékből, a bizonytalanságokat is figyelembe véve.

A beszállító gyártási, illetve készletezési politikája legyen optimális és vegye figyelembe a szereplők kollaboratív együttműködési viszonyait. A fenti politikát első lépésben egy raktári készlet szint időbeli menedzselése (meghatározása, szabályozása) jellemezze. A végtermék gyártó szerződéses kötelezettsége hogy műszaki specifikációval, hosszú és középtávú előrejelzésekkel lássa el a beszállítót. A beszállító cégszerződéses kötelezettsége, hogy megfelelő időben megállapodás szerinti szolgáltatásokat nyújtson a végtermék gyártónak.

A készlet szintet a beszállító gyártással vagy u.n. „belső” rendeléssel tudja irányítani. A beszállító irányítási feladata az, hogy a rendelkezésére álló információk birtokában meghatározza, milyen készlet szinteket tartson és milyen időpontokban mekkora gyártási sorozatot indítson a készlet szint menedzselésére.

Ami a korlátozó feltételeket illeti, feltesszük, hogy a beszállító által legyártott és tárolt termékek a lehívás idejéig nem romlandók, és a szükséges időben a termelői kapacitások korlátozás nélkül rendelkezésre állnak. A beszállítónak a termékek gyártásához alapanyagokra van szüksége. Feltételezzük, hogy a gyártás kezdetekor ezek az anyagok rendelkezésre állnak. Feltételezzük, hogy az alapanyagok és a készárúk külön raktárban helyezkednek el, így a modell nem foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy a két készlet esetleg helyet foglal el egymástól.

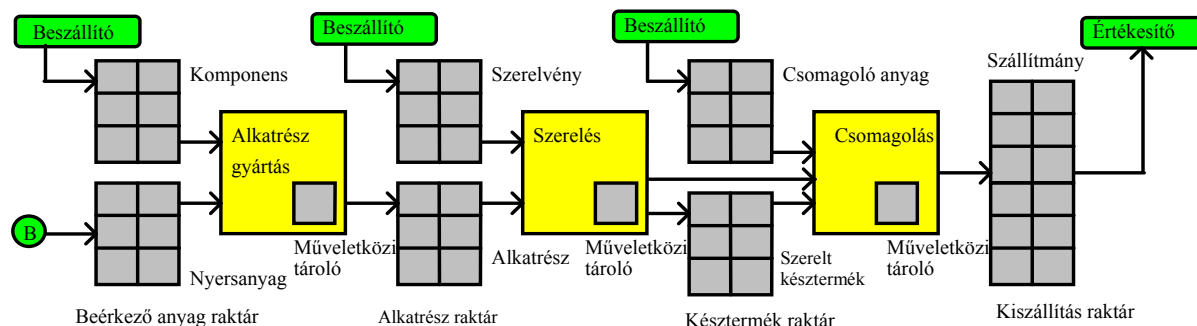
7.2. Készletgazdálkodás menedzsment

A készletgazdálkodás menedzsment nélkülözhetetlen folyamat a magas kiszolgálási szint biztosításához. A folyamat a hatékonysága jelentősen befolyásolja a vállalatok pénzügyi és működési teljesítményét. Annak ellenére, hogy a raktárak kritikus jelentőséggel bírnak, rossz

működésük káros hatású is lehet. Ez gyakran valamely az ellátási lánc mélyén rejlő problémát (pl.: tervezési, stb.) takar.

A valóságban az egyes termelői cégek folyamatos változásokkal és bizonytalanságokkal néznek szemben az egész láncon belül. A fenyegető tényezőkkel szemben a nyersanyagok, a beszállított anyagok, a félkész termékek és a kész termékek tárolására szolgáló raktárakkal védekeznek [88]. A raktárak - mint folyamatosan változó erőforrások - elengedhetetlenül fontos szerepet játszanak a napi termelési folyamatok folytonosságának biztosításában, a rendelés és a szükséglet egyensúlyának fenntartásában a láncban gyűrűző bizonytalanságok közepette [86]. Raktárak nélkül a vásárlók alacsony termék rendelkezésre állásnak, hosszú utánpótlási időnek és késéseknek, valamint redukált termékválasztéknak vannak kitéve.

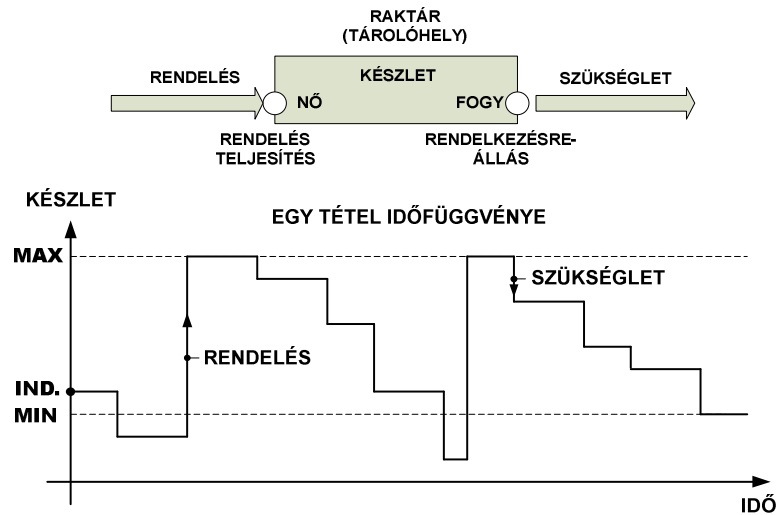
Egy termék előállítására, ameddig a nyersanyagból késztermék válik, időben több fázisú folyamat, amely alapvetően alkatrészgyártásra, szerelésre, és csomagolásra bontható. A folyamat fázisainak megfelelően számos funkcionálisan megkülönböztethető raktár típusról beszélhetünk: beérkező anyagraktár, kereskedelmi komponens raktár, alkatrész raktár, késztermék raktár, kiszállítási raktár, műveletközi raktár (puffer). A következő ábra a termelési folyamatlánc általános felépítését mutatja.



7.1. ábra. Raktárak és tartalmuk a termelési folyamatban

A megrendelés feladásától a megrendelt mennyiség raktárba érkezéséig eltelt időt utánpótlási, vagy röviden pótlási időnek nevezünk. A pótlási idő alatt is történhet kivét a raktárból, emiatt a megrendelési időpontokat tehát úgy kell megválasztani, hogy a raktárkészlet az utánpótlási idő alatt is fedezze a szükségletet. Az árubeérkezés és az árukivét, más szóval a beáramlás és a kiáramlás együttesen meghatározzák a raktárkészlet időbeli alakulását [86].

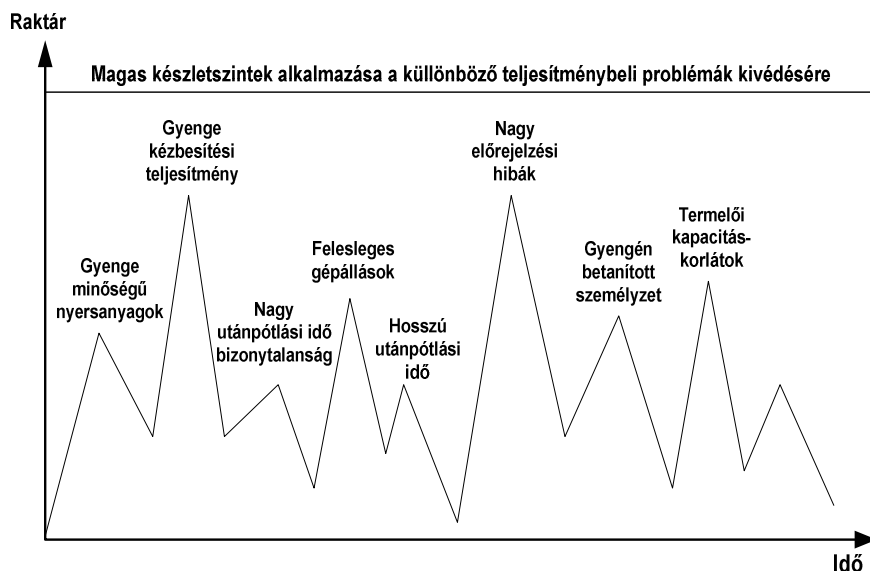
A készletgazdálkodás az újratermelési folyamathoz kapcsolódó keresleti, megrendelési, kivitelezési, stb. elemekből álló olyan szabályozási folyamat, ahol a gazdálkodó arra törekszik, hogy se több, se kevesebb készlet ne keletkezzen, mint amire a termelés és forgalom zavartalan működéséhez szükség van [40]. A készletgazdálkodási, vagyis a készletet alakító gazdasági tevékenység során a legfontosabb kérdések egyike az, hogy adott körülmények között, adott időpillanatban, vagy időszakban mennyi az a minimális készlet, amely a termelés és forgalom zavartalan működéséhez szükséges. A készlettartás, a készlet pótlása, a beszerzési lehetőségek mérlegelése idő- és költségigényes, de ugyanúgy gazdasági konzekvenciái vannak az igények ki nem elégítésének is. A raktározással kapcsolatos döntések célja a vállalat pénzügyi és működési teljesítményének maximálása. A döntések kiértékelésekor bármely raktártípus két további komponensét (ciklikus raktárkészlet, biztonsági raktárkészlet) is figyelembe kell venni.



7.2. ábra. Raktárak kapcsolata a termelés-irányítási fogalmakkal

A ciklikus raktárkészlet (cycle stock), az egyes raktárfeltöltések között bekövetkezett igények kielégítését szolgálja. Ez a raktárak legalapvetőbb funkciója, amely a felöltések gyakorisága által vezérelt. A második fő komponens a biztonsági raktárkészlet (safety stock), amely egy szükséges ráadás készletként biztosítja a termékek megfelelő rendelkezésre állás szintjét. Megvéd az ellátási láncon belüli bizonytalanságokkal szemben. Minél nagyobb a bizonytalanság mértéke a láncon belül, annál nagyobb biztonsági készletek tartása indokolt [38].

A bizonytalanságokkal szemben nagy készletek való védekezés hátrányos, mivel nagy költségeket (tárolási, forgótőke lekötés) emészthet fel. A vállalatoknak mérlegelni kell a kifogyás veszélyének következményét és ennek megfelelően meghatározni a biztonsági készlet mennyiségét, figyelembe véve a különböző bizonytalansági tényezőket [39]. A következő ábra az ellátási lánc hibás működéséből fakadó felesleges raktárkészlet-változásokat mutatja.



7.3. ábra. Alkalmazott raktárszintek a gyenge ellátási lánc teljesítmények áthidalására

Felmerül tehát a kérdés, hogy mi az optimális készletszint? A kérdés megválaszolásához a különböző készletgazdálkodási modellek elemzésével kerülünk közelebb.

7.3 A készletgazdálkodási modellek és költségek csoportosítása

A készletgazdálkodással kapcsolatos költségek a következő három csoportba sorolhatók [40]:

- Gyártással, beszerzéssel kapcsolatos egyszeri (*set-up*) és mennyiség-arányos költségek
- A raktár fenntartásának a költsége valamint a raktárkészletben lekötött eszközök költsége, a kamat, az eszközlekötési járulék. Ide sorolhatók a készlet amortizációjával járó veszteségek is
- A raktárhiány, azaz a szállítói képtelenség okozta bevételkiesés költsége. Ide sorolható a pótlólagos beszerzéssel együtt járó többletköltség, vagy a hiány miatti üzletvesztés, büntető költség „kötbér”, stb., gyűjtőnéven a hiányköltségek

A modellekben nem mindig szerepel az összes költségtípus. Előfordulhat, hogy szerződéses kötelezettség miatt mindenkeppen 100%-os szükséglet-kielégítést kell elérnünk, azaz hiány nem megengedett. Nyilvánvaló, hogy ebben az esetben nem kell foglalkoznunk sem a hiányköltség számszerű nagyságával és azzal sem, hogy a raktárkészlet időbeli alakulásával milyen függvény–kapcsolat áll fenn.

A gyártási vagy beszerzési költségek két fő összetevője a tétel nagyságától független (*setup*) és a tétel nagyságával egyenes arányban levő költség. Az előbbire példa sorozatgyártásnál a sorozat beindítási költsége, vagy a tétel átvizsgálási, megrendelési költsége, stb. A termék mennyiséggel arányos a termék anyagköltsége, termelési önköltsége, vagy az áru egy egységének beszerzési költsége [37].

A raktározási költséget többnyire a készlet raktáron eltöltött idejével arányos költségként definiálják, mégpedig a készlet egységnyi mennyiségének, vagy az egységnyi értékének időegységre eső költségét adják meg. Hasonlóképpen határozható meg a hiányköltség is, ha az egységnyi hiány időegységre eső költségeként meghatározható.

A hiányt leíró időfüggvény felfogható a raktárkészlet időbeli alakulását leíró függvény időtengely alatti (negatív készlet) folytatásának is. Ebben a szemléletben a készletgörbe negatív szakasza és az időtengely által bezárt terület mértéke, megszorozva a hiányköltség idő– és áru-egységre eső értékével megadja a hiányból származó összköltséget.

A készletek időbeli változását, a feltöltési és kiszállítási eseményekhez kapcsolódó számos tényező befolyásolja. A legfontosabbak: 1. A készletgazdálkodás tárgyát képező anyag, komponens vagy szerelvény iránti aktuális igény. 2. A beszállítói szolgáltatás más jellemző előírásai (például a teljes, vagy megengedett részleges igény-kielégítés). 3. A készlet utánpótlási, feltöltési, gyártási lehetőségei és ezek korlátai. 4. A készletgazdálkodás költségeit befolyásoló költség tényezők alakulása. 5. A készletgazdálkodás üzleti céljai. Mindezek együttese a költség-gazdálkodási modellt (*inventory controll model*) alkotják [62], [40].

A modell dinamikus objektum, amelynek állapota az időben változik. A menedzsment a készletezési modell állapota alapján – a kitűzött irányítási cél szem előtt tartásával – hozza meg a döntéseit, amelyek több, -esetleg nagyon sok- lehetséges változat közül jelölhetik ki azt, amelyik a megengedett korlátok között a kitűzött célt a legjobban szolgálja. Ezt az értékelési és döntési folyamatot optimális készletezési eljárásnak nevezzük. A készletgazdálkodás optimális irányítása időben változó döntési sorozaton keresztül valósul meg [44].

A magyarországi kereskedelmi, termelési, és beszállítói gyakorlatban meglehetősen elterjedt túlbiztosított, úgynevezett „előszállítós” készletezési eljárás túl nagy készletek tartását igényli. Irodalmi becslések szerint az így lekötött készletek értéke meghaladja az éves

nemzeti jövedelem felét. A modern IT technológiákat alkalmazók esetében ez az arány általában kisebb, de még mindig az éves nemzeti jövedelem harmada közelében lehet. Ez mindenütt óriási „holt tőkét” jelent egy gazdaság számára, ezért nem érdektelen, ha optimális készletezési eljárások megvalósításával, akár csak néhány százalékos készletszint csökkenés érhető el.

A készletezési modellek osztályozási szempontjai sokfélék. A leggyakoribb osztályozási szempont szerint determinisztikus és nem-determinisztikus modellcsoportokat lehet megkülönböztetni. A determinisztikus feltételezi, hogy a raktári beáramlással, és kiáramlással, valamint a felmerülő költségekkel kapcsolatos minden információ megadható ismert adatokkal és függvényekkel. A nem determinisztikus modellekben szerepelhetnek olyan paraméterek is, amelyekre valószínűségi, statisztikai törvényszerűségek állnak fenn.

Ha az alkalmazott modellbe valószínűségi módszereket és/vagy összefüggéseket alkalmazunk akkor nagyszámú megfigyelésre, tapasztalatra, kísérletre, és ezek matematikai értékelésére alapozott hipotézisek használata teszi lehetővé a törvényszerűségek alkalmazását.

Az osztályozás további finomítása, hogy az optimális készletezési politika egy megadott időszakra vagy több időszakasz egymásutánjára vonatkozik-e. Az egy időszakaszra érvényes modellt statikus modellnek, a döntés egymásutánjaira vonatkozót pedig dinamikus modellnek nevezzük. Szokásos osztályozási elv az is, ha aszerint tesznek különbséget az egyes modellek között, hogy a készletváltozási idő, illetve a készletnagyság változó folytonos vagy diszkrét értéket vehet-e fel. Ilyen értelemben beszélhetünk folytonos, illetve diszkrét modellekről [22].

A felsorolt legfontosabbakon kívül további osztályozási elvek is ismeretesek a szakirodalomban. Ilyen például a költség típusok vagy a hiány kezelése szerinti csoportosítás [22]. Készlet hiány esetén például kétféle modell lehetséges. Az egyiknél a beérkező készletből pótolják a korábban keletkezett hiányt, a másikonál viszont a kielégítetlen kereslet elvesz, tehát a tervezettnél nagyobb zárókészlettel kell számolni.

A gyakorlatban egy adott valós vállalati környezetben használható készletgazdálkodási politika erősen modell-függő. Nem meglepő, hogy a készletezési modellek sok fajtája és típusa alakult ki, ezek implementációja azonban körültekintést igényel.

A készletgazdálkodási modell is – mint minden irányítási vagy tervezési modell – a sokrétű valóságnak csak valahány - de nem minden - jellemzőjét ragadhatja meg, amelyek segítségével aztán, matematikai módszerek és logikai következtetések útján mennyiségi összefüggéseket tárhatunk fel a jellemzők között. Ezek elemzése, értékelése alapján kerülhet sor döntésekre. A modellek bonyolultsága (pontossága) mindig ellentmondásban van kiértékelésük munka és számítás igényességével.

Egy hatékony készletgazdálkodási modell megalkotásánál az alábbi fontos lépéseket érdemes figyelembe venni:

- Meg kell ismerkedni a beáramlási és a kiáramlási folyamat sajátosságaival
- Tisztázni kell vizsgálatba bevonható költség elemeket.
- Meg kell választani az elérni kívánt célt, esetleg célokat
- Analitikai modellhez matematikai összefüggéseket kell felírni a folyamatok változóira, a korlátozó feltételekre és a célfüggvényekre
- Meg kell választani a készletezési politikát meghatározó döntési változók értékeit kiszámító eljárást
- Meg kell találni a hatékony feladatmegoldó – a számítást megvalósító - algoritmust.

A készletgazdálkodási modelleket az esetek túlnyomó részében valamely optimum számítási feladatra vezetik vissza. Ezek matematikai megoldására az operációkutatási eredmények állnak rendelkezésre. Leggyakrabban lineáris (ritkábban nemlineáris) programozási feladatra állnak rendelkezésre hatékony megoldó eljárások. Előfordulhat az is, hogy az optimum csak közelítőleg határozható meg. A feladatok komplexitása erősen befolyásolja a számítási időt. A közelítő megoldások is nagyon hasznosak, de megbízhatóságuk lényegesen mélyebb matematikai megfontolásokat igényelhet.

7.4 Determinisztikus készletgazdálkodási modellek

Az irodalomban több determinisztikus készletgazdálkodási modell ismert. A legfontosabbak [67] [24]:

- Optimális tétel nagyság (sorozatnagyság) modell
- Optimális tétel nagyság modell az önköltségi beszerzési árral arányos raktározási költséggel
- Optimális készletgazdálkodási modell árengedmény esetén
- Optimális készletgazdálkodási modell hiány megengedésével

Ezeknek a modelleknek a megoldásai viszonylag egyszerűek.

7.5 Sztochasztikus modellekről általában

A készletezési feladatok egy fontos és a valós világban gyakori osztálya sztochasztikus modellre vezet. A leggyakoribb ilyen körülmény az, hogy a kiáramlási folyamat a piaci kereslet függvénye, ami pedig csak sztochasztikus folyamattal írható le.

A tárolandó termékek elavulásával kapcsolatos problémái is különböző valószínűség számítási megfontolásokat igényelnek. A beszállítási (feltöltési) késedelmek és a megjósolt lehívások is sztochasztikus törvényszerűségeket követhetnek. A valószínűség számítás és a matematikai statisztika segítséget nyújthat olyan esetekben is, amikor sem kísérleti, sem megfigyelésen (*monitoring and history*) alapuló becslési eljárás használatára nincs lehetőség.

Sztochasztikus modellekkel lehet bonyolult, de alapjában véve determinisztikus jelenségeket is modellezni [81]. Például egy nagy kikötő hajóforgalmát – noha az szigorú menetrend szerint bonyolódik le – igen jól lehet Poisson-folyamattal leírni. Ezek a tapasztalatok megnyugtathatják azokat, akik a sztochasztikus modellek gyakorlati alkalmazhatóságában kételkednek. A leggyakoribb kritikai észrevételek hogy soha nincs elég tapasztalatunk, a jelenségek sohasem ismételhetők meg akárhányszor ugyanolyan körülmények között, vagy hogy miért mindig csak néhány valószínűség eloszlást használnak a modellek, holott a valóság sokkal bonyolultabb. Kétségtelen, hogy a valós rendszereken végzett megfigyelések, mérési adatok újabb és újabb eltéréseket mutathatnak ki a feltételezésektől. Az is tapasztalat azonban, hogy a modellek jól használhatók a „durvább” mérési adatokra alapozott eloszlásokkal is. Az elkövetett hiba sok esetben becsülhető, és ez gyakorlatilag kielégítő.

A sztochasztikus modellek felépítése, logikája a legtöbb esetben ugyanaz, mint a determinisztikus modelleké. Ezeknél is meg kell ismernünk a beáramlás és kiáramlás folyamat törvényszerűségeit, korlátozó feltételeit, meg kell határoznunk azt a célt, vagy célokat, amelyeket el akarunk érni. Ha költség optimumra, vagy nyereség optimumra törekszünk, akkor a megfelelő költségparamétereket is fel kell tárni. A beáramlási és kiáramlási folyamatokban fellepő véletlen eloszlások paramétereinek meghatározása

feltevések és megfigyelési adatok alapján matematikai statisztikai módszerekkel valósítható meg.

7.6 Szállítók által vezérelt készletek (Vendor Managed Inventory)

VMI egy olyan kapcsolati formát jelent, amelyben a termék vásárlója bizonyos információkat megoszt a beszállítóval. Így a beszállító nem teljes készletét tartja a központi raktárában, hanem csak egy általa optimálisnak tartott volument. A központi raktár összeköttetésben (pl.: EDI, Web) van mind a beszállítóval, mind a megrendelővel. A beszállító figyelemmel kísérhetik saját termékeiből az egyes megrendelők rendeléseit, illetve készletének alakulását. Ennek megfelelően szabadon rendelkezhet a készletek elosztásáról a megrendelők között, illetve a készleteinek feltöltéséről. Azon felül, hogy a gyártók megnövelt rálátást kapnak az aktuális vásárlói igényekre, a VMI azt is felismeri, hogy gyakran a szállítóknak jobb döntéstámogató rendszerük, nagyobb tudásuk és kontrolljuk van a saját logisztikai folyamataikban. A vásárlói igényekre illetve a készletszintekre való rálátással a VMI lehetővé teszi a gyártók számára, hogy optimálisabb döntéseket hozzanak. A VMI előnyei mindkét fél számára a következők:

- Az adatbeviteli hibák száma minimális a számítógép – számítógép kapcsolatnak köszönhetően
- Az adatfeldolgozás sebessége megnő
- Mindkét fél érdekelt a fogyasztói szolgáltatások javításában
- Igazi kapcsolatban van egymással a beszállító és a megrendelő

A megrendelő előnyei:

- A tervezési és rendelési költségek csökkennek, mivel a megfelelő készletről való gondoskodás a beszállító érdeke és feladata
- A megrendelő egy rendelési napon csak egy rakomány árut fogad, amely tartalmazza az összes beszállítója áruit

A beszállító előnyei:

- Csökken az áruátvételt fordított idő, adminisztráció
- Az értékesítési adatok pontos ismerete könnyebbé teszi az előrejelzést
- A beszállító egy árukészletből több vevőjüket is kiszolgálhatja anélkül, hogy saját disztribúciós hálózatot kellene fenntartaniuk
- A direkt bolti beszállításokkal ellentétben csak a központi raktárig kell az árujukat eljuttatni.

A VMI lehetővé teszi az ellátási lánc teljesítménynövelését a termék kifogyások és a láncon belüli készletek csökkentésével. Célja a kulcsvásárlók integrálása az ellátási lánc tervezésébe.

7.7 A készletgazdálkodási problémák történeti áttekintése

A készletgazdálkodási problémák hatékony modellezésének és megoldásának igénye a termelői iparvállalatok, üzemek, vállalatok fennállása óta létezik. Az első sikeres publikációk az 1950-es évek elején jelentek meg és azóta is nagyszámú publikáció jelent meg a készletgazdálkodás témakörében, ami a téma aktualitását igazolja. Mivel a teljes történelem áttekintése hosszadalmas lenne, ezért most csak a szűkebb téma szempontjából fontos kutató nevét és publikációját emelhetjük ki.

A készletgazdálkodási modellek fejlődésével kapcsolatos eseményeket részletesen összefoglalja Hans-Joachim Girlich, és Chikán Attila publikációja [39]. A kutatási eredmények egyik fő irányvonalát az egy termékes, egy periódusos modellek képviselik, melyek analitikus úton próbálnak optimális politikát nyújtani a modellezett valóság célfüggvényének megfelelően. Az évek során fokozatosan alakultak ki a többtermékes, többperiódusos determinisztikus, illetve sztochasztikus modellek.

A készletgazdálkodási politikák másik irányvonalát a játékelméleti megközelítések képviselik, melyek kiteljesedése napjainkban érzékelhető. Ennek oka a magában a játékelméletben, mint a matematika egyik mellékágának „újszerűségében” keresendő. A napjainkban egyre szorosabbá váló beszállító - végtermékgyártói, vásárló - eladói viszony „melegedésének”, kooperatív voltának modellezésére a játékelmélet még hatékony módszereket hozhat. A továbbiakban áttekintjük az elmúlt közel 50 év legfontosabb eredményeit.

Az 1950-es évek legfontosabb nevei közé tartozik Arrow és Marschak [4], akik közgazdászként számos fontos publikációjukkal az „Optimal Inventory Policy” problémáját elemezték. Karlin publikációiban [5] a dinamikus programozás módszerével kezelték a problémát. Alistair Milne 36 évvel később azt írja, hogy Arrow, Karlin, és Scarf „Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production” témájú publikációja az egyik legjobb dokumentum a termelési döntések és a raktározási analízis tárgykörében [63]. A klasszikus determinisztikus modellek között kiemelkedő szerepet tölt be a véges időhorizonton dinamikus igényeket figyelembe vevő, a teljes költség minimalizálását célul kitűző Wagner – Whitin módszer (1958), amely n hosszú véges időhorizonton $O(n \log n)$ számítási idővel határozza meg az optimális készletmennyiséget. A WW modell a Bellman-féle módszert fejleszti tovább a setup költség bevezetésével. Az irodalomban a WW modell számos kiegészítésével találkozhatunk. Egri és Váncza [89] a klasszikus WW megközelítést a termékkifutás modellezésének lehetőségével egészítették ki. Kiegészített modelljükből (WWr - Wagner – Whitin with run-out) az átlagos költséget minimalizáló két további heurisztikus megoldást származtattak attól függően, hogy a termékekre (AC_x), vagy az időre (AC_q) vonatkozó fajlagos költséget modelleznek. A tématerület kiváló kutatója Herbert Scarf professzor [79], aki leginkább a játékelméleti megoldásokban ért el kimagasló eredményeket. 1957 óta számos publikációja igazolja ezt, valamint az 1973 -ban megszületett híres „Computation of Equilibrium” című monográfiája is.

A bizonytalansággal terhelt készletgazdálkodási problémákkal E. Schneider matematikai modellje foglalkozott először részletesen, majd E. Shaw „Elements of a Theory of Inventory” néven egy kétperiódusú bizonytalansággal terhelt modellt alkotott meg [39]. A 90-es években jelentek meg az (S,s) típusú dinamikus készletgazdálkodási politikák, melyek matematikai háttérhez. Markov matematikus nyújtott szilárd alapokat. Ezekkel a modellekkal egy időben vált ismertté John von Neumann [69] és Oskar Morgenstern „Theory of Games and Economic Behavior” c. híres könyve, amely újabb irányt adott a készletezési problémák megközelítésének. Dvoretzky, Kiefer és Wolfowitz tanulmánya az (S,s) típusú politikát fix időintervallum, és fix büntető költség esetén vizsgálta [39].

A raktározási problémák vizsgálata napjainkban az ellátási láncok menedzsmentjének is fontos részévé vált. Számos kiváló publikáció jelent meg ezzel a témával kapcsolatban [39] (Lee és Rosenblatt [57]), melyek determinisztikus igény modellekkel dolgoztak.

Az utóbbi időben a modellek fejlesztése inkább a vállalatok közötti kollaborativitás felé orientálódott. A kollaboratív tervezés (Aviv), a forecast és a Vendor Management (Aviv and Federgruen [21]), és az ellátási láncon belüli információ megosztás témakörben is (Gavirneni, Kapuscinski és Tayur [20]) jelentős eredményeket értek el a kutatók. Napjainkban az ellátási

lánc sokszínű problémáinak megoldásában a legkiemelkedőbb eredmények G. P. Cachon nevéhez fűződnek [19], akinek számos publikációja kiváló eredményeit tanúsítja.

7.8 A klasszikus újságárus modell

A sztochasztikus készletgazdálkodás elméletének irodalmában kiemelkedő szerepet kap az úgynevezett klasszikus újságárus modell (Scarf [79], Arrow et al [4,5], Handley and Whiting [89]). Az alapmodell által megoldott feladat a következő: Adott egy újságárus, aki újságokat rendel az újságoknak megfelelő megjelenési gyakorisággal. A rendelés során felmerül a kérdés, hogy mennyi darabot kell rendelni ahhoz, hogy a vásárlókat a lehető legnagyobb mértékben kielégítse. Ha sokat rendel, akkor rajta marad, ha keveset, akkor az üzleten kívül elvesztheti akár a vásárlót is. Az irodalomban megtalálható klasszikus modell a következő profitfüggvényt alkalmazza: $\pi = E(p \cdot \min(q, D)) - c \cdot q$, ahol p az újságok eladási ára és c pedig a vásárlási ára. Az újságárus tényleges profitja egyenlő az eladott áruk után járó bevétel és az áruk rendelési árának különbségével. A probléma megoldását pedig a következő összefüggés jelenti: $q = F^{-1}(p - c/p)$.

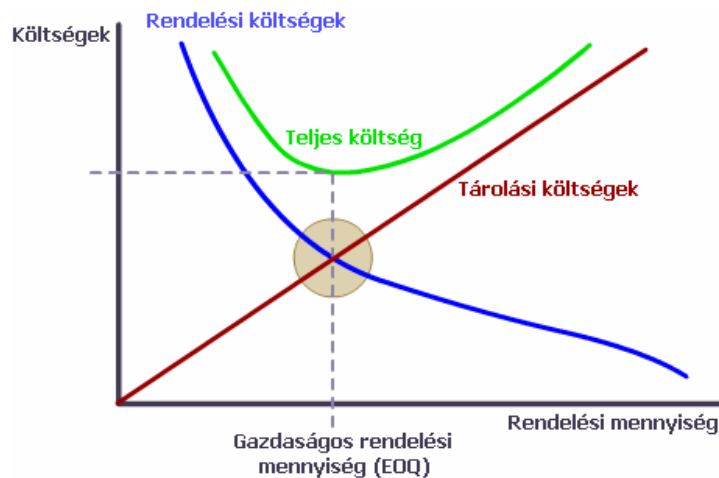
A probléma nem csak profit értelemben, hanem költségfüggvény segítségével való megfogalmazása is megtalálható egyaránt a különböző irodalmakban. A klasszikus modellről és alkalmazásáról jó áttekintést nyújt Porteus [74] munkája. A kidolgozott egyperiódusos modell egyszerűsége és hatékonysága miatt napjainkban számos új modell alapkövét képezi ellátási lánc koordinációs problémáiban, valamint előszeretettel alkalmazzák az Operáció Menedzsment különböző területén. Centralizált és decentralizált ellátási lánc készletezési folyamatai, kiskereskedelmi árukészlet tervezés, nemzetközi tevékenységek, horizontális versengés a cégek között sztochasztikus igények esetén, lead-time versengés, erőforrás bevonás és alvállalkozásba adási döntések, termék és folyamat újratervezés, készáru piac és készletgazdálkodás csak néhány név a sokból [81]. Raz és Porteus munkája az újságárus problémát az árképzés (*pricing*) szempontjából elemzi diszkrét kiszolgálási szinteket feltételezve. Specifikus igényeloszlások (pl.: additív, multiplikatív, vagy a kettő keveréke) feltételezése helyett az igényt a kiskereskedelmi ártól függő véletlen valószínűségi változónak tételezik fel. Az újságárus modellen alapuló modellek többsége a periódus végén a raktárban megmaradt termékeket egyszeres árengedménnyel, vagy túladással kezeli. Khouja [50] bővített modellje az újságárus által vezérelt többszörös diszkontálást enged meg az összes termék eladásának érdekében. A döntéshozó lehetséges viselkedése alapján két algoritmust fejlesztett ki az optimális diszkontálási mennyiség meghatározására. Az adott rendelési mennyiség és igény realizáció számára fix diszkontálási költséget alkalmazott.

A klasszikus újságárus modell több periódusra való első alkalmazása Herbert Scarf nevéhez fűződik [79], aki a klasszikus modell egy periódusra vonatkozó költségfüggvényét alkalmazza. A koncepciója szerint a megoldást valamilyen dinamikus programozási módszer segítségével kell keresni. Az irodalomban természetesen az újságárus modell mellett számos más megközelítés ismert, amely képes több periódusos politikát meghatározni, azonban e modellek többségének megoldása a bonyolultságelmélet úgynevezett NP-nehéz típusú feladata. Az informatikai hardver eszközök rohamos fejlődése napjainkban már lehetővé teszik az egyre bonyolultabb megközelítések és heurisztikák alkalmazását is.

A kutatások egy további fő iránya a több termékes modellek csoportja. A többtermékes problémát egyenletes eloszlás és egy periódus esetén oldja meg Ben-Daya és Raouf modellje [22] két lineáris korlátot alkalmazva Lagrange multiplikatörök segítségével. Lau és Lau olyan algoritmust fejlesztett ki, amely tetszőleges eloszlás esetén is megoldja a problémát. Niederhoff modellje a konvex szeparált programozás lehetőségeit használja ki. Közelítő

megoldása tetszőleges eloszlás esetén alkalmazható a klasszikus problémára és kiegészítéseire.

Fontos megemlíteni az úgynevezett optimális tétel nagyság (Economic Order Quantity), más néven Wilson EOQ klasszikus modellt, hiszen 1916-tól napjainkig a világon széles körben alkalmazták és egyéb módosított változatait még ma is használják [24]. Az eredeti modell kidolgozója F. W. Harris (1915). Szinte kivétel nélkül minden olyan szakkönyv tárgyalja, amely valamilyen formában kapcsolódik a készletgazdálkodáshoz. A modell szigorúan determinisztikus input-output feltételrendszerre épül, azonban meglehetősen érzéketlen a kereslet várható nagyságára vonatkozó becslés pontatlanságára. Az optimális rendelési mennyiséget a teljes költség minimalizálásával számolja azonnali utánpótlást (*zero lead time*) feltételezve. A teljes költség és az alkalmazott három költségtípus (rendelési költség, beszerzési költség, készletezési költség) kapcsolatát mutatja be a következő ábra:



7.4. ábra. Költségtípusok kapcsolata az EOQ modellben

A Whithin-féle alapmodellt Arcelus és Srinivasan fejlesztette tovább három különböző típusú profitfüggvénnyel, amelyhez deriválás alapú megoldási technikát alkalmazott. Cheng [24] tárolási kapacitás szempontok, és raktár beruházási korlátokkal bővítette tovább a klasszikus modellt. Lineáris típusú igénygörbe alkalmazásával Chen-hez hasonló célfüggvényeket dolgozott ki, amelyben olyan megoldást biztosítottak, amely nem iteratív jellegű, és minden esetben garantálja az optimális készletezési mennyiség megadását.

A készletgazdálkodás az ellátási láncok menedzselésében manapság még fontosabb szerepet kap. Az informatika rohamos fejlődésével egyre nagyobb szerephez jutnak az ERP és SCM alkalmazási rendszerek, amelyekben az adatbázis alapú tranzakciókon túlmutató analitikus megoldások is helyet kaphatnak. Következésképpen a soktermékes, és sokszereplős dinamikus rendszerek kezelhetővé váltak különböző operációkutatási módszerek (pl.: korlátozás programozás) alkalmazásának segítségével. Gyors döntéseknél és „mi lenne ha?” típusú elemzésekben azonban továbbra is nagy szerepe van az analitikus eredményeken és heurisztikákon alapuló megoldásoknak.

Az alábbiakban, az irodalomban található több periódusos (*multi-period*) modellek csoportosítása látható. Az első táblázatban a csoportosítási jellemzők és a hozzájuk tartozó kódok találhatóak, a másodikban pedig a modelleket foglaltuk össze a következőképpen:

Az osztályozási rendszer jelmagyarázata

Elements	Code	Description	Codes
Prices	(\$)	Dynamic, Fixed	D, F
Demand Type	(DT)	Deterministic, Stochastic	D, S
Demand Form	(DF)	Concave demand or revenue, Exponential, General, Linear Multiplicative, Non-linear, Poisson	C, E, G, L, M, NL, P
Demand Input	(DI)	Price, Time, Inventory Sales, Ads, Products, Market Production, Reservation Price	P, T, I
Sales	(Sa)	Backlogged, Lost, Neither	B, L, n
Restocking	(R)	Yes/No	Y, N
Set-up costs	(Se)	Yes/No	Y, N
Capacity limits	(CL)	Yes/No	Y, N
Products	(# P)	Single, multiple	S, M
All Categories		Other	O

„Multi-period” modellek csoportosítása [22]

Reference	\$	(DT)	(DF)	(DI)	(Sa)	(R)	(Se)	(CL)	(# P)
Whitin (1955)	D	D	L	T, P	B	Y	Y	N	S
Thomas (1970)	D	D	G	T, P	n	Y	Y	N	S
Zabel (1972)	D	S	L, M	P	L	Y	N	N	S
Pakelman (1974)	D	D	L	T, P	n	Y	N	N	S
Thomas (1974)	D	S	G	T, P	B	Y	Y	N	S
Thowsen (1975)	D	S	G	T, P	o	Y	N	N	S
Cochan (1977)	F	D	G, L	P, I	B	Y	Y	N	S
Amihud & Mendelson (1983)	D	S	G, L	T, P	B	Y	N	N	S
Feichtinger & Hartl (1985)	D	D	Non-L	T, P	n	Y	N	N	S
Li (1988)	D	S	P	P	L	Y	N	Y	S
Lai (1990)	D	D	L	T, P	n	Y	N	Y	S
Lazear (1990)	D	S	O	P	L	N	N	N	S
Rajan et al (1992)	D	D	G, L	T, P, I	B	Y	Y	N	S
Sogomanian & Tang (1993)	D	D	G	P, T Sales	n	Y	Y	N	S
Gallego & van Ryzin (1994)	D	S	P, R	P	n	N	N	N	S
Feng & Gallego (1995)	D	S	P	T, I	N	N	N	N	S
Nestlin et al (1995)	D	D	G	Ads, T, Sales	N	both	N	N	S
Sethi & Zhang (1995)	D	S	P	Ads, T, Prodn	B	Y	N	Y	S

Abad (1997)	D	D	L	T, P	PB	Y	Y	N	S
Bitran & Mondschein (1997)	D	S	P	T, Res. P	L	N	N	N	S
Gallego & van Ryzin (1997)	D	S	P, R	P, Product	n	N	N	N	M
Bitran et al (1998)	D	S	P	T, Res. P	L	N	N	N	S
Smith & Achabal (1998)	D	D	G, E	T, P, I	n	Y	N	N	S
Smith et al (1998)	D	D	G	P, ads, Market	n	N	N	N	M
Cheng & Sethi (1999)	D	S	P	Sales	B	Y	N	N	S
Federgruen & Heching	D	S	C	T, P	B	Y	N	Y	S
Feng & Xiao (1999)	D	S	P	P	n	N	N	N	S
Gillbert (1999)	F	D	M, C	T, P	n	Y	Y	N	S
Feng & Gallego (2000)	D	S	P	T, I	n	N	N	N	S
Feng & Xiao (2000a,b)	D	S	P	T, I	n	N	N	N	S
Gilbert (2000)	F	D	M, C	T, P, Product	n	Y	N	Y	M
Datta & Paul (2001)	D	D	O	P, I	n	Y	Y	N	S
Biller et al (2002)	D	D	C	P, I, Product	L	Y	N	Y	M
Chan et al (2002)	D, F	S	G	T, P	L	Y	N	Y	S
Chen & Simchi-Levi (2002a, b, 2003)	D	S	G	T, P	B	Y	Y	N	S
Kachani & Perakis (2002)	D	D	O, L	P, I	n	Y	N	Y	M
Elmaghraby et al (2002)	D	D	O	all P	L	N	N	N	S
Bernstein & Federgruen (2002)	F	D	L	all P	N	Y	Y	N	S

A táblázat alapján jól megfigyelhető, hogy csak néhány modell képes több terméket és több periódust is egyszerre figyelembe venni.

7.9 Az újságárus modell alkalmazása az igény szerinti tömeggyártásban

7.9.1 Analitikus megközelítés

A készletezési politikák kezelésére szolgáló és számításba vehető modellek teljes áttekintése túlságosan terjedelmes lenne. A modelleket időbeli tulajdonságaik alapján diszkrét és folytonos csoportba lehet sorolni. A diszkrét modellekben a döntések és az állapotváltozók értékváltozásai diszkrét, előre meghatározott időpontokban történnek. Szokásos ezeket esemény orientált modelleknek is nevezni.

A beszállító által használható sikeres készletezési modellekben a kritikus és az optimális raktárkészlet valamint a költség-optimalis raktározási politika, döntések sorozataként realizálódik, mely során döntések születnek arról, hogy mikor és mekkora mennyiségű termék gyártása történjen. Ilyen döntéseket minden beszállító cégnek hozni kell, amely szerződés alapján, készletekből elégít ki lehíváson alapuló igényeket. Fel nem használható és többlet gyártása esetén készlet finanszírozási és raktározási költségek, nem elegendő gyártása esetén pedig büntető (penalty) költségek jelennek meg. Ez utóbbiak modellezése különösen nehéz. Természetesen különböző modelleknek különböző célfüggvényei lehetnek, melyek segítségével akár egyfajta közös érdeket is ki lehet fejezni végszerelő és beszállító között. (együttes célfüggvények). Korlátozásként jelenhet meg a „hiány” szigorú meg nem engedése is (pl: rövid ciklusú JIT beszállító rendszer esetén). Jelen tanulmányban olyan modellt vizsgálunk, amely általánosságban megengedi a hiány kis kockázatát, de a büntető költségek emelésével ezek gyakorisága tetszőlegesen kicsivé tehető.

A büntető költségek fogalmát a készletezési politikában az irodalom három különböző módon használja.

1. Az első értelmezés szerint a beszállító büntető költséget fizet a ki nem elégített rendelések (lehívások) esetén, amely a végtermék-gyártó által elvesztett üzlet veszteségének átvállalását jelenti. Ez az eset az egyszerű, „hideg” vásárló-eladó viszony esetén is megjelenik (back-order költségek).

2. Egy második értelmezés szerint a beszállítónál keletkezett hiány mindenképpen növeli a teljes termelési lánc költségeit még akkor is, ha nincs konkrét elvesztett üzlet. A végtermék gyártónak ugyanis többlet belső tevékenységekkel, késztermék készletekkel, átütemezésekkel, stb. kell a beszállítói hiány következményeit elhárítani. Ez a fajta megközelítés már egyfajta „meleg” (kooperatív) kapcsolatot tételez fel a felek között.

3. A harmadik értelmezés szerint nemcsak a belső rendelések ki nem elégítése és az üzletvesztés, hanem a túlzottan nagy elfekvő, (esetleg már soha többé nem értékesíthető) készletek is veszteséget okoznak a teljes termelési láncnak, amelyet a feleknek közösen kell viselni. A felek ilyen szoros üzleti, termelési és logisztikai viszonya hosszú-távú érdekközösséget, egyfajta „virtuális vállalati” kapcsolatokat tételez fel. Jelen tanulmányban a modellekben megjelenő büntető költségének értelmezését a második típusra vonatkoztatjuk.

A modellben az igényt, amely a lehívási események alkalmával jelenik meg idő-függőnek, illetve véletlen valószínűségi változónak tételezzük fel, amely az előrejelzésekben várható értékével és eloszlás függvényével ismert. (A legegyszerűbb esetben minden t időpontban ez D_{min} és D_{max} között egyenletes eloszlású). Az igények előre meghatározott és ismert, fix periodicitással érkeznek a beszállítóhoz.

A beszállító készletezési politikájának elemeit és legfontosabb fázisait az alábbiakban foglaljuk össze:

Az igény eloszlási függvényének ismerete a módszer első számítási lépéséhez szükséges. Ebben a lépésben meghatározzuk a költségek szempontjából hosszú távon optimális, változó raktárkészletet. A továbbiakban a módszer második lépésként ennél a raktározási mennyiségnél kisebb raktárkészletre törekszünk a konkrét lehívások információjának felhasználásával. Ehhez egy olyan kritikus készlet-szintet határozunk meg, ahol egy lehívási periódusra a „gyártás” (feltöltés) és a „nem gyártás” (készletszint tartás) költségei megegyeznek. A módszer harmadik lépése maga a döntés, melynek során döntés születik egy gyártási (feltöltési) sorozat indításáról. Ha az aktuális raktárszint kisebb, mint a kritikus készletszint, akkor gyártani kell, egyébként nem kell tenni semmit a következő döntési eseményig.

A modell a beszállító oldaláról vizsgálja a problémát. A kollaborációs érdekek a paraméterek értékein keresztül jelennek meg a modellben. A modell célfüggvények bevezetése és megoldási módszerének bemutatása után ismertetjük az optimális politika megvalósításának lépéseit.

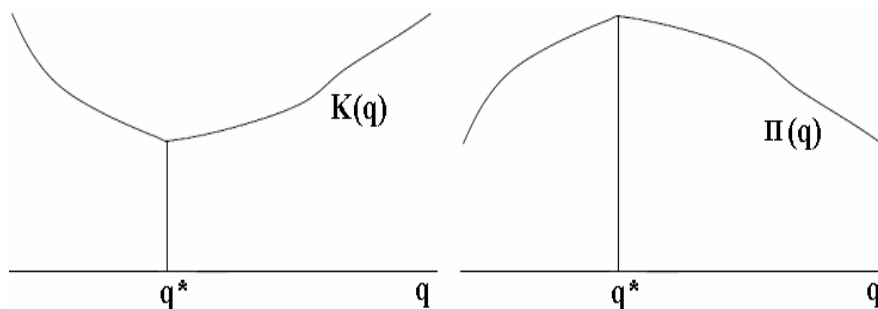
A vázolt paraméterek függvényében a továbbiakban bemutatjuk, hogy a klasszikus újságárus modell fix költség taggal kiegészített változata hogyan alkalmazható az igény szerinti tömeggyártásban. Az egy periódus lefedésére alkalmas modell célfüggvénye mind költség, mind profit oldalról egyaránt felírható. Jelen jegyzetben egy periódus időtartam alatt egy naptári hét értendő. A probléma profitfüggvénye tehát a következőképpen fogalmazható meg:

$$\pi(q) = (c_r - c_v) \cdot E[\min(D, q)] - (c_v - s_v) \cdot E[\max(q - D, 0)] - c_f. \quad (7.1)$$

A költség oldalról megközelítve pedig a következő célfüggvényhez jutunk:

$$K(q) = c_f + c_v(q - x) + pE[\max(D - q, 0)] + hE[\max(q - D, 0)]. \quad (7.2)$$

A következő ábra a célfüggvények jellegét mutatja be, ahol az optimum helyét q^* jelöli.



7.5. ábra. A célfüggvények jellege

Mind a profit, mind pedig a költség oldali megközelítés önmagában véve, modell szinten analóg egymással. Bármely költség alapon megfogalmazott megoldás, összefüggés felírható profit alapú politika esetén is. A legfontosabb eredmények matematikai formuláinak levezetése a függelékben profit alapon is megtalálható.

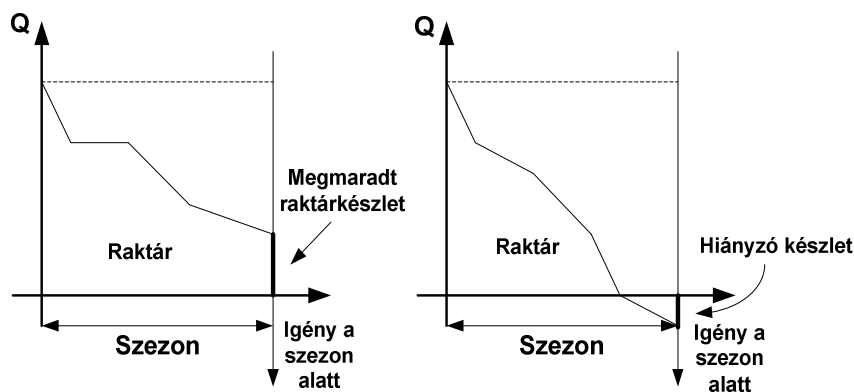
A jegyzet további részében a hangsúlyt a költség alapú politikára fektetjük. Megvizsgáljuk a függvények tagjait és meghatározzuk az optimális készletezési politikát.

7.9.2 A célfüggvények összetevői

A profit szempontú megközelítés függvénye öt fontos tagból tevődik össze. Az első tag: $c_r - c_v$ a profit küszöb minden eladott termék után. Egy terméket egyszer lehet eladni, és csakis annyit, amennyi a raktáron lévő mennyiség. A beszállító legfőbb profitját így a $(c_r - c_v) \cdot E[\min(D, q)]$ összefüggés adja. A beszállító azonban pénzt veszít a raktáron megmaradt termékek esetén. Ez akkor következik be, amikor a beérkező igény kevesebb, mint a tárolt mennyiség. A termékenkénti veszteség értékét a harmadik tag, $c_v - s_v$ fejezi ki. A megmaradt termékek darabszámát pedig az $E[\max(q - D, 0)]$ tag adja. c_f értelmezése megegyezik a költségfüggvényben alkalmazott *setup* költséggel. Természetesen $s_v < c_v < c_r$ minden esetben. s_v értéke negatív is lehet, ekkor a termékenkénti tárolási költséget, $h = -s_v$ fejezi ki. A (7.1) összefüggés kifejezi tehát, hogy a beszállító profitja egyenlő a termékek eladásából származó profit és a megmaradt termékek költségének különbségével.

A költség alapú (7.2) egyenlet első tagja kifejezi, hogy minden sorozat gyártásának indítása valamilyen fix költséggel jár, amely egy új gyártási sorozat indítási költségét fejezi ki. A második tag a gyártandó termékek változó költségét mutatja. Mivel feltételezzük, hogy a raktárban már x darab késztermék rendelkezésre áll, ezért egy gyártási döntés $m = q - x$ darab termék legyártását fogja eredményezni.

A költségfüggvény harmadik tagja az úgynevezett büntető (back-order) költség, amely a kielégítetlen igényből származó költséget szimbolizálja. A költségfüggvényben szereplő $\max(x, 0)$ függvény, akkor lesz nullától eltérő, ha az igény nagyobb, mint a raktáron lévő mennyiség. Lehetnek természetesen olyan esetek, amikor nem megengedett a back-order. Ezt úgy lehet figyelembe venni, hogy a modell p paramétere magas értéket kap. Az egyenlet utolsó tagja azt a készletezési többlet (holding) költséget adja meg, amely akkor keletkezik, ha az igény kevesebb volt, mint a raktárban lévő késztermék mennyiség. Ha az igény több, mint a már legyártott késztermék mennyisége, akkor természetesen nincs többlet tárolási költség, mivel a raktár kiürül a rendelés teljesítése után. A következő ábrán mindez vizuálisan is megfigyelhető:



7.6. ábra. Az igény és raktározási mennyiség kapcsolata

Látható, hogy a modellben két ellenérdek találkozik: Az egyik a termékek raktáron való tárolása, amely a gyártási mennyiség növelésével érhető el. Természetesen ez többlet-tárolási költséggel, forgótöke lekötéssel jár. A másik a hiány kockázatának viselése, amely azt jelenti, hogy kevesebb terméket raktározunk. Fontos észrevenni azt, hogy egy termék hiányának költsége nem egyenlő a termék árával, hanem attól magasabb. Akár még a vásárló elvesztésével is járhat.

7.9.3 Az optimális és kritikus raktárkészlet meghatározása

Az optimális raktárkészlet meghatározás a fenti költségfüggvény alapján, egy szélsőérték számítási feladat, ahol cél, a függvény minimumának megtalálása:

$$\frac{dK(q)}{dq} = \frac{d}{dq} (c_f + c_v(q-x) + pE[\max(D-q, 0)] + hE[\max(q-D, 0)]) = 0. \quad (7.3)$$

A fenti összefüggésből a $q=S$ optimális értékre (hosszadalmas levezetés után, a részletes levezetés a mellékletben található) indirekt összefüggést kaptunk. A bonyolultságot a \max operátorok és az E várható érték operátor kezelése okozza. A hosszú távon költség optimális késztermék mennyiség a következő összefüggés alapján számítható:

$$F(S) = \frac{p - c_v}{p + h}, \quad (7.4)$$

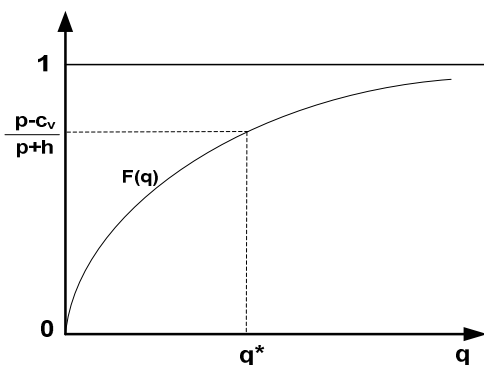
ahol $F(D)$ az igény eloszlásfüggvénye. Az S értéke kifejezi azt a paramétereknek megfelelő optimális mennyiséget, amelynek a raktáron kell lennie az igény megjelenésekor. A megoldás láthatóan a három költség típus arányaként értelmezhető, amely kisebb átalakítás után a következő szemléletesebb formára hozható:

$$F(S) = \frac{p - c_v}{(p - c_v) + (h + c_v)}, \quad (7.5)$$

azaz definíció szerint:

$$P(D \leq Q) = \frac{P(D \leq Q)}{P(D \leq Q) + P(D > Q)} = \frac{\text{hiány költség}}{(\text{hiány költség}) + (\text{többlet költség})}. \quad (7.6)$$

A szemléletes forma jól mutatja a modellben megjelenő két alapvető költségcsoportot. Az optimálási feltételben $\xi := (p - c_v)/(p + h)$ egy kritikus faktor (CR – critical fractile ratio), amely a ki nem fogyás valószínűségeként értelmezett (In-Stock probability). Tehát: $\xi = P(\text{Demand} \leq q)$. Definíció szerint annak a valószínűsége, hogy az adott periódusban minden igényt ki tud elégíteni a beszállító. Gyakran periódus kiszolgálási szintként (Cycle Service Level - CSL) ismert. A CSL jellegét a 7.7. ábra szemlélteti:



7.7. ábra. CSL jellege

Természetesen a CSL ismeretében a kifogyás valószínűsége (*Stockout probability*) is meghatározható: $\zeta = 1 - F(S) = 1 - \xi$. A megoldásban megfigyelhetjük, hogy ha $p < c_v$, akkor a feladat matematikailag nem értelmezhető, hiszen ekkor $F(S) < 0$ lenne, amit az eloszlásfüggvény definíciója nem enged meg. A valóságban ez azt jelenti, hogy a „nem gyártás” során keletkezett büntető költsége kevesebb, mint a gyártásé. Ennek értelmében a beszállító nem fog gyártani semmit, inkább viseli a büntetés következményeit.

Könnyű belátni, ha éppen nem áll rendelkezésre az igényt kielégítő mennyiség, akkor nem feltétlenül kell gyártani, mivel a gyártásindítás egy olyan fix költséggel jár, ami a kis mennyiség gyártását költségessé teszi. Ebből következően belátható, hogy biztosan létezik egy olyan kritikus mennyiség, ami kisebb a fent definiált értelemben optimális (S) késztermék mennyiségétől, de ezt a mennyiséget választva érdemesebb elviselni a büntetés (*back-order*) kockázatát. Azt a pontot, ahol annak a döntésnek a költsége, hogy gyártunk, és annak a döntésnek a költsége, hogy inkább vállaljuk a back-order kockázatát egyenlő, nevezzük kritikus raktárszintnek (s). A kritikus raktárkészlet használata azonban a gyakorlatban már kollaborativitási kérdéseket vet fel, amely az együttműködő partnerek szerződéses viszonyától nagymértékben függ. A szakirodalomban a készletgazdálkodásnak ezt a fajta megközelítését (S,s) politikának nevezik. A továbbiakban a kritikus raktárkészlet meghatározásának módszerét mutatjuk be részletesen, amely során belátható, hogy optimális készletezési mennyiség és a kritikus raktárkészlet együtt alkotják a beszállító optimális készletezési politikáját.

A cél ezek után olyan kritikus (*critical*) készlet meghatározása, amely valószínűleg kisebb, mint a hosszú távú költségoptimalis raktárszint. Ha ennél kevesebb termék van a raktáron, akkor érdemes csak növelni a készletet az optimalis szintre.

Vezessük be $L(q)$ jelöléssel a csonkított, kockázati költség-függvényt, amely a back-order és a készletezési költségek összege:

$$L(q) = pE[\max(D - q, 0)] + hE[\max(q - D, 0)]. \quad (7.7)$$

Tegyük fel, hogy a kezdő raktárkészlet kevesebb az optimalisnál, azaz $x < S$. Ha megnöveljük a készletet az optimalis szintre, akkor a teljes költség:

$$K(S) = c_f + c_v(S - x) + L(S). \quad (7.8)$$

Ha nem történik gyártás, akkor viszont csak a kezdő raktárkészlettel (x) kell számolni, tehát $L(x)$ -el. Ha az $L(x) \leq K(S)$ feltétel teljesül, akkor nem kell gyártani, mivel a fix (*setup*) és a változó költségek megnövelnék a beszállító költségét. A kritikus raktárszint meghatározása tehát az $L(x) \leq K(S)$ összefüggés átrendezése segítségével történik a következőképpen:

$$\begin{aligned} L(x) &\leq c_f + c_v(S - x) + L(S), \\ L(x) &\leq c_f + c_v S - c_v x + L(S), \\ L(x) + c_v x &\leq c_f + c_v S + L(S). \end{aligned} \tag{7.9}$$

Jelöljük a kritikus raktárszintet s - el. Ekkor az egyenlet a következőképpen módosul:

$$L(s) + c_v s = c_f + c_v S + L(S), \tag{7.10}$$

ahonnan s meghatározható. A kapott megoldás értelmében, tehát ha a beszállító raktárkészlete a kritikus szint (s) alá süllyed, akkor $m = S - x$ mennyiségű terméket kell gyártani. Ellenkező esetben nem szabad gyártani, mert ekkor a gyártás költsége magasabb, mint a nem gyártásé.

7.9.4 Mintafeladat

A továbbiakban egy példán keresztül illusztráljuk, hogyan lehet a gyakorlatban alkalmazni az itt bemutatott modellt illetve módszert:

Tegyük fel, hogy egy termékre való igény egy egyenletes eloszlást követ, melynek határai 10 és 20. A back-order költség minden elem esetén legyen $p = 10$ egység, és a változó költség pedig $c_v = 4$. A raktározási költség $h = 2$ egység elemenként. A gyártási költség fix, $c_f = 30$. A kérdés a következő: mi az optimális raktározási és gyártási politika?

A legelső feladat az optimális gyártási mennyiség (*order-up to quantity*) meghatározása a (3) szerint:

$$F(q) = \frac{p - c_v}{p + h} = \frac{6}{12} = 0,5.$$

Valójában a kapott érték egy függvényérték, amelyből meghatározhatjuk az optimális mennyiséget úgy, hogy az eloszlásfüggvényből visszafelé számolunk:

$$q = F^{-1}(0.5).$$

Ez eredmény a feladatban megadott egyenletes eloszlás esetén 15, ami rögtön látható abból, hogy a 0.5 megfelel a tartomány felének. Jelöljük az optimális mennyiséget S -el: $S = 15$.

A következő lépés a kritikus raktárszint meghatározása a fent vázolt módszerrel. Be kell látni, hogy a $L(q)$ függvény különböző q mennyiségek esetén különbözőképpen számítható:

- Amennyiben a késztermék mennyiség a lehetséges igény minimuma és maximuma között van ($10 \leq q \leq 20$) akkor:

$$L(q) = 10E(D - q)^+ + 2E(q - D)^+ = \\ = 10 \int_q^{20} (x - q) \frac{1}{10} dx + 2 \int_{10}^q (q - x) \frac{1}{10} dx = \frac{1}{2} (20 - q)^2 + \frac{1}{10} (10 - q)^2.$$

- Ha a késztermék mennyiség kevesebb, mint a lehetséges igény minimuma, akkor a második tag kiesik, mivel ekkor nincs raktározási költség. Tehát ha $0 \leq q \leq 10$, ekkor:

$$L(q) = 10E(D - q)^+ = 10E(D - q) = 10(E(D) - q) = 150 - 10q.$$

- Ha a késztermék mennyiség több mint a lehetséges igény maximuma, $q > 20$, ekkor pedig csak raktározási költségről beszélünk:

$$L(q) = 2E(q - D)^+ = 2E(q - D) = 2(q - E(D)) = 2q - 30.$$

Tegyük fel, hogy a kezdeti raktárszint kisebb, mint az optimális $x < 15$. Ha $S - x$ darabot gyártunk, ezzel a várható teljes költség:

$$c_f + c_v(S - x) + L(S) = 30 + 4(15 - x) + L(15) = 90 + 15 - 4x = 105 - 4x.$$

Ha a kezdeti raktárszint $x = 0$ (azaz nincs semmi a raktárban), akkor b. variációba 0 – át helyettesítve, $L(0) = 150$ kapunk. Ebben az esetben mindenképpen olcsóbb, ha gyártunk, és 15 darabot érdemes gyártani ahhoz, hogy a raktárszintet $S = 15$ –re emeljük.

Ha a pillanatnyi raktárszint $x = 10$, akkor

$$L(10) = 10(E(D) - 10) = 50 < 105 - (15 - 5)4 = 105 - 40 = 65.$$

Jól látható, hogy ebben az esetben az olcsóbb döntés az, ha nem gyártunk semmit, mert a gyártás költsége magasabb, mint a nem gyártásé. Emiatt a kritikus raktárszint s valahol 0 és 10 között van. Ahhoz, hogy az s értéket megkapjuk, legyen $L(s) = 105 - 4s$. Ebből utána már adódik, hogy $L(s) = 150 - 10s$. A (8) – as összefüggést alkalmazva a következő egyenlethez jutunk:

$$150 - 10s = 105 - 4s,$$

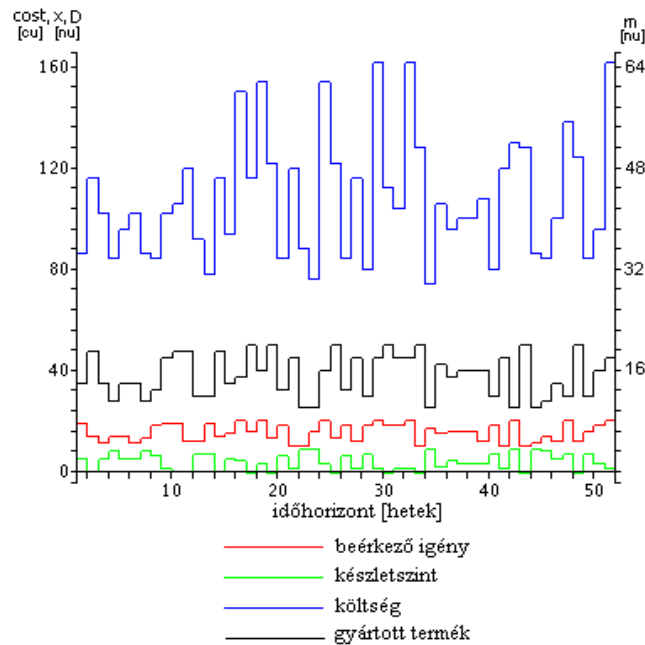
amit s – re megoldva adódik, hogy $s = 7.5$. Tehát az optimális politika a következő: ha a kezdeti raktárszint $x < 7.5$, akkor gyártani kell $15 - x$ egységet. Egyébként nem kell tenni semmit.

7.9.5 Szimulációs módszer a politika ellenőrzésére

A továbbiakban a megoldott feladatot ellenőrizzük 52 hetes szimuláció segítségével. A modellben a beszállító és vevő között kollaboratív kapcsolatot teteleztünk fel. Ez azt jelenti, hogy hiány keletkezése esetén a következő gyártási ciklusban a beszállító köteles az előző ciklus hiányát pótolni. Ennek szankcióit és a kockázat megosztását a felek szerződése p

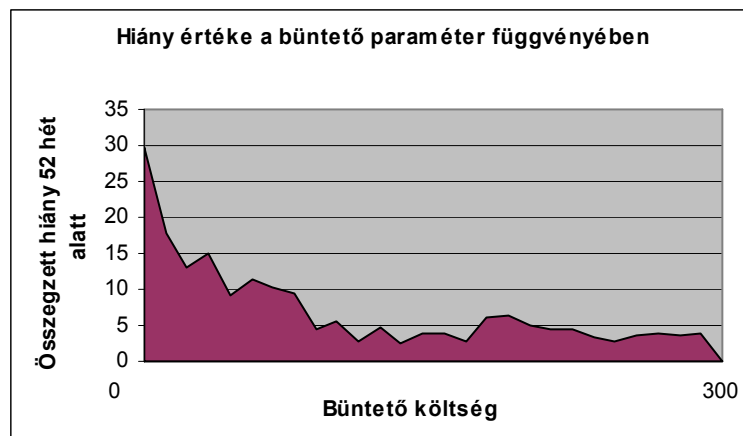
értékben fejezi ki. A szimuláció elvégzéséhez MAPLE matematikai programcsomagot alkalmaztunk. Az illusztratív példa jellegű szimulációt alapadatai a következők:

A termékekre való igény egyenletes eloszlást követ, 10 db/hét és 20 db/hét intervallumban. A back-order költség minden elem esetén $p = 50$ egység, és a változó költség $c_v = 10$ egység. A raktározási költség termékenként $h = 5$ egység / periódus. A gyártási költség fix része, $c_f = 30$ egység/sorozat. A szimuláció eredményét a következő ábra mutatja:



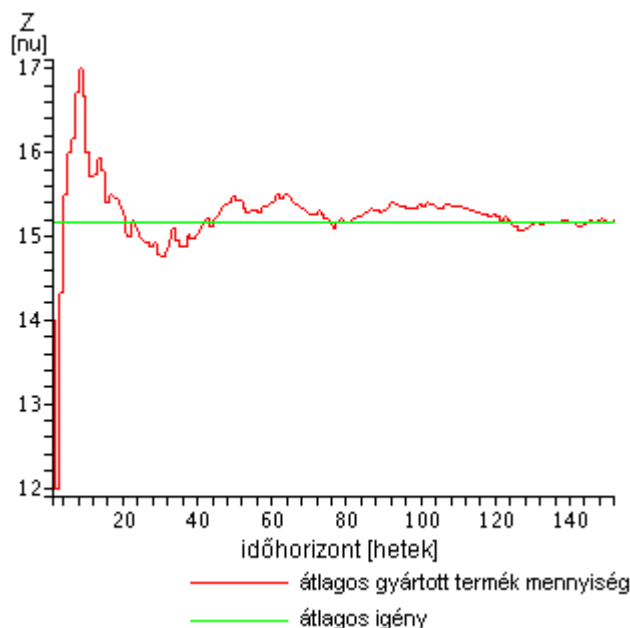
7.8. ábra. A beszállítói probléma szimulációs eredménye

Hiány és ezzel büntető költség keletkezik akkor, ha a beszállító raktárszintje negatív, ami egyben a back-order mennyiséget is jelent. Ez akkor fordul elő, amikor a készlet éppen az optimális és a kritikus raktárszint közé esik, mert ekkor nem történik gyártás. Ha az beérkező igény ekkor nagyobb, mint a raktári mennyiség, akkor természetesen hiány keletkezik. Valós feladatokban a termékek egy részére hiány (*lack*) nem, vagy minimális mértékben engedhető meg. Ezt úgy építhetjük be a modellbe, hogy a p paraméter értékét magasra állítjuk. A 7.9. ábra mutatja, hogyan csökken a büntetés fizetésének gyakorisága nullára, miközben a büntető költség növekedik.



7.9. ábra. Back-order gyakorisága a büntetés függvényében

A mérési eredményeket több szimuláció átlagából képeztük, ahol az igények az egyenletes eloszlásnak megfelelően véletlenszerűen változtak. Észrevehető, hogy a büntető költség növelésével vannak olyan esetek, amikor a hiány gyakorisága nem csökken. Ennek oka az egyenletes eloszlás szerinti rendelések határokra belüli értékének véletlenszerű változása. A szimulációs teszt jól mutatja, hogy a büntető költségek emelésével a kiszolgálási szint 100% -ra növelhető. Ez azt jelenti, hogy minden igény kielégítésre került. A büntető költségek emelésének másik következménye, melyet a további szimulációk segítségével igazoltunk, hogy a legyártott termékek hetenkénti átlaga aszimptotikusan közelít az igények hetenként értelmezett átlagához. Megvizsgáltuk, hogy ugyanazon igények, és paraméterek mellett milyen értékhez tart a beszállító által legyártott termékek darabszámának átlagértéke. A következő ábra egy 150 hetes szimuláció eredményét mutatja:



7.10. ábra. A beszállítói termékgyártás hosszú távú átlaga

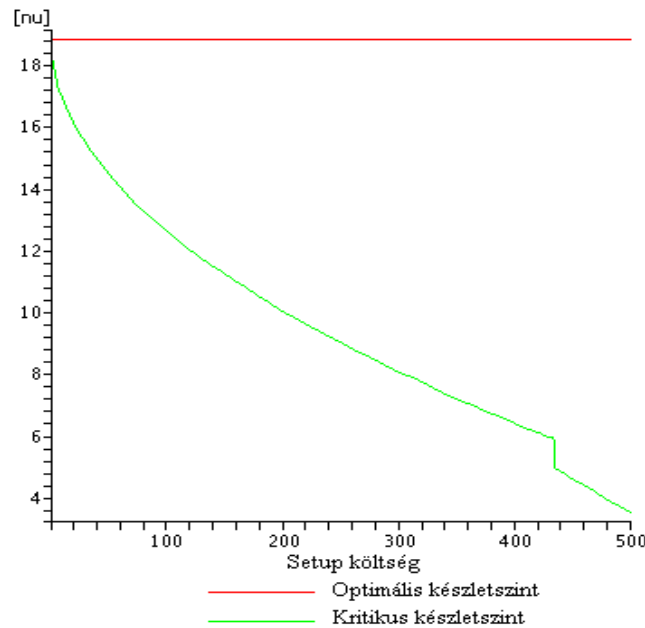
Az ábra y tengelyén a legyártott termékek átlagát ábrázoltunk az eltelt hetek függvényében. Jól látszik, hogy ahogy haladunk az időben előre, a legyártott termékeknek az eltelt hetekre vett átlaga egyre jobban közelít a teljes időintervallumra számított igények átlagához, míg el nem éri azt. A büntető költségek változtatásával természetesen más tranzien folyamatok is megvalósíthatók.

7.9.6 A beszállítói költségfüggvény paramétereinek szimulációs vizsgálata

A beszállítói probléma 52 hetes szimulációja után most a költségfüggvényben szereplő paraméterek vizsgálatára helyezük a hangsúlyt. Több szimuláció segítségével bemutatjuk, hogy az egyes paraméterek változása hogyan befolyásolja a kritikus és az optimális raktárkészletet.

Az első vizsgálatot a gyártási költség *fix* részének változására végezzük el. A feladatban alkalmazott paraméterek a következők: A termékekre való igény egyenletes eloszlást követ, 10 db/hét és 20 db/hét intervallumban. A back-order költség minden elem esetén $p = 50$

egység, és a változó költség $c_v = 10$ egység. A raktározási költség $h = 5$ egység / periódus. A szimulációban c_f értékét 0 - tól indítva 500 egység/sorozat -ig terjedően elemezzük. A következő ábra a szimuláció eredményét mutatja be:

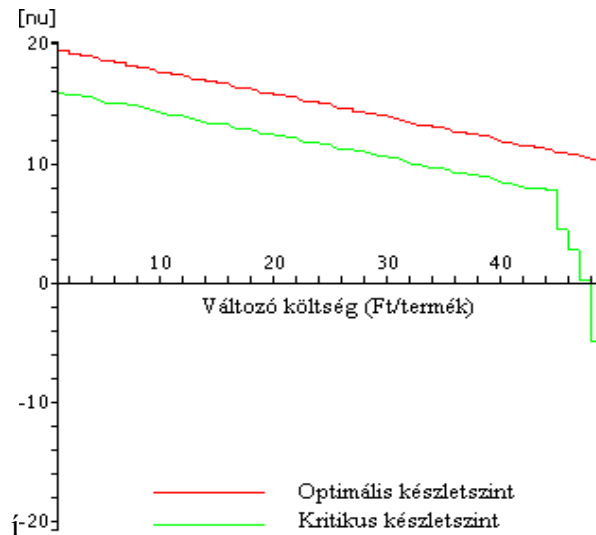


7.11. ábra. A kritikus és optimális raktárkészlet változása a fix költség függvényében

Az ábrán jól szembetűnik, hogy a gyártási fix költség növekedésével a definiált költség függvény értelmében optimális raktározási mennyiség nem változik. Ez valóban így van, hiszen a levezetés kapcsán láthattuk, hogy a szélsőérték számítás során kiesik az egyenletből. Ezzel ellentétben viszont jelentős hatása van a kritikus készletszint nagyságának változására, valamint a későbbiekben tárgyalt együtt gyártandó periódusok számának meghatározásában. Látható, hogy a fix költség növelésével a kritikus szint csökken. Ezt azt jelenti, hogy nő a raktárkészletek azon intervalluma (Optimális - Kritikus), amely esetén nem indítunk új sorozatot.

Következő szimulációnkban a változó költség értékének növekedését vizsgáljuk. Belátható, hogy a változó költség, c_v értékét csak a büntetés mértékéig szabad vizsgálni. A penalty -val egyező, vagy nagyobb értékek vizsgálata azért értelmetlen, mert ebben az esetben a beszállító inkább elviseli a büntetés költségét. Tehát nincs értelme gyártani. A szimulációban szereplő paraméterek a következők:

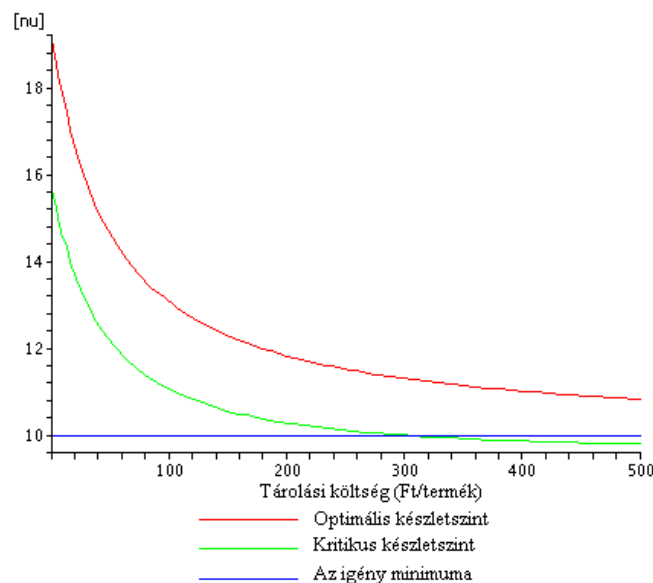
A termékekre való igény egyenletes eloszlást követ, 10 db/hét és 20 db/hét intervallumban. A back-order költség minden elem esetén $p = 50$ egység. A raktározási költség $h = 5$ egység / periódus. A gyártási költség fix része, $c_f = 30$ egység/sorozat. A változó költség értékét $c_v = 0$ egységtől a penalty értékéig vizsgáljuk, tehát $p = 50$ egységig. A szimuláció eredményét a következő ábra mutatja.



7.12. ábra. A kritikus és optimális raktárkészlet változása a változó költség függvényében

Az ábra jól mutatja azt a tényt, hogy a változó költség csökkentése mind az optimum, mind pedig a kritikus készletek csökkentésével jár. A büntető költség értékéhez érve látható, hogy a kritikus készletszint hirtelen lecsökken, azaz értelmetlenné válik a gyártás.

A következő vizsgálandó paraméter a tárolási költség, azaz értékének növekedése hogyan befolyásolja a kritikus és optimális készlet nagyságokat. A feladat paraméterei adottak: A termékekre való igény egyenletes eloszlást követ, 10 db/hét és 20 db/hét intervallumban. A back-order költség minden elem esetén $p = 50$ egység, és a változó költség $c_v = 10$ egység. A gyártási költség fix része, $c_f = 30$ egység/sorozat. A raktározási költség értékét $h = 0$ egység / periódus-tól $h = 500$ egység / periódus -ig növeljük. A szimuláció eredményét a következő ábra mutatja:

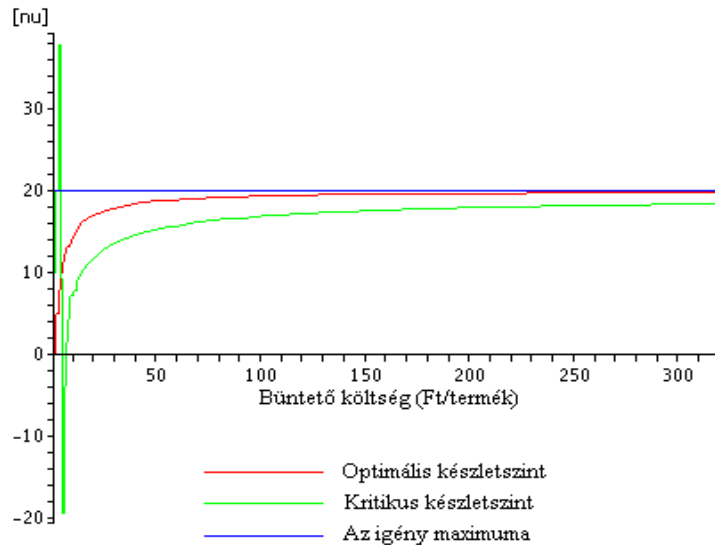


7.13. ábra. A kritikus és optimális raktárkészlet változása a tárolási költség függvényében

A tárolási költség növelésének eredménye jól látszik az ábrán. A növekedés eredményeképpen mind a kritikus, mind pedig az optimális készletszint értéke csökken,

amely jól mutatja azt, hogy az adott raktározási költségek mellett milyen mennyiségű árut kell gyártani.

További érdekes eredményt nyújt a következő szimuláció is. Itt a büntetés növekedésének a kritikus és optimális készletszintekre vonatkozó hatásait értelmezzük. A feladat paraméterei a következők: A termékekre való igény egyenletes eloszlást követ, 10 db/hét és 20 db/hét intervallumban. A változó költség minden termék esetében $c_v = 10$ egység. A raktározási költség $h = 5$ egység / periódus. A gyártási költség fix része, $c_f = 30$ egység/sorozat. A back-order költség értékét $p = 0$ egység -től $p = 350$ egység -ig növeljük. A szimuláció eredménye a következő ábrán figyelhető meg:



7.14. ábra. A kritikus és optimális raktárkészlet változása a tárolási költség függvényében

Korábban a 7.9. ábrán megfigyelhettük, hogy a büntető költség növelésével a back-order gyakorisága tetszőleges kicsire csökkenthető. A 7.14 ábra magyarázatul szolgál ennek, hiszen látható, hogy a büntető költség növelésével először az optimális raktárszint, majd a kritikus raktárszint is eléri az igények maximumát. Ebben az esetben bármilyen nagyságú igény esetén nem keletkezik back-order. Megfigyelhető az ábrán az is, hogy nincs értelme a gyártásnak, amíg a büntető költsége el nem éri a gyártási költségek értékét. Ezt a kritikus raktárszint vonalának első kiugró pontjai jelzik.

7.10 A raktározási probléma kiterjesztése több hét együttes gyártására

Az egy periódusra érvényes optimális készletezési politika tárgyalása jól mutatja, hogy a klasszikus modell setup költséggel bővített változata egy kitűnő készletgazdálkodási módszer. Kiválóan alkalmas minden olyan esetben, amikor minden periódusban történik gyártás és rendelés. Ezért az irodalomban legfőképpen rövidtávú döntések, a rövid élettartalmú termékek készletgazdálkodási problémáinak megoldására alkalmazzák.

A bemutatott modell ilyen formában azonban csak nehezen használható az igény szerinti tömeggyártás valódi készletezési problémáinak megoldására. A gyártás gyakorlati tapasztalatai egyértelműen alátámasztják, hogy nagy volumenű termékgyártás esetén nem

hetenként történik a gyártás. Természetesen ettől függetlenül a lehívások akár minden periódusban érkehetnek a beszállítóhoz. A nem periódusonkénti gyártás oka az erőforrások (pl.: gépek) setup költsége, amely általában a gyártás többi költségeihez képest egy magas érték. Nem ritka az a példa sem, amikor maga a setup költség magasabb a teljes gyártás költségénél.

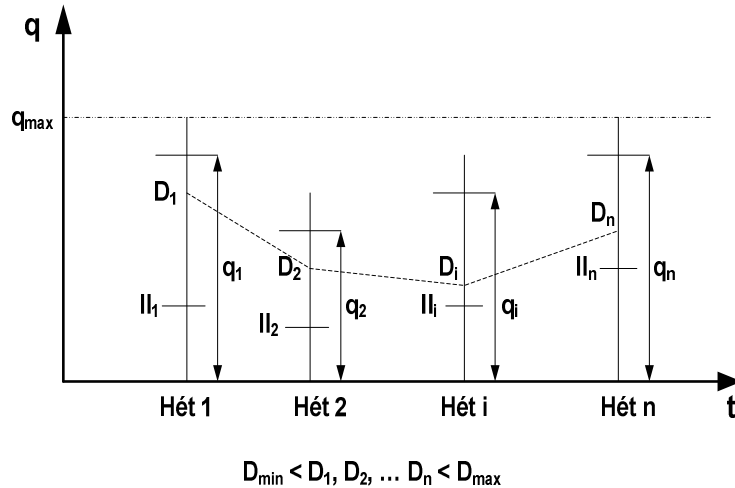
Első közelítésben a több periódusos gyártás célja úgy fogalmazható meg, hogy több periódus igényeinek megfelelő mennyiségek együttes gyártása a gépek egyszeri beállításával történjen. Ebben az esetben a gyártás egy setup költséggel terhelt. Könnyen belátható, hogy az egy periódusos gyártás ezek alapján egy szélsőséges esetnek tekinthető. További szélsőséges esetnek tekinthető az is, amikor túl sok periódus mennyiségeinek gyártása történik meg egyszerre. Ekkor ugyanis a tárolási költségek (pl.: forgótöke lekötés) értékeinek összege ad egy magasabb értéket. Az optimális megoldás e két szélsőség között helyezkedik el valahol. A több periódusos gyártás célja így kiegészítendő azzal, hogy megfelelő számú periódus igénymennyiségek együttes gyártása történjen egy setup-olással. A probléma megoldása egy időhorizontra értelmezve nyeri el teljes jelentőségét. Ekkor ugyanis egyfajta rekurzivitás érzékelhető, hiszen az időhorizont teljes hosszára nézve kell egy olyan készletgazdálkodási politikát felállítani, amely optimális együttgyártási periódusszámú részre bontja az időhorizont egészét. Az irodalomban található modellek többsége egy periódusos környezetre van tervezve. Ezen modellek több periódusra való kiterjesztésének megfogalmazása nem okoz nagy problémát. Szinte minden modell valamilyen kereső algoritmusokra támaszkodva nyújtja a megoldást néhány új feltétel bevezetésével. Ezek a módszerek azonban nem hatékonyak. Egy több száz terméket gyártó cég esetében az egyes termékekre vonatkozó optimális megoldások még a mai növekvő számítási kapacitás mellett sem garantálható.

A következőkben olyan módszereket és modellbeli bővítéseket mutatunk be, amelyek segítségével megvalósítható a több periódus együttes gyártásának problémája. A módszerek futásidejének összehasonlítása egyértelműen igazolja hatékonyságukat.

7.11 A beszállítói probléma vizsgálata a korlátozás programozás módszerével

A klasszikus egy periódusos modell több periódus együttes lefedésére való alkalmazásának első ötlete Herbert Scarf professzor nevéhez fűződik. Scarf javaslata szerint az egy periódusos költségfüggvényt alapul véve a probléma valamilyen optimum kereső eljárás felhasználásával oldható meg. A több periódus együtt gyártása végett ekkor csak egy setup költséggel terhelt a gyártás. Az algoritmus célja a keresési térben a legjobb megoldás, azaz a legkisebb költségű eset kiválasztása.

A több periódusos modell megoldása az úgynevezett korlátozás programozás (*constraint programming*) módszer segítségével kerül elvégzésre. Alkalmazása lehetőséget nyújt a probléma több hetes együttes vizsgálatán túl a különböző feltételek, és korlátok figyelembevételére is. Az eljárás a működése során heurisztikát nem alkalmazva végigfut a keresési tér lehetséges esetein és meghatározza a legkisebb költségű változathoz tartalmazó optimális készletezési politikát. A továbbiakban az értekezés a keresés technikai megvalósítását ismerteti. A következő ábra a raktárkészlet, és az igény változásait mutatja be egy tetszőleges hosszú (jelen esetben legyen n hét hosszú) periódusra vizsgálva:



7.15. ábra. A beszállítói raktár változása az igények függvényében

Az ábra vízszintes tengelye az időhorizontot reprezentálja hetekben kvantálva. Az y tengely a termékmennyiséget jelzi. Az egyszerre történő gyártási mennyiségek felső határát q_{\max} kapacitáskorlát maximálja. Igények minden héten érkeznek a beszállítóhoz, amelyeket D_i változók jelentik. Feltételezzük, hogy az igények egy meghatározott eloszlás szerint érkeznek. Egyenletes eloszlás alkalmazása esetén biztosan D_{\min}^i és D_{\max}^i határértékek közé esik a tényleges lehívási érték. Normális eloszlás esetén a várható érték (μ^i) és a hozzá tartó σ^i szórás adja a támpontot, ahol $i = 1, 2, 3, \dots, n$ az időhorizont heteinek a száma. A modellben a q_i jelöli az aktuális hét raktáron lévő termékmennyiségét. A cél ezen mennyiségekből az optimális megkeresése algoritmikus formában. Az II_i az i . hét gyártás előtti aktuális raktárszintje.

Az n hétre vizsgált beszállítói probléma optimális megoldása ezen feltételek mellett nem más, mint az egész időhorizontra vetített teljes költség minimalizálása. Az n hét együttes gyártásának célfüggvénye a setup költséggel bővített modell alkalmazásával így a következőképpen fogalmazható meg:

$$\sum_1^n Pr_i + \sum_1^n H_i + \sum_1^n P_i = \sum_1^n (Pr_i + H_i + P_i) \longrightarrow \min ,$$

ahol $Pr_i = C_f + C_v(q_i - II_i)$ jelöli az egyes hetekre vetített gyártás és setup költségét. Azt, hogy több hét együttes gyártásakor csak egy setup költség jelentkezik, a következő feltétel alkalmazásával érhető el:

$$\begin{cases} q_i - II_i > 0, & \text{akkor } C_f + C_v(q_i - II_i) \\ q_i - II_i \leq 0, & \text{akkor } C_v(q_i - II_i) \end{cases}$$

Az egyenlet további részében $H_i = h(\max(q_i - D_i, 0))$ fejezi ki az egyes hetekhez tartozó tárolási költséget, ahol az egyes költségértékek a következők:

$$H_i = h \int_0^{q_i} (q_i - x) f(x) dx = h \left[q_i \int_0^{q_i} f(x) dx - \int_0^{q_i} x f(x) dx \right] = h \left[q_i F(q_i) - \int_0^{q_i} x f(x) dx \right].$$

A megfelelő hetekhez tartozó hiány (*back-order*) büntető költsége a korábbiakhoz hasonlóan szintén felírható:

$$P_i = p \int_{q_i}^{\infty} (x - q_i) f(x) dx = p \left[\int_{q_i}^{\infty} x f(x) dx - q_i \int_{q_i}^{\infty} f(x) dx \right] = p \left[\int_{q_i}^{\infty} x f(x) dx - q_i (1 - F(q_i)) \right].$$

A költségfüggvény tagjaiban szereplő integrálok az eloszlásfüggvény tekintetében általános érvényűek, tetszőleges eloszlás esetén alkalmazhatók. Bármely típusú eloszlás alkalmazása esetén az integrálok „kibontására” van szükség. Példaként az egyenletes eloszlás alkalmazásának összefüggéseit mutatom be:

$$\int_0^{q_i} x f(x) dx = \begin{cases} 0, & q_i < D_{min}^i \\ \int_{D_{min}^i}^{q_i} x \frac{1}{D_{max}^i - D_{min}^i} dx, & D_{min}^i \leq q_i \leq D_{max}^i \\ \int_{D_{min}^i}^{D_{max}^i} x \frac{1}{D_{max}^i - D_{min}^i} dx, & q_i > D_{max}^i \end{cases}, \quad \int_{q_i}^{\infty} x f(x) dx = \begin{cases} \int_{D_{min}^i}^{D_{max}^i} x f(x) dx, & q_i < D_{min}^i \\ \int_{q_i}^{D_{max}^i} x f(x) dx, & D_{min}^i \leq q_i \leq D_{max}^i \\ 0, & q_i > D_{max}^i \end{cases},$$

$$F(q_i) = \begin{cases} 0, & q_i < a \\ \frac{q_i - a}{b - a}, & a \leq q_i \leq b \\ 1, & q_i > b \end{cases}.$$

A feladat megoldásához különböző korlátfeltételek bevezetésére van szükség. A korlátozás programozás eszközszerét kihasználva több, a valóságban is fontos korlátozó tényező figyelembe vehető. A megoldásban alkalmazott feltételek a következők.

Kapacitáskorlát: a beszállító meghatározott kapacitáskorláttal rendelkezik, amely a naponta legyártható termékek darabszámát jelöli. Az optimális termékszint meghatározása során ezen korlát figyelembevétele nélkülözhetetlen:

$$q_i - II_i \leq C, \text{ ahol } C \text{ a mindenkori kapacitáskorlátot jelöli.}$$

i+1. heti raktárszint meghatározása: Egy adott hétre rákövetkező hét aktuális raktárszintjét (II_{i+1}) mindig az i. heti igény várható értékének segítségével számoljuk. Az első hét raktárszintje paraméterként rögzített, tehát:

$$II_{i+1} = q_i - E(D_i).$$

A következő feltétel a raktáron lévő mennyiségekre vonatkozik. Csak azokat az eseteket vizsgáljuk, amikor az i . heti aktuális raktárszint kisebb, mint a meghatározandó. Fordított eset nem lehetséges. Tehát: $q_i > II_i$

A „dög” feltétele: Egy további feltételként dög veszélyének kérdését fogalmazhatjuk meg. Dög akkor keletkezik, ha a termékre vonatkozó igény valamely időtartam eltelte után megszűnik. Ilyenkor már nincs szükség a termékre a továbbiakban, raktáron maradt. A többé már nem felhasználható dög jelentős anyagi kárt okozhat a beszállító számára.

Tehát egy olyan feltételt kell alkalmazni, amelynek hatása dög esetén a teljes költségben megjelenik:

$$R \cdot \max(q_n - E(D_n), 0), \text{ ahol } n \text{ értéke az utolsó hetet jelöli, és } R > 0.$$

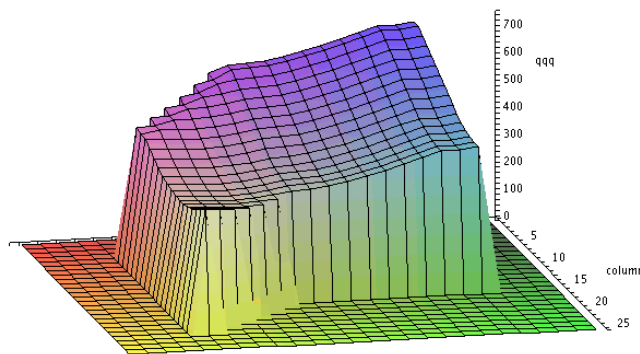
A módszer természetesen n különböző termék esetében is alkalmazható a következő kiegészítő feltétel használatával:

$$\left(\sum_{k=1}^n q^k_i - II^k_i \right) < C,$$

ahol k a termék sorszámát jelöli.

Ez a feltétel csak abban az esetben érvényes, ha a gépek összessége egyetlen egységes kapacitásnak tekinthető.

A következő ábra a beszállítói optimális politikájának keresési tere látszik két hét időtartamra és egy termékre vizsgálva. Az x és y tengely a különböző heteken legyártandó termékeket jelentik, a z tengely pedig a költségüket. Az ábrán jól látszik, hogy van optimum, mely a vázolt módszer segítségével meghatározható.



7.16. ábra. A keresési tartomány

A korlátozás programozás eszközével megfogalmazott feladat futási eredménye egy olyan $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ vektor, amely tartalmazza az egyes hetekhez rendelt raktározási mennyiséget. Ezen, és az i . heti raktáron lévő mennyiségekből (II_i) az időhorizonton minimálisan szükséges setup darabszám számolható.

A több periódusos együttes gyártás korlátozás programozással nyert megoldása a feltételeknek megfelelően minden esetben optimális. Hátránya azonban az, hogy a teljes keresési tér bejárása miatt nagyon lassú. Már egy termék esetén is gondot okoz egy kevésbé hosszú időhorizont készletezési feladatának megoldása.

7.12 A készletgazdálkodási probléma megoldása genetikus algoritmus segítségével

Az eddig ismertetett módszerek mellett a vázolt beszállítói probléma egy újabb megoldási lehetőségét mutatom be. A korlátozás programozás módszere nem nyújt eléggé gyors megoldást, ezért indokolt egy hatékonyabb keresési eljárás alkalmazása. A problémafüggetlen metaheurisztikák csoportjából (szimulált hűtés (*simulated annealing*), tabu keresés (*tabu search*), különböző hegymászók (*hill climbers*)) a genetikus algoritmust lett kiválasztva. Rövid áttekintése után ismertetjük az algoritmusra alapozott megoldást.

7.12.1 A genetikus algoritmus rövid áttekintése

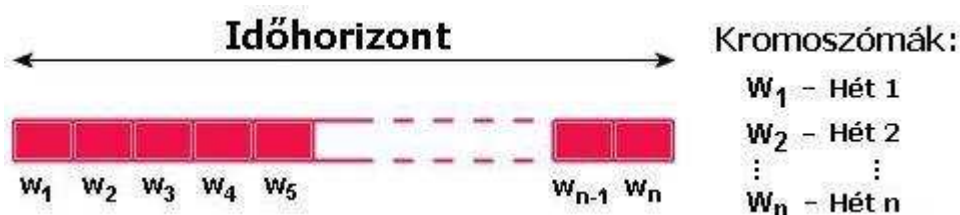
A genetikus algoritmus (GA) egy olyan metaheurisztika, amely általános keresési terekben végez kevés tudást igénylő optimalizálást. A genetikus algoritmusok globális optimalizáló, sztochasztikus algoritmusok. Robusztus struktúrájukból kifolyólag képesek olyan nehéz feladatokat is megoldani, ahol nem rendelkezünk területspecifikus leírással, ezért az algoritmus problémafüggetlen. Mivel sztochasztikus algoritmus, ezért a keresési tér csak reprezentatív képviselőit vizsgálja meg, így jól alkalmazható NP-teljes feladatokra és nagy keresési térrel rendelkező problémákra. A GA az adaptív keresési technikák osztályát képviselik, a hagyományos gyenge módszerekhez képest egy sor hatékony, terület-független keresési heurisztikát kínál fel, anélkül, hogy erősen terület-specifikus ismeretet igényelne. A természetes szelekció mechanizmusát szimulálják egy valószínűsített adatcsere segítségével, alkalmazva a darwini elvet: a legrátermettebb túlélése (*survival of the fittest*). A GA az evolúciós számítások egy részhalmaza, amelyek evolúciós technikákat alkalmaznak a számítási algoritmusokra. Az utóbbi évtizedben jelentősen megnőtt az érdeklődés a genetikus algoritmusok és általában az evolúciós számítások iránt.

7.12.2 Az algoritmus

A megoldandó feladat a korlátozás programozásnál megoldottal analóg: Adott a termelési időhorizont hosszúsága, ismertek az igények eloszlásfüggvényei, és a modell alkalmazásához szükséges paraméterek. Az algoritmus feladata annak meghatározása, hogy a beszállító mely heteken mennyi terméket raktározzon, valamint hogy melyik héten történjen gyártás és melyiken nem. A továbbiakban a probléma konkrét megvalósítását ismertetjük.

A genetikus modellezési elv szerint egy induló populáció létrehozása az első lépés, amely meghatározott számú egyedből áll. Az egyedek pedig kromoszómákból. Esetünkben ez a leképzés a következő:

Tekintsük egy egyednek a feladat egy megoldását, készletezési politikáját. A megoldás ekkor tartalmazza azt, hogy melyik héten mennyit raktározzon a beszállító. Az, hogy mikor történjen(ek) a gyártás(ok), a raktározott mennyiségekből és az igények várható értékéből számolhatók. A készletezési politika hetekből épül fel, amik az egyed kromoszómáját alkotják. A következő ábra szemléletesen mutatja az egyed felépítését:



7.17. ábra. A genetikus egyed

A kromoszómák száma mindig az időhorizont heteinek számával megegyező. Ebből következően rögtön belátható, hogy a számítási idő az időhorizont hosszának növelésével szintén növekedni fog. Új egyedek létrehozásakor az egyedek kromoszómainak értéke véletlenszám generátor segítségével kerül feltöltésre. A feltöltés természetesen a megadott határokon belül történik. A felső határ értéke kapacitáskorlát esetén maga a korlát értéke, az alsó határa pedig nulla. A $q_i - II_i \leq 0$ feltétel fennállásakor az adott héten nem történik gyártás csak tárolás és lehívás.

A genetikus modell második lépése a kezdeti induló populáció egyedeinek „versenyztetése”, és egy megadott számú legjobb egyedek szelektálása. A szelekció folyamatához szükséges az, hogy az egyes egyedek számszerű minősítéssel legyenek ellátva a megkülönböztetés végett. Ehhez egy rátermettségi függvény (*fitness function*) függvény kreálása nyújt segítséget, amely esetünkben az egész termelési időhorizont összköltségét jelenti. A költségeket az egy hetes költségfüggvénnyel számolva hetenként összegezve kapható a teljes időhorizont költsége. A fitness függvény segítségével mindig meghatározható a megadott számú legjobb egyedek csoportja. A függvény kiértékelésének ideje az időhorizont hosszától függően változik. A genetikus algoritmusokban alkalmazott szelekciós operátor problémafüggetlen és a rátermettséget veszi figyelembe. Az irodalomban számos különböző szelekciós operátorra található példa (pl.: rátermettség-arányos szelekció, rulettkerék szelekció, rang szelekció, verseny szelekció, véletlenszerű szelekció).

Adott számú legjobb egyed kiválasztása után következő lépésként ezen egyedek egy új populációját kell létrehozni. Az új populáció létrehozása legjobb egyedekből történik kereszteződés (rekombináció) és mutáció útján. Ennek folyamatát az irodalom többféleképpen tárgyalja, de most a készletezéshez szükséges egy változatot ismertetek.

7.12.3 Kereszteződés és öröklődés

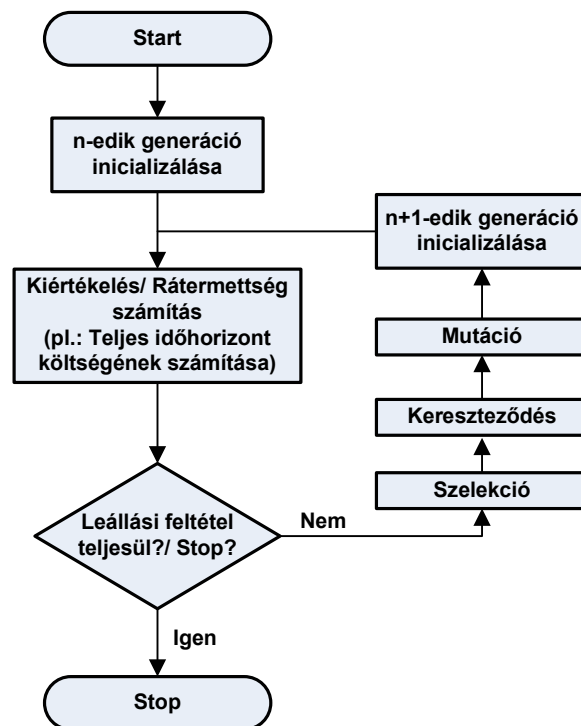
A rekombináció célja az, hogy a kiválasztott legjobb egyedekből keresztezve azokat létrejőjön egy új populáció. A kiválasztott csoportból véletlenszerűen két szülőt kiválasztva jön létre az új egyed. Jelen modellben a valóság jobb modellezése érdekében dinamikus párosítást valósítottam meg. Ekkor az új egyed a szülők kromoszómaikat véletlenszerűen és véletlen számban öröklí. Természetesen a rendszer paraméterekkel hangolható, de ezek mindig csak határértékeket jelentenek. Semmi sem garantálja azonban azt, hogy az így létrejött új egyed jobb a szüleinél, ezért az új populációba a szülők is átkerülnek. A legjobb egyed így mindig a populáció tagja marad, még akkor is, ha az összes új egyed rosszabb nála. Ez a megoldást az irodalomból ismert elitista (*elitist*) genetikus algoritmus fő jegyeit hordozza magán.

A genetikus modellezési elvnek két alapvető csoportja ismeretes: Az első csoportban a populáció egyedszáma változatlan marad az evolúciós folyamat során. A szülők és a párosított egyedek számának összege az induló populációjával lesz egyenlő. Ennél a módszernél általában a populáció száma nem nagy azért, hogy minél többször játszódjon le az evolúció folyamata (szelekció, párosítás, öröklődés, mutáció). Az iteráció addig folyik, amíg a populáció legjobb eleme már nem változik tovább egy előre megadott időtartam alatt. Az evolúciós gondolkodás másik csoportja ettől eltérő. Ennél a módszernél az induló populáció egyedeinek száma nagy. A párosítás, öröklődés és mutáció során mind kevesebb egyedszámú új populáció jön létre, így az egész folyamat végén csak egy, a győztes egyed marad. A beszállítói probléma során mindkét változatot megvalósítottam, de a hatékonyság és a pontosság szempontjából az első megoldás bizonyult jobbnak.

7.12.4 Mutáció

A mutáció egy genetikus operátor, amely a populációk kromoszómáinak genetikus diverzivitását tartja fenn. A mutáció a keresztezés folyamatában az új egyedbe átkerülő kromoszómák megváltozását jelenti. A célja az egyedek, a populáció frissítése, változatosság bevitele a populációba. Az optimumkeresésben a lokális optimumokba való be nem „ragadást” biztosítja. A készletezési feladat megoldása szempontjából ez úgy történik, hogy az öröklődésben (paraméterben szabályozott) véletlen számú, és véletlen helyű kromoszóma mutálódhat. Az érintett kromoszóma értéke véletlen számmal töltődik fel. A mutáció folyamatának bekövetkezési valószínűsége paraméter segítségével hangolható. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a mutáció nem túl gyakori alkalmazásával bizonyos iterációs számú fázis után a tényleges optimum mindig elérhető. A következő ábra a probléma genetikus algoritmussal való modellezését mutatja:

A beszállítói probléma genetikus algoritmussal való megközelítése tehát egy további megoldási módot jelent, amellyel a korlátozás programozásnál gyorsabb számítás érhető el. A feladat megoldásában 700 egyedszámú populációt, szelekciós operátorként a legjobb 200 egyed lett kiválasztva. Az 500 darab rekombináció a populációs egyedszámának fenntartását biztosította. A 0.2 valószínűségi gyakorisággal alkalmazott mutáció a lokális optimumokból való kimozdulást megfelelően segítette. A szimulációk során a korlátozás programozás minden esetben jó eredményt adott, a genetikus megközelítés viszont több esetben csak egy kvázi optimum megadására volt képes. Az abszolút hiba a tényleges optimumhoz képes egyszer sem érte el az 1%-ot. A genetikus algoritmus metaheurisztika a korlátozás programozáshoz hasonlóan jó lehetőséget nyújt a különféle korlátfeltételek alkalmazására is. Ebben az esetben a keresési tér tovább szűkül, viszont a rátermettségi függvény kiértékelése több időbe kerül.

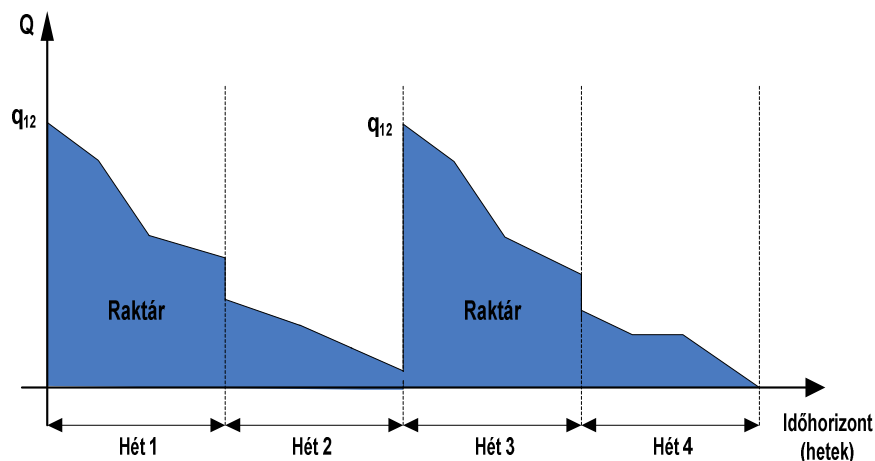


7.18. ábra. A genetikus algoritmus általános folyamata

7.13 Az újságáros modell kiterjesztése két hét együttes lefedésére

Az újságáros modell tömeggyártásban való alkalmazása megköveteli a több hetes együttes gyártás fogalmának bevezetését. A két bemutatott módszer, a korlátozás programozás és a genetikus algoritmus alapú megközelítés bár lehetővé teszi a probléma megoldását, a gyakorlatban sok termék esetében azonban nem nyújt hatékony és gyors megoldást. Több tíz, száz termék esetén a számítási idő rendkívül megnő.

A következőkben egy olyan modell kiegészítést vezetek be, amely új megközelítési módja miatt közvetlenül teszi lehetővé a több hetes gyártás bevezetését. Az irodalomban nem ismert új analitikus módszer segítségével valóban hatékonyabb és gyorsabb számítás érhető el. A kiterjesztett raktározási-gyártási politikát először a két hetes együttes gyártás esetén mutatom be. A célom az, hogy modell szinten egyértelműen belátható legyen, hogy a gyártás setup költségének, és a paraméter értékek függvényében a két hét együttes gyártásának költsége kevesebb lehet, mint a klasszikus értelemben vett periódusonkénti gyártásé. Azaz megvizsgálni, hogy létezik –egy olyan i . és j . egymást követő hét, amire igaz a következő összefüggés: $K_{ij} < K_i + K_j$. $i \neq j$, és $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, és $i = j - 1$. A beszállítót ekkor ugyanis csak egy setup költség terheli. A termékek gyártása természetes a periódus elején történik egyszerre. A következő ábra a két hetes gyártás modelljét mutatja be:



7.19. ábra. Két hét együttes gyártásának modellje

A két hét együttes költségeinek meghatározására kiegészített költségfüggvény így a következőként írható fel:

$$K_{12}(q_1, q_2) = c_f + c_v[(q_1 + q_2) - x] + hE[(q_1 + q_2) - D_1]^+ + \\ hE[(q_1 + q_2) - D_1 - D_2]^+ + pE[D_1 - (q_1 + q_2)]^+ \\ + pE[D_2 + [D_1 - (q_1 + q_2)]]^+.$$

A függvény tagjai az (7.2) összefüggéshez hasonlóan értelmezhetők. Az első tagja a gyártás setup költségét jelenti. Együttes többheti gyártásnál csak az első héten van gyártás, így csak egy setup költség szerepel. Két hét együttes gyártása esetén a második hét szükséges mennyisége is az elsővel együtt kerül legyártásra, így a legyártandó mennyiségek összeadódnak ($q_{12} = q_1 + q_2$). Ezt jelzi második tag, ahol x a kezdeti raktárkészletet jelenti. A

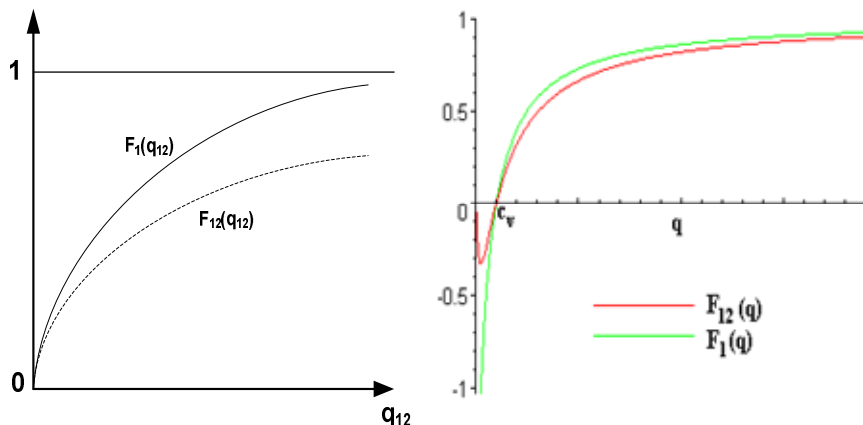
harmadik tag szimbolizálja azt az első heti tárolási költséget, ami az első heti igény és a raktáron lévő mennyiségek különbségeként jelentkezik. Ha az első heti igény kisebb, mint a raktáron lévő mennyiség, akkor jelenik meg a második heti raktározási költség. Ez a költség csak akkor jelentkezik, ha az első hétről megmaradt mennyiség nagyobb, mint a második heti igény. Ezt a negyedik tag fejezi ki. Az ötödik tagban az első hét ki nem elégített igényeinek költsége jelenik meg. Ha az első hét igénye nagyobb a raktáron lévő mennyiségnél, akkor büntető költsége keletkezik. Hiány azonban nem csak az első héten keletkezhet, hanem a másodikon is. Ennek költségét az utolsó, bonyolultabb tag fejezi ki. A függvény utolsó tagjának bonyolultsága miatt egyszerűsítő lépésekre van szükség. Feltételezzük, hogy az egyes heteken történő lehívások függetlenek egymástól. Független valószínűségi változóként értelmezve és a függelékben alkalmazott szabályokat, észrevételeket figyelembe véve a büntető költség hetenként külön számolható. Ez azt jelenti, hogy a két hét együttes várható büntető költsége egyenlő, az egyes hetek várható büntető költségeinek összegével. Az egyszerűsítéssel a célfüggvény alakja a következő:

$$K_{12}(q_{12}) = c_f + c_v[q_{12} - x] + hE[q_{12} - D_1]^+ + hE[q_{12} - D_{12}]^+ + pE[D_{12} - q_{12}]^+.$$

Az egyenlet formáján jól látszik, hogy matematikai szempontból a problémát visszavezettük az egy hetes gyártás problémájára. Hasonlóan szélsőérték számítási feladatként értelmezve és megoldva a feladatot a következő összefüggéshez jutunk:

$$F_{12}(q_{12}^*) = \frac{p - c_v - hF_1(q_{12}^*)}{h + p}.$$

Az összefüggésben $S_{12} = q_{12}^*$ mennyiség – ami esetén az egyenlőség fennáll – kifejezi, hogy mennyi készterméknek kell a raktáron lennie a vevői igény megjelenésekor két hetet együttesen vizsgálva. A megoldásban F_{12} jelenti az igények együttes eloszlásfüggvényét, F_1 az első heti igény eloszlásfüggvénye. A két hét együtt gyártásának kritikus faktora (CSL) ekkor $\xi_{12} := [(p - c_v) - hF_1(q_{12}^*)]/(p + h)$, amelynek jellege az egy periódusos CSL jellegével együtt a következő két ábrán figyelhető meg:



7.20. ábra. Két hetes együttes gyártás kritikus faktorának jellege

A jobb oldali ábrán jól látszik, hogy függvényértékek a negatív tartományból indulnak. Ez abban az esetben lehetséges, amikor a CSL tört számlálója negatív értéket vesz fel. Az

eloszlásfüggvények csak a $[0,1]$ intervallumon értelmezettek, ezért ez azt jelenti, hogy amíg a büntető érték el nem éri a c_v értékét, nem történik gyártás.

A hetenkénti gyártás modelljénél bevezetett kritikus raktárkészlet fogalma a kiterjesztett modell esetében is alkalmazható. A kritikus készlet az optimális raktározási mennyiségek meghatározása fölé egy újabb döntés szintet téve adja az optimális készletezési politikát. Az optimális mennyiségtől kisebb készlet meghatározása analóg az egy hetes megoldással. A csonkított függvény ekkor a második hétre vonatkozó tagokat is tartalmazza. Jelöljük, most $L_{12}(q_{12})$ – val a büntető és a tárolási költségek összegét két hétre vizsgálva:

$$L_{12}(q_{12}) = hE(\max(q_{12} - D_1, 0)) + hE(\max(q_{12} - D_2, 0)) + pE(\max(D_{12} - q_{12}, 0)).$$

Ettől a kezdő lépéstől kezdve, a megoldási módszer minden lépése ismert az egy hetes példa analógiája alapján. A cél az $L(S_{12}) + c_v S_{12} = c_f + c_v S_{12} + L(S_{12})$ egyenlet megoldása s_{12} – re nézve, ahol s_{12} jelöli a kritikus raktárkészlet szintet, és S_{12} pedig az optimális raktározási mennyiséget.

7.14 Mintafeladat

A következő mintapéldán keresztül bemutatom a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát. A példa követi az egy hetes gyártásnál alkalmazott gondolatmenetet. A feladat paramétereinek értéke a következők:

A termékre való igény egyenletes eloszlást követ, melynek határai mindkét hét esetében azonosak: $D_{1\min} = 10$, $D_{1\max} = 20$, $D_{2\min} = 10$ és $D_{2\max} = 20$. A hiány büntető költsége legyen $p = 50$ egység, és a változó költség pedig $c_v = 4$. A raktározási költség $h = 2$ egység. A gyártási fix költség, $c_f = 70$.

A kérdés a következő: mennyi lesz az optimális raktározási mennyiség, ha két hét mennyiségét egyszerre kell legyártani? Két hét együttes optimális mennyiségének meghatározására a kéthetes együttes megoldás összefüggését alkalmazzuk a következőképpen:

$$F_{12}(S_{12}) = \frac{50 - 4 - 2F_1(S_{12})}{2 + 50} = \frac{44}{52}.$$

megjegyzés: két egyenletes eloszlású valószínűségi változó összegéből képzett új valószínűségi változó eloszlása nem egyenletes. Az új változó sűrűségfüggvényének jellege egy háromszöget alkot az x tengellyel. Végtelen sok egyenletes eloszlású valószínűségi változó összegének jellege a normális eloszlás harangörbéjéhez közelít (határeloszlás tétele).

A kapott értékből meghatározhatjuk az optimális egy, és két heti mennyiséget úgy, hogy az együttes eloszlásfüggvényből visszafelé számolunk:

$$S_{12} = F_{12}^{-1}\left(\frac{44}{52}\right) \approx 34.$$

Két hét együttes kritikus raktárkészletének meghatározása a hetenkénti gyártás példájával azonos módon történik. Az értekezésben ez nem kerül tárgyalásra.

8. Függelék: Az Infor:COM vállalatirányítási rendszer bemutatása

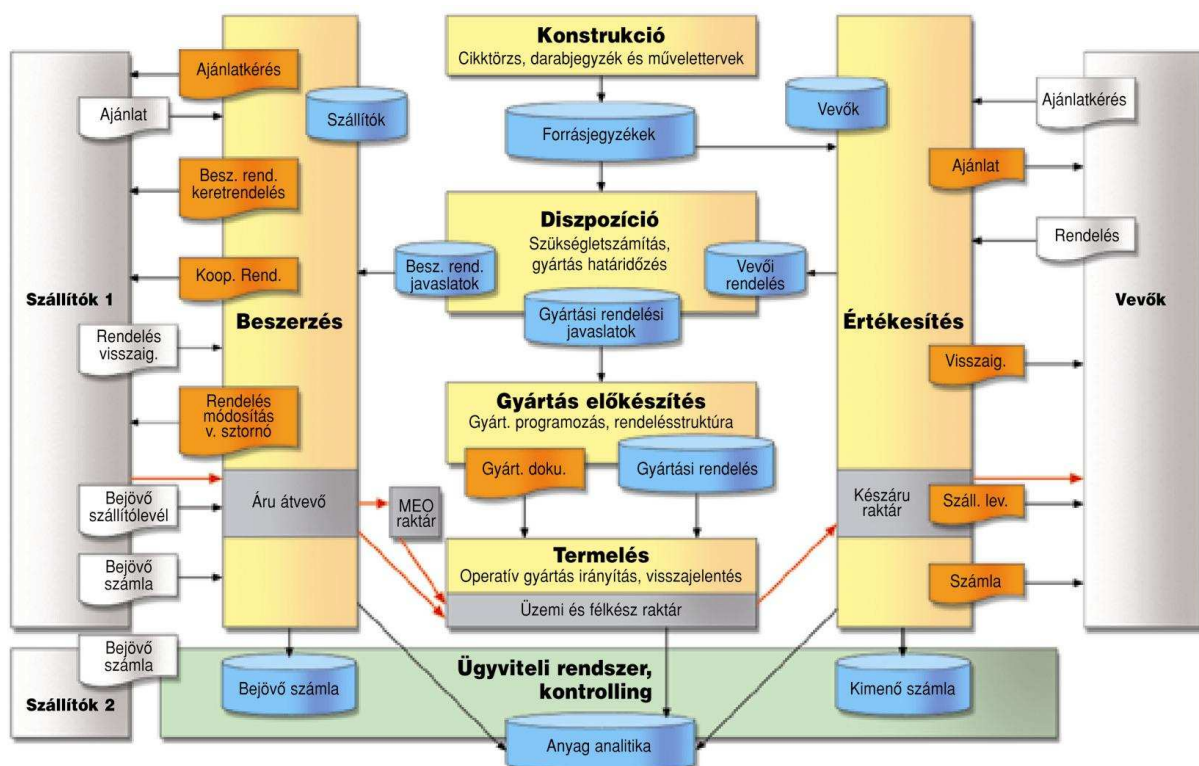
8.1. Előszó

Jelen dokumentum egy korábbi munka továbbfejlesztett változata. Akkor az infor:COM termelésirányítási rendszer 6.1-es verzióját vettük szemügyre, azóta a nevezett termelésirányítási rendszer nagyon sok változáson ment keresztül. Megjelent a 6.3-as verzió, ami egy új mérföldkövet jelent a rendszer életében, hiszen nemcsak új, az eddigieknél megbízhatóbb funkciókkal gazdagodott, de számos olyan területet is lefed már, amelyek nélkül már egy termelésirányítási rendszer nem lenne piacképes. A következőkben egy példán keresztül tekintjük át azokat a folyamatokat, amelyek a vevői rendelés felvételével kezdődnek, és annak teljesítésével és számlázásával érnek véget.

8.2. Bevezetés

A következő ábra egy termelő vállalat szokásos folyamatait mutatja. Ezek ellátásához egyszer értékesítőként fogunk dolgozni, aki a faxon, vagy telefonon érkező vevői igényeket rögzíti (vevői rendelés).

Máskor termelésütemezést végzünk, vagyis – nagyon leegyszerűsítve a dolgot – futtatjuk a diszpozíciót. Ennek eredményeképpen az infor:COM beszerzési- és gyártási rendeléseket hoz létre, melyeket úgy határidőz, hogy a vevő által kért időpont még tartható legyen (ha ez lehetséges).



8.1. ábra Termelő vállalat szokásos folyamatai

A beszerző bőrébe bújva feldolgozzuk a rendszer által létrehozott beszerzési javaslatokat, illetve gyártásvezetőként leosztjuk a részletes feladatokat a munkásoknak.

A raktáros szerepét eljátszva egyrészt bevételezzük a megrendelt anyagokat, másrészt kiadjuk azokat az értékesítésnek, vagy a gyártásnak.

A legyártott készterméket, vagy a beszerzett kereskedelmi árut eladjuk – ismét mint értékesítési munkatárs –, tehát szállítólevelet állítunk ki, gondoskodunk a raktári kivételezésről, végül számlázunk.

A teljes folyamat pénzügyi követése és feldolgozása része ugyan az infor:COM rendszernek, de nem erre, hanem a gyártó vállalatok termelési folyamatára, valamint a költségek követésére helyezzük a hangsúlyt.

Az ábra magja egy általános termelővállalat szokásos tevékenységeit mutatja, amelyekhez közvetlenül vagy közvetetten kapcsolódnak a szállítók és a vevők. A rendszer ereje az integráltságában rejlik, azaz a termelés minden szegletét lefedő megoldást nyújt, így a felhasználónak nem kell a különböző rendszerek közötti adatkapcsolódásokkal foglalkoznia. Ez az integráltság magában foglalja mindazoknak a bizonylatoknak az előállítását is, amelyek a partnerekkel történő kommunikációt érintik. Így a rendszer a vevői igény lehetséges felmerülésétől, a konkrét késztermék előállításán és kiszállításán át, a számla kiállításáig, és még azon túl is végigköveti a termelési folyamatot.

8.3. Alapfogalmak

Ahhoz, hogy a rendszer működését megértsük elengedhetetlen azoknak az alapfogalmaknak a tisztázása, amelyek alapján a rendszer funkcionálisan felépül, és amelyek mentén könnyebben megismerhető. Ezeknek az alapfogalmaknak az áttekintése következik, a teljesség igénye nélkül.

8.3.1. Törzsadatok

Törzsadatok: Egy vállalat életében szokásos, hogy egy adott vevővel, vagy termékkel többször is hasonló gazdasági folyamatot bonyolít (vesz, elad, egyeztet, ajánlatot kér / ad...), ezért célszerű a megfelelő információkat egyszer letárolni, és azt később gombnyomásra elővenni. A legfontosabb törzsadatok: vevők, szállítók, cikkek, munkahelyek. Sok más adat is előre rögzíthető és adott helyen csak ki kell választani egy listából, mint pl. fizetési feltételek, részletes műveleti leírások, műszaktervek, stb. Minél több ilyen adatot határozhat meg maga az ügyfél, annál rugalmasabbnak nevezhetünk egy rendszert, de fontos látni, hogy ezáltal a lekérdezések megfogalmazásánál is nagyon precíznek kell lennünk. Pl. vehetünk fel a rendszerben új mértékegységet, megadhatunk hozzá átváltást, de minden mennyiség mellé ki kell majd írni a mértékegységet is. De melyiket? Hiszen raklaponként rendelhetjük, dobozonként van ára, darabonként használjuk fel.

Vevők: A vevők azok a partnereink, akik az előállított késztermékeinket vagy a beszerzett kereskedelmi áruinkat megvásárolják. A vevőkről számos információt tarthatunk nyilván, kezdve a kapcsolattartó személy(ek) megnevezésétől, a vásárolt termékeknél alkalmazott felár, vagy kedvezmények tárolásáig.

Szállítók: A vevők beszerzés oldali párjai, alapanyagokat, kereskedelmi árukat vásárolunk a szállítóktól, továbbá a konszignációs raktár elvének megfelelően lehetőségünk nyílik a szállítók áruit a mi telephelyeinken tárolni, és csak a tényleges felhasználáskor megvásárolni. Mind a beszerzésnél, mind az értékesítésnél lehetőségünk van keretszerződéseket létrehozni.

Cikkek: A cikkek az alapanyagoknak, kereskedelmi áruknak, saját gyártású félkész- és késztermékeknek az uniója.

Munkahelyek: A munkahelyek azoknak az emberi és gépi erőforrásoknak az összefoglaló neve, amelyek az alapanyagokon és félkész termékeken történő különböző műveletek elvégzéséhez a rendelkezésünkre állnak.

A törzsadatok tehát a rendszer alap entitásai, amelyek megléte és helyes értékei elengedhetetlenek a magasabb szintű folyamatok helyességéhez.

Sőt, a tapasztalat szerint a rendszerben bekövetkező hibák döntő többségénél a törzsadatok hiánya vagy nem megfelelő volta okolható.

Forrásjegyzék: gyártó cégeknél szorosan a cikkhez kapcsolódik a forrásjegyzék, ami az előállításához szükséges erőforrások, elsősorban anyagok és műveletek listája.

8.3.2. Rendelések

A rendszerben általános esetben minden egyes csoportobjektumnak van egy fejléce, ami a teljes csoport minden egyedére vonatkozik. Az esetek többségében a fejléc adatai a törzsadatokból származnak, ám azokat tetszés szerint módosíthatjuk, anélkül, hogy a kapcsolódó törzsadatunk megváltozna. A fejléc után következnek azok a tételek, amelyek a csoportba tartoznak, és azok az információk, amelyek ezeket a tételeket leírják. Extrém esetben az is előfordulhat, hogy nemcsak a csoportobjektumnak van fejléce, hanem az egyes tételeknek is. Ekkor a csoportobjektum minden egyes elemét tetszés szerint „finom hangolhatjuk”.

A leggyakoribb csoportobjektumok a rendelések.

Vevői rendelés: Szinte minden termelő vállalat abból él, hogy eladja a termékét. A vevők telefonon, faxon, vagy egyéb úton leadják rendelésüket, amit a rendszerben rögzítenünk kell. Először kiválasztjuk a vevőt, ezzel együtt annak az összes szokásos adata beíródik a rendelés fejlécébe. Ezután kiválasztjuk a cikktörzsből az általa kért termékeinket, melyeknek fontosabb adatai szintén idemásolódnak. Ezek az értékek – például a termék neve, vagy a vevő fizetési határideje – itt felülírhatók, és nem kell a törzsadatokhoz nyúlnunk ennek az egy kivételes esetnek a kedvéért.

Beszerezési rendelés: Összesítjük (azaz helyettünk ezt megteszi a rendszer), hogy milyen alapanyagokra van szükségünk, és megrendeljük a szállítótól. A javaslatokban határidők, mennyiségek és árak is szerepelnek, de ezeket még megváltoztathatjuk, mint a vevői rendeléseknél. Fontos alapelv, hogy a raktáros csak olyan árut vegyen át, amit tényleg meg is rendelt valaki más a cégen belül!

Gyártási rendelés: Egy adott kész, vagy félkész termék létrehozásához szükséges anyagokat (alapanyag és félkész termék), valamint az elvégzendő műveleteket tartalmazza, határidőzve. A rendszer egy belső kódot rendel hozzá a gyártási rendelés minden sorához (a jobb nyomon követhetőség miatt), amit vonalkódként a gyártáskísérő lapon meg is jelenít. Ezzel egyszerűsíthető a visszajelentés, vagyis mi van már elvégezve a kiadott feladatokból.

Lehívásos (keretszerződéses) rendelés: Éves, vagy negyedéves előrejelzést kapunk a vevőnkől, hogy egy adott cikkből mennyit fog várhatóan rendelni. Ezen igény alapján a gépek, dolgozók szabad kapacitásait a rendszer automatikusan foglalja. Ha érkezik konkrét hívás, az mint tételesor jelenik meg a keretszerződésben.

8.3.3 Értékesítés

EDI: Electronic Data Interchange, elektronikus adatcsere. Ha vevő nem telefonon, faxon, stb. küldi a megrendelését, hanem szabványos, elektronikus formátumban, akkor annak rögzítése lényegileg automatikusan megtörténhet. A kiszállítás bizonylatai, a rakjegyzék, szállítólevél és a számla szintén visszaküldhető elektronikus formában. Elsősorban az autóiipari beszállítóknál kezd követelménnyé válni az EDI alkalmazása.

Vevői konszignációs raktár: Marketing okok miatt nem kérjük, hogy a vevőnk kifizesse a készletként nála lévő termékeinket, csak havonta kell egy listát küldenie, hogy mit adott már el. Ez lesz az általunk kiállított számla alapja. Az áru könyveléstechnikailag is az eladó tulajdonát képezi, amíg kiszámlázás / kifizetés nem történik.

Szállítói konszignációs raktár: Hasonló a vevői konszignációhoz, csak a szereplők változnak.

Proforma számla: A vámkezelés előírja, hogy minden áruhoz kötelező számlát adni, még prospektushoz is. Ha nem kérjük az árát a külföldi partnertől, akkor Proforma számlát állítunk ki és ráírjuk: Csak vám célokra – For custom purposes only.

Skontó: Speciális fizetési feltétel. Pl. 30 nap, vagy 15 nap 1%. Tehát, ha a kiküldött számlánkat nem 30 napra, hanem 15 napon belül fizeti ki a vevőnk, akkor nem kell a teljes összeget, csak 99%-t átutalnia, 15 napon túl a teljes összeg esedékes.

8.4 Készletgazdálkodás

Raktározási stratégiák: Minden termék csak egy raktárhelyen fordulhat elő. Vagy minden termékről előre megmondjuk, hogy mely raktárhelyeken fordulhat elő, vagy polcrendszerem van, A01-től Z99-ig számozva, és ahol éppen szabad hely van, oda rakjuk a cikkeket (kaotikus raktárkezelés).

Minimálkészlet-gazdálkodás: Vonatkozhat alapanyagra, félkész termékre, vagy késztermékre. Azt várjuk el a rendszertől, hogy gyártási- vagy beszerzési rendeltetést hozzon létre, ha a cikk mennyisége a jövőben várhatóan a megadott szint alá fog csökkenni (lásd cikkmérleg, a termelésütemezésnél!). Több lehetőség közül választhatunk. Például mindig egy adott készletszintre kérjük feltölteni a cikket, teljes kamionnyit kérünk, vagy heti gyakorisággal lehet szállításunk.

Raktárnapló: A rendszer minden egyes tranzakciót, amely a raktári készlet pillanatnyi állapotát befolyásolja eltárol egy speciális táblázatban. Ez a táblázat az alapja minden olyan statisztikának, amely a raktári mozgásokat értékeli.

Raktári mozgások értékelése: Fontos hangsúlyozni, hogy – kivételektől eltekintve – a raktári mozgások mindig rendelésekhez (beszerzési, értékesítési, vagy gyártási) kötődnek.

A raktári mozgások rendszerünkben úgy rögzülnek a raktárnaplóban, hogy a mozgás fajtája (könyvelési kód), a cikkszám és megnevezés, a mennyiség, az ár forintban és idegen pénznemben, az aktuális árfolyam, a mozgás után kialakult új átlagár rögzül. Beállítható a rendszer úgy, hogy az átlagárba a beszerzett termékek esetében a beszerzési rendelésben megadott ár, gyártott termékek esetében viszont a kalkulált költség, vagy az általunk megadott elszámolóár kerüljön bele. A beszerzési ár utólag módosítható, akár a számlaellenőrzés miatt, akár a vám- és fuvar költség ráosztásával. Ez akkor is lehetséges, ha pl. az alapanyagot a bevételezés után már kiadták egy gyártási rendelésre.

MEO-, zárolt-, szabad készlet: Egy cikkre már a cikktörzsben előírhatjuk, hogy csak minőségi ellenőrzés (idegen áru átvétel) után kerülhet be a szabad készletbe. Ilyenkor a raktáros bevételezi, és a cikk a MEO készletbe kerül. Ha a minőségellenőr megnézte, vagy szabad, vagy zárolt készletbe könyvelni át. Mindez független a raktárhelytől.

8.5 Költségkalkuláció

Költségkalkuláció: Az infor:COM normatív elő- és utókalkulációt, valamint a főkönyvi elszámolásokon alapuló utókalkulációt tartalmaz. A normatív kalkuláció alapja a beszerzett cikkek ára (költsége), valamint a gépekre, munkahelyekre megadható anyag-, bér-, gép-, és egyéb költségek. A tényleges anyagfelhasználások és a tényidők teljes részletességgel gyűjthetők, tehát a kalkuláció alapját nem elsősorban a költségszétosztás, hanem a költségösszegzés adja.

A számlák könyvelése során az előre beállított szabályok szerint több gyűjtőcsoportba is szétoszthatjuk a költségeket, tehát a hagyományos költséghely, költségviselő felbontáson kívül több, egymással párhuzamos felosztást is automatikusan megvalósíthatunk.

8.6 Termelésütemezés

A rendszer kétszintű termelésütemezést végez. Az első szintű az ún. durvatervezés, ekkor a rendszer kiszámítja a műveletek várható kezdési és befejezési időpontját, természetesen a megadott előírások betartásával. A durvatervezett rendeléseket a rendszer szabadon áttervezheti, módosíthatja. A második szinten található az ún. finomtervezett rendelések. A finomtervezés során a termelésütemezést végző mérnöknek még van lehetősége a kezdési időpontok befolyásolására, megváltoztatására (infor:APS), ám ezeket az időpontokat a rendszer már nem módosítja automatikusan.

A durva- és finomtervezett állapotok között szabadon mozgathatjuk rendeléseinket, így gyakorlatilag bármely határidő megváltoztatható.

A rendszerben a határidőzést az ún. diszpozíció végzi, így ez a kódrész tehető felelőssé az elkészített tervek hatékonyságért is.

Cikkmérleg: Egy cikknek a pillanatnyi raktárkészletét, valamint a jövőbeni készletnövelő mozgásait (beszerzésből, gyártásból bevét) és készletcsökkentő mozgásait (gyártásba adás, értékesítés felé áru kiadása) tartalmazza. Mivel az infor:COM tervezi, határidőzi ezeket a mozgásokat, ezért a cikkmérleg automatikusan készül, a felhasználó csak akkor találkozik vele, ha utána szeretne valaminek nézni. Szerepelnek benne a program által létrehozott javaslatok is, éppúgy, mint az általunk, manuálisan rögzített rendelések.

Kapacitásmérleg: Egy adott munkahelycsoportnak a jövőbeni terheltségét mutatja heti bontásban, a kapacitások állnak szemben az elvégzendő feladatokkal. Percben mérjük a „bevételt” és a „kiadást”. A durvatervezett rendeléseket is magában foglalja, így a termelési és az értékesítési vezető is képes hosszútávra tervezni.

Munkahelymérleg: Egy adott munkahelycsoport jövőbeni terheltségét mutatja percre pontosan, a kapacitások állnak szemben az elvégzendő feladatokkal. Percben mérjük a „bevételt” és a „kiadást”. Csak a finomtervezett rendeléseket foglalja magában, tehát a műhelyvezető az egyes munkahelyeken érvényes „napi” parancsokat látja.

Rendelésstruktúra: Egy vevői rendelés tételsora tartalmazhat olyan cikket, amit le kell gyártani, esetleg félkész termékekből kell összeszerelni. Ennek a rendszer által határidőzött lebontását láthatjuk a rendelésstruktúrában, többszintű termékstruktúra esetén is.

Műszakterv (üzemi naptár): Megmutatja, hogy az év során melyik nap hány órát dolgozunk, mikor van szünnap, vagy elrendelt hétvégi műszak. Jellemző alapeset az 1-2-3 műszak, illetve a folyamatos műszak. Ez utóbbi esetében hétvégén sincs leállás. Könnyen lehet, hogy egy-egy üzemre, vagy akár egy konkrét gépre külön műszaktervet határozzunk meg.

Gépek, személyek száma: A rendszerben megadható, hogy az adott erőforrásból mennyi áll rendelkezésünkre, ami a tervezést is nagyban meghatározza.

Párhuzamosan terhelhető egységek száma: Minden műveletnél megadható, hogy egyszerre hány gépen végezhető el az adott művelet. Vegyük észre, hogy ez nem ugyanaz, mint a gépek száma, ideális esetben ugyan megegyeznek, ám gyakran nem tudjuk egyszerre két gépen ugyanazt a műveletet elvégezni. Pl. lézervágó segítségével lemezlapból kis elemek kivágása.

Száradási idő: A festett terméket még nem lehet csomagolni, de a festőgép szabad, és tovább dolgozhat a következő feladaton.

Előrehozási idő: Gyakran érdemes költségoldali megfontolásokból több különböző gyártási rendelés azonos műveleteit összevonni, és azokat együtt elvégezni. Ilyenkor természetesen az átfutási idők nőnek, ám a költségeink jelentősen csökkenhetnek.

Átlapolásos gyártás (átadás): A tervezés paramétereinek beállításával lehetőség van arra, hogy az egymást követő műveleteket ne átfedés nélkül tervezze a gép, tehát nem kell minden esetben az első műveletnek befejeződnie ahhoz, hogy a második elindulhasson. Például egy autóban számtalan mikrokapcsoló van, végállás-érzékelőkkel és egyéb apró elektronikai alkatrészsel. Tekintsük ezek közül valamelyik kapcsoló előállítását. Elindítjuk 10.000 darab termék gyártását. A manufaktúra első lépése a tekercselés. Ha 100 darab készen van, továbbadják egy tálcán és a következő munkahelyen kezdhetik pl. a csatlakozók felszerelését (miközben az első munkahelyen folyik a maradék mennyiség előállítása). Így az átfutási idő jóval rövidebbre adódik, mintha minden lépést a teljes sorozatra végigcsinálnának, mielőtt a következő fázist kezdenék.

8.7 Gyártáskövetés

Anyagmozgások követése: Minden anyagmozgásnak rendeléshez kell kapcsolódnia. A gyártási rendeléshez kötődik tehát a félkész termék, vagy alapanyag raktári kivételezése (mire adtuk ki?), a kooperációs partner felé kiadott félkész termék, illetve a félkész, vagy késztermék raktárra vételezése. Ezek az események a raktárnaplóban rögzülnek, de gyártási rendeléshez kötődnek, így a költségkövetéshez pontos analitika áll rendelkezésünkre.

Műveletek előrehaladásának követése: Mivel a rendszer minden egyes elvégzendő művelethez egy belső sorszámot generál (az megjeleníthető vonalkóddal is), a munkás, vagy egy adminisztrátor könnyen lejelentheti, hogy az adott művelettel hogyan halad előre. A következő fontosabb események jelenthetők: személy neve, érkezés, távozás, feladat kezdése, feladat részmenyisége kész, feladat megszakítva (pl. valamilyen hiba ok miatt), feladat befejezése.

8.8 Vezetői Információk

Folyamatok áttekintése: Az infor.COM a rendeléseken keresztül kiváló áttekintést nyújt a napi folyamatok előrehaladásáról. Minden rendelésben láthatjuk a terv és tény mennyiségeket, illetve időket, a rendelés tételsorainak állapotát. Ezen kívül összesítést kaphatunk egy

munkahelycsoport hosszú távú terheltségéről (kapacitásmérleg), illetve a napi feladatok által okozott terhelésről.

Szűrőfeltételekkel lekérdezhethetünk jellegzetes állapotú objektumokat, például melyek a visszaigazolásra váró vevői rendelések.

Listák: Az adatbázisban lévő aktuális adatok tetszőleges csoportosításban összegezhetők, az így nyert információk a részletek nélkül is hasznosak lehetnek.

Statisztikák: Nagyobb mennyiségű információ összegzéséhez viszonylag sok időre lehet szükség, esetleg az adatok összeszedése jelentősen terhelheti a szervert. Ennek elkerülésére az éves szintű áttekintések adatait napi rendszerességgel kigyűjthetjük egy külön adattáblába, automatizálva, éjszakánként. Ezekből a már részben összegzett adatokból gyorsan lehet bonyolult, átfogó elemzéseket készíteni.

8.9 Felületelemek

A rendszer indulásakor a következő képpel találkozunk.

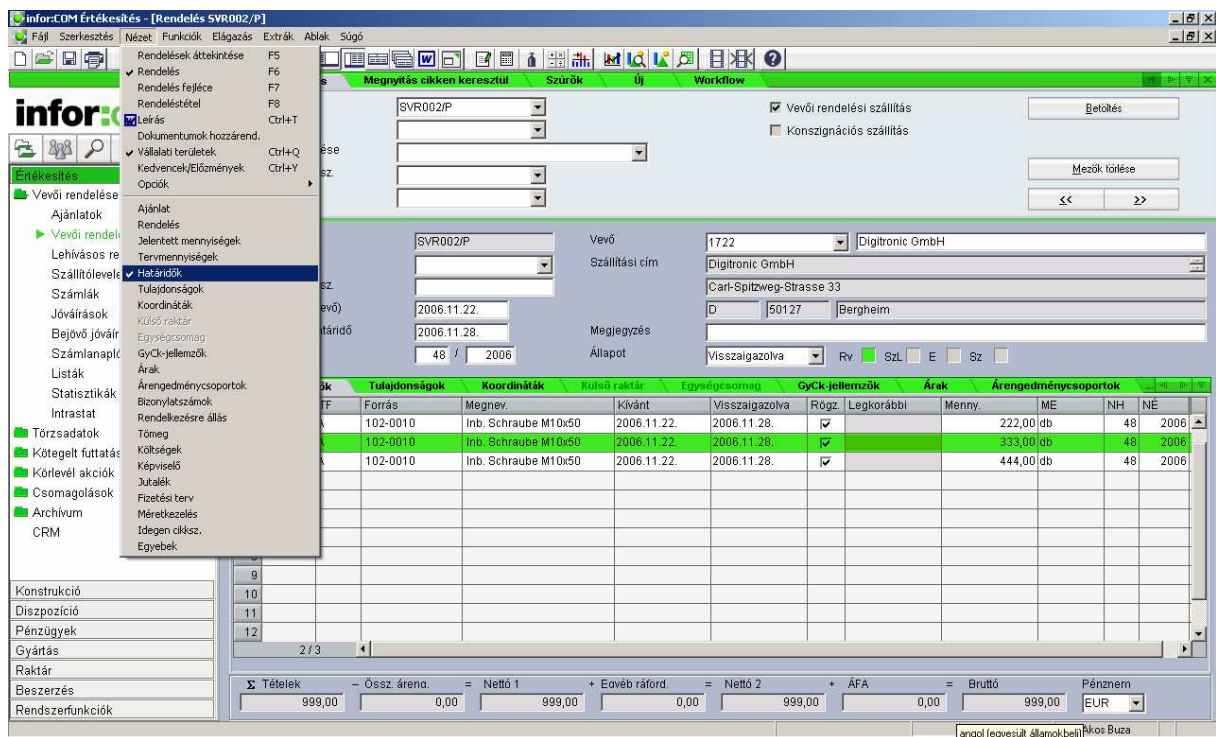


8.2. ábra Rendszer-kezdőképernyő

A képen a rendszer moduljait, és az azok alá szervezett menüelemeket láthatjuk. A modulok a következők:

- értékesítés, ide tartoznak a vevőkhöz kapcsolódó funkciók,
- konstrukció, a cikkek, munkahelyek, forrásjegyzékek kezelése,
- diszpozíció, a durvatervezett rendelések áttekintése,
- pénzügyek, a rendszer költségkapcsolódásai, számlaszámok, számviteli és pénzügyi információk lekérdezése,

- gyártás, finomtervezett rendelések kezelése, a gyártással kapcsolatos műveletek,
- raktár, áru fogadás, kiadás, raktárkönyvelés, raktárnapló, egyéb raktárkezeléssel kapcsolatos funkciók,
- beszerzés, szállítókkal kapcsolatos funkciók,
- rendszerfunkciók, minden, a rendszer működését alapvetően befolyásoló információ lekérdezése, adatbázis karbantartás, hozzárendelési táblák kezelése.



8.3. ábra Vevő adatai

A rendszerben elérhető funkciók eredményei a legtöbb esetben a fenti séma szerint jelennek meg. E szerint az ablak felső részén a betöltéshez szükséges legfontosabb információk jelennek meg, középen azok a tulajdonságok, amelyek az objektumot jellemzik, végül az alsó részen – különböző lapokon – azok a részletes információk, amelyeket valamilyen szempontok szerint csoportosítani lehetséges. A különböző lapokat mind a képernyőn feltűnő ikonokkal, mind a Nézet menüpont egyes elemeivel elérhetjük. Fontos, hogy a rendszerben a navigációt alaposan megismerjük, hiszen ez elengedhetetlen ahhoz, hogy mindenkor tudjuk, hogy hol járunk, továbbá, hogy milyen funkciókat hívhatunk elő, érthetünk el.

A Funkciók menüpont tartalmazza azokat a lehetőségeket, amelyek az adott objektum működését befolyásolják, míg az Elágazás menüpontba vannak rendszerezve azon lehetőségek, amelyek kiválasztásakor minden esetben új dialógusok tűnnek fel, amelyek bezárásakor vissza tudunk térni a kiinduló ablakhoz.

8.10. Példafeladat

Készítsünk egy új vevői rendelést, hozzunk létre minden szükséges törzsadat-objektumot, a vevői rendelést vezessük végig a rendszeren, automatikusan hozzuk létre a gyártási és

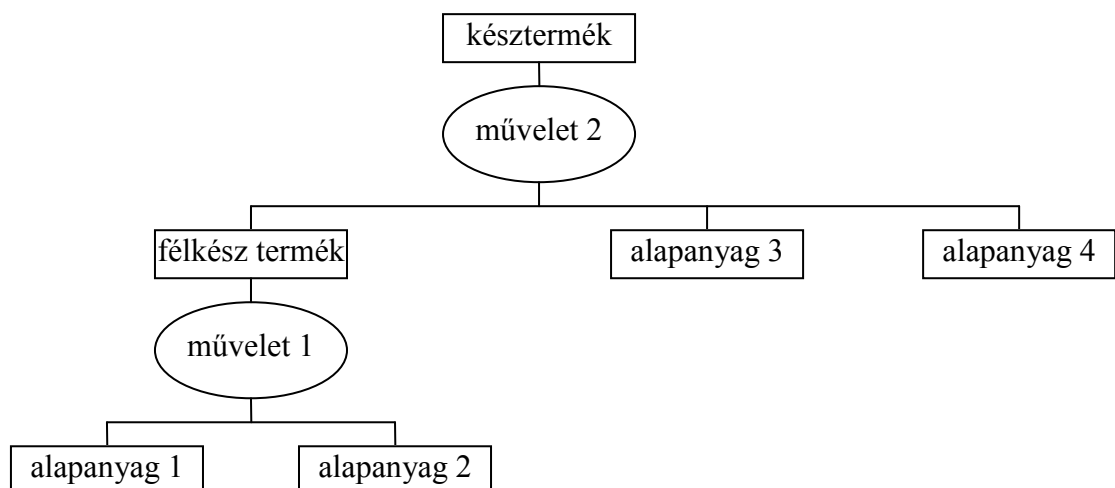
beszerzési rendeléseket, rendeljük meg a szükséges anyagokat, bevételezzük azokat, majd ezek segítségével gyártjuk le az értékesítésre kerülő készterméket, végül adjuk el.

8.11. Példafeladat megoldása

A feladat megoldása során a következő lépéseket fogjuk követni:

- vevő felvétele,
- szállítók felvétele,
- munkahelyek felvétele,
- raktárhelyek felvétele,
- cikkek (beszerzési, saját gyártású, értékesítési) felvétele,
- forrásjegyzék elkészítése,
- vevői rendelés elkészítése,
- durvatervezett rendelés létrehozása,
- finomtervezett rendelés létrehozása,
- beszerzési rendelési javaslat létrehozása,
- beszerzési rendelés létrehozása,
- árufogadás,
- gyártás megkezdése, visszajelentése,
- szállítólevél kiállítása,
- számlázás.

A feladatban szereplő saját gyártású termék felépítése legyen a következő:



8.4. ábra Példafeladat forrásjegyzéke

8.12. Vevő felvétele

Az első lépés tehát a vevő létrehozása, aki majd a késztermékünket megvásárolja. Fontos, hogy az adatokat helyesen adjuk meg, hiszen pontatlan adatokból kiindulva nem lehet pontos tervezést végrehajtani. Az új vevő létrehozásakor meg kell adni annak nevét, címét, a kapcsolattartót, fizetési és szállítási feltételeket, különböző cégjellemzőket.

A megfelelő adatok kitöltése után mentjük el az új vevőnket.

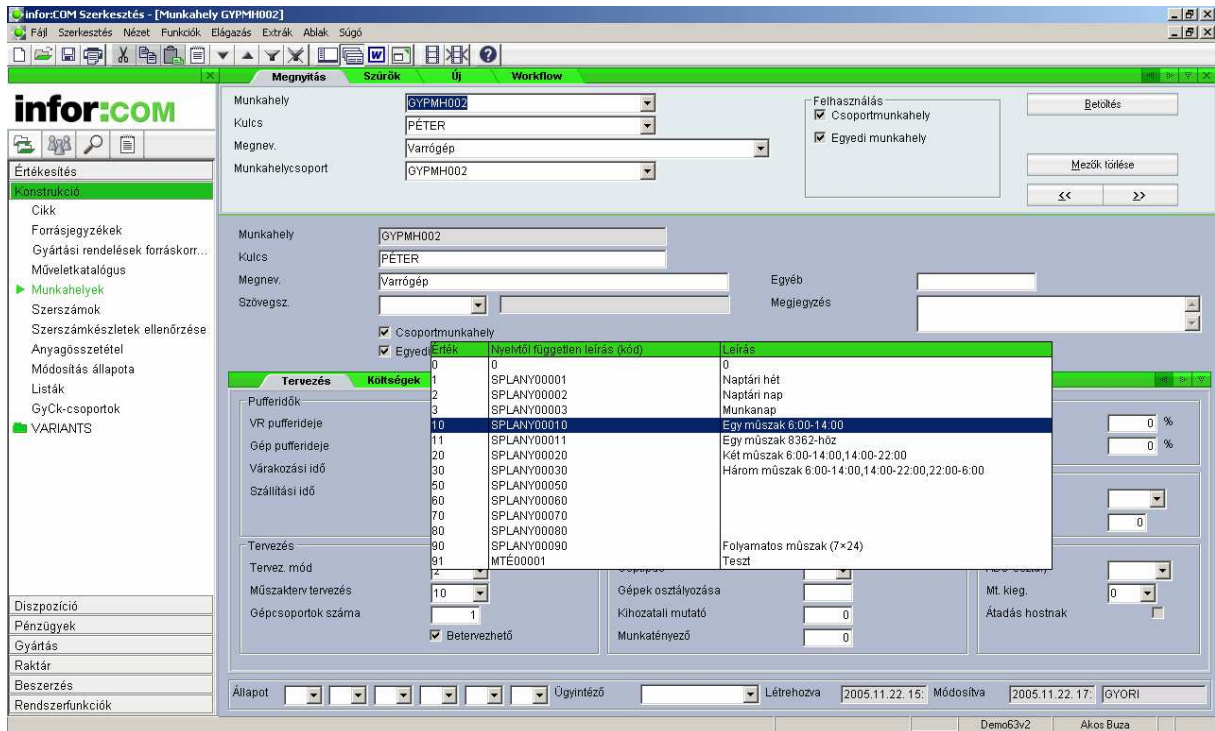
8.5. ábra Új vevő felvétele

8.13. Szállító felvétele

A vevők létrehozása után feladatunk a szállítók adatainak felvétele a rendszerbe, hasonlóan a vevők adataihoz.

8.14. Munkahelyek felvétele

A késztermék elkészítéséhez szükséges munkahelyek adatait is fel kell vennünk a rendszerben.



8.6. ábra Munkahely műszakterve

A munkahelyek adatainál megadandó legfontosabb információk a következők:

- egyedi vagy csoportos-e a munkahely,
- tervezési mód, azaz a munkahely tervezés szempontjából hogyan viselkedjen,
- műszakterv megadása,
- költségek megadása nagy fontossággal bír a költségkalkuláció szempontjából,
- csoportmunkahely esetén a csoport elemei,
- alternatív munkahelyek megadása,
- különböző várakozási és előkészítési idők,
- stb.



8.7. ábra Költségek megadása

A költségeknél megadandó az adott géphez tartozó fajlagos fix és változó költség, így a rendszer pontosan tudja kalkulálni a saját gyártású cikkek bekerülési költségeit, továbbá ajánlott eladási árait.

8.15. Raktárhelyek felvétele

A 6.3-as infor:COM verzió egyik legnagyobb újdonsága a forradalmian új raktármodul. E révén a raktárosok bármely időpillanatban pontosan tudják, hogy melyik anyag pontosan hol található a raktárakban. Ennek a percrekészt információknak az ára a raktárosok – eddigiéktől pontosabb – anyagfelügyelete. Minden egyes, anyagmozgással kapcsolatos folyamatot pontosan kell könyvelniük azért, hogy a rendszer konzisztenciája megmaradjon.

8.8. ábra Raktárhely létrehozása

A raktárhelyek felvételénél megadandó a befoglaló raktár azonosítója, továbbá a raktárhely X/Y/Z koordinátái, mint legfontosabb paraméterek.

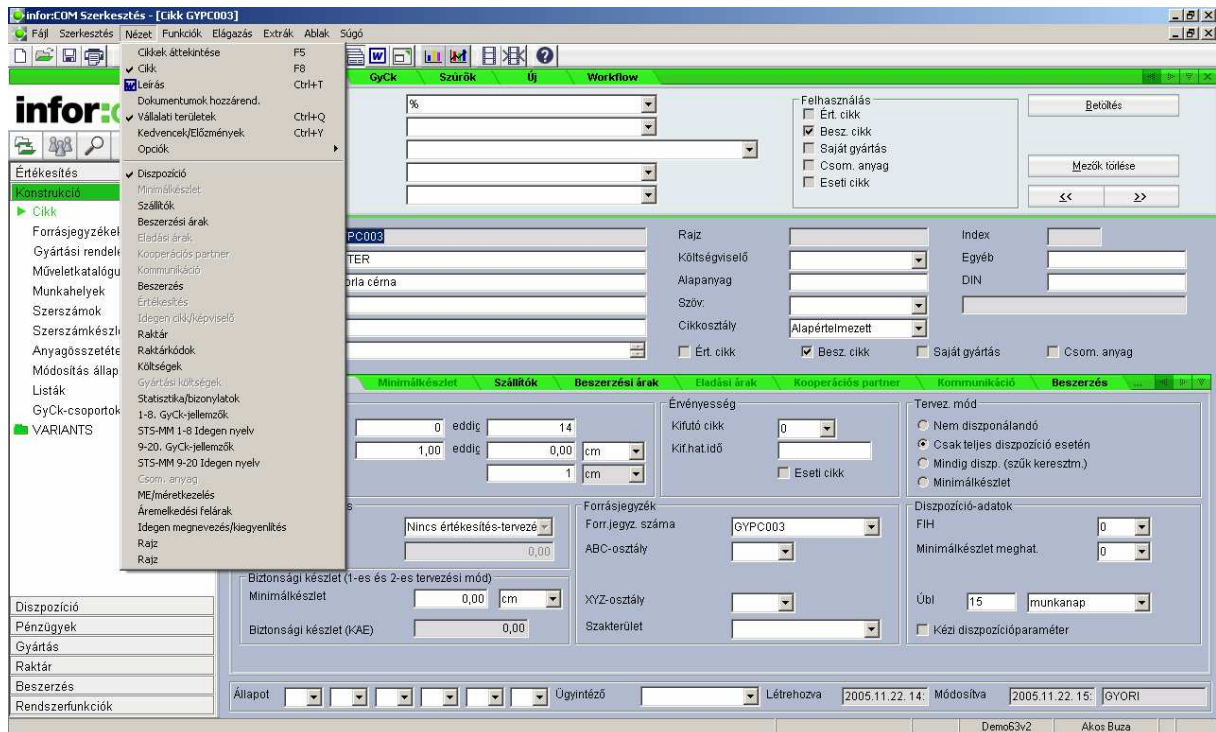
8.16. Cikkek felvétele

Tekintve, hogy mind az alapanyagokat, mind a félkész termékeket, mind pedig a készterméket cikként kezeljük, így ezek mindegyikét létre kell hozni a rendszerben.

A cikkek létrehozásának első lépése a cikk szerepének meghatározása. A rendszerben található cikkek többféle szerepet is betölthetnek, ezek az értékesítési cikk, beszerzési cikk, saját gyártás, csomagolóanyag, eseti cikk, egységcsomag. Az értékesítési cikkek azok a késztermékek, amiket a vevőknek eladunk, ezzel szemben a beszerzési cikkek a szállítóktól vásárolt alapanyagok köre. Egy cikk egyszerre betöltheti az értékesítési és a beszerzési cikk

jellemzőt is, az ilyen cikkek a kereskedelmi áruk. A saját gyártású cikkeket a vállalat maga állítja elő különböző alapanyagokból, ezek a félkész és a késztermékek.

A cikk szerepének megadása után a mértékegységet kell definiálnunk.



8.9. ábra Cikkadatok – Tervezési mód

A cikkek tervezési módjának megadásakor ki kell választanunk, hogy a különböző cikkek mikor kerüljenek ütemezésre. A különböző tervezési módok közötti elvi különbség a vállalat informatikai erőforrásainak racionális kihasználásával magyarázható. A diszpozíció (termelésütemezés) folyamatának hossza ugyanis nagyban függ a tervezendő cikkek számától, érdemes tehát jól megfontolni, hogy milyen tervezési módot választunk cikkeinknél.

Ugyanezen a lapon tudjuk megadni a beszerzési cikkek újrabeszerzési idejét, ami a tervezéshez nélkülözhetetlen. A beszerzési (értékesítési) cikkek esetén lehetőségünk van megadni, hogy mely szállítótól vásárolom (vevőnek adom el) a cikket, milyen áron és milyen valutában.

A cikkek esetén a Költségek oldalon adható meg, hogy az adott cikk beszerzéséhez milyen költségek tartoznak.

The screenshot shows a software window with a green header bar containing tabs: 'Kooperációs partner', 'Kommunikáció', 'Beszerzés', 'Értékesítés', 'Idegen cikk/képviseelő', 'Raktár', 'Raktárkódok', and 'Költségek'. The 'Beszerzés' tab is active. The interface is divided into two main sections. The left section, titled 'Költségek Választó', contains a table for defining costs:

Anyag	0,20	per	1,00	cm
Bér	0,00	per	0,00	cm
Gépek	0,00	per	0,00	cm
Előkészítés	0,00	per	0,00	cm
Rögz.				
Fix gyártási ktg.	0,00	per	0,00	cm
Egyéb fix ktg.	0,00	per	0,00	cm
Összeg	0,20	per	0,00	cm
Adagméret	0,00	cm		
Adag (javaslat)	0,00	cm		
Dátum	2005.11.22.			

The right section, titled 'Egyebek', contains various price and quantity fields:

Elszámoló ár	0,00	Készletszám	261
Átlagár	0,200	Külf. Készl. szla	0
Rögzített ár	0,00	Készletcsoport	Egyesével cikke
Cikksorozat		Költséghely	
Tényleges önköltségi ár	0,00	Ált.ktg.-kód	0
		Kalk. séma	0
		Számlázott mennyiség	0,00
Utolsó besz. ár	0,00	Min. beszerzési ár	0,00
Min. beszerzési ár	0,00	Max. beszerzési ár	0,00
Max. beszerzési ár	0,00		

8.10. ábra Beszerzési cikk költségei

A beszerzési és értékesítési cikkek létrehozása után a saját gyártású cikkekkel kell a rendszerben eltárolnunk. Hasonló információkat kell megadnunk a saját gyártású cikkek esetén is; ami azonban élesen különbözik az eddigiektől, az a gyártást leíró forrásjegyzék elkészítése. Ehhez elsőként a félkész termékhez tartozó forrásjegyzéket kell elkészítenünk. A cikk betöltése után az Elágazás menüpont Forrásjegyzék menüeleméből érhetjük el azt az egyenlőre üres forrásjegyzéket, amiben felsoroljuk az alapanyagokat és a szükséges műveleteket.

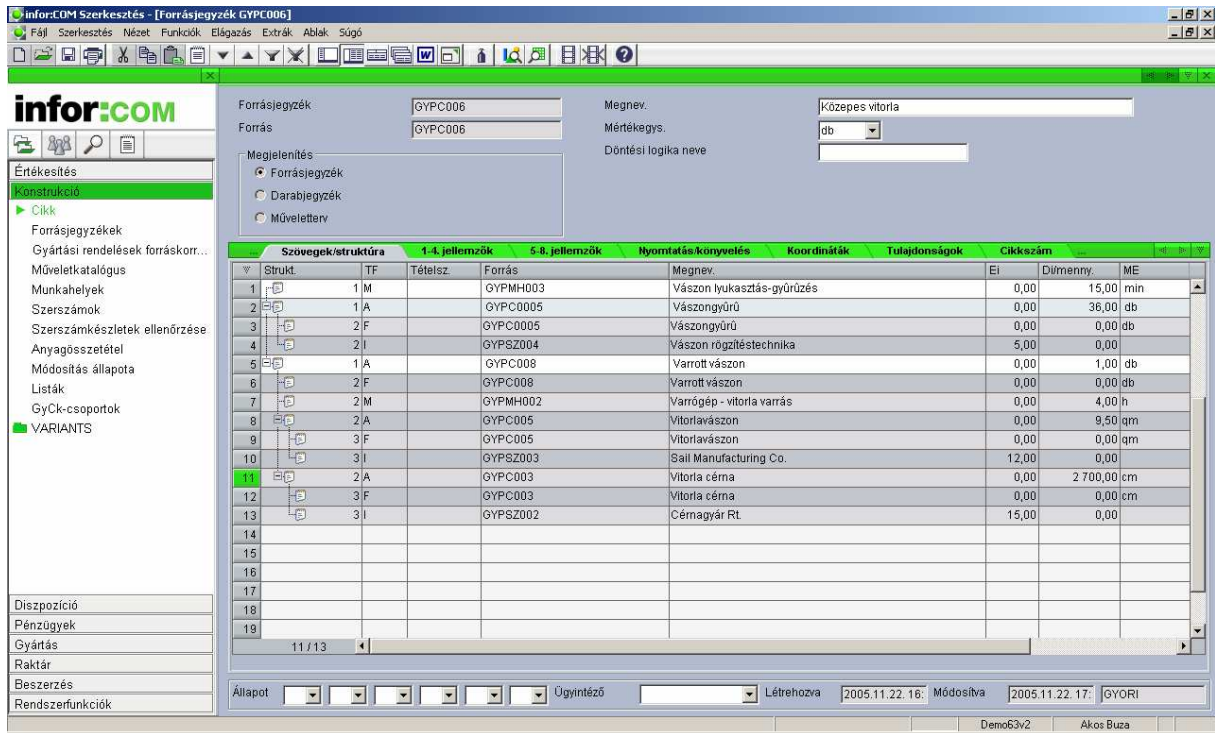
The dialog box 'Forrásjegyzék kiválasztása' has a blue title bar with a close button. It contains the following fields and controls:

- 'Cikk' field with the value 'GYPC006'.
- 'Forr.jegyz. száma' field with a dropdown menu showing 'GYPC006'.
- 'Felhasználás' section with two radio buttons: 'Exkluzív' (selected) and 'Vázként'.
- Buttons on the right: 'OK', 'Mégse', 'Átvétel', 'Mezők törlése', and 'Súgó'.

8.11. ábra Forrásjegyzék kiválasztás

8.17. Forrásjegyzék felépítése

A forrásjegyzék struktúra felépítésénél fordított logikát kell követnünk, ugyanis a forrásjegyzék lista első tagja az utolsó művelet, amit el kell végeznünk. A forrásjegyzék felépítésénél az 1 egységnyi félkész vagy késztermékhez szükséges alapanyagok mennyiségeit kell megadni, és az elvégzendő műveletek hosszát egységre vetítve. Minden egyes elemnél megadható előkészítési és várakozási idő, átadási idő és átadási mennyiség is.



8.12. ábra Forrásjegyzék tételek

A forrásjegyzék struktúra tartalmazza az alsóbb szintek műveleteit és alapanyagait is. Megtekinthető ugyanitt a csak a műveleteket tartalmazó műveletterv és a csak az anyagokat tartalmazó darabjegyzék is.

Amennyiben elkészítettük a forrásjegyzéke(ke)t, úgy megvizsgálhatjuk, hogy a késztermék 1 egységének az előállításához milyen költségek párosulnak. A költségkalkuláció előtt meg kell adnunk, hogy a költségek alapján a rendszer hogyan számítsa ki a termék egységárát. Ezt a Költségek oldalon a Kalkulációs séma kiválasztásával tehetjük meg. Ezután következhet a kalkuláció a végtermék esetén a Funkciók/Tervkalkuláció menüponttal.

Teljes adag kalkulációja					
Változó költségek	3 391 820,50	Kezelési ÁK	11,000 % 410 410,28	Nyeréségfélár	25,600 % 1 184 398,38
Gyártási Kk	0,00	Értékesítési ÁK	3,000 % 111 930,08	Részösszeg	5 810 954,54
Fixköltségek	0,00	Értékesítési Kk	60,00	Skontó	2,000 % 118 590,91
Ált. ktg.-ek	339 182,05	Fuvar	30,00	Részösszeg	5 929 545,45
		Csomagolás	23,00	Árengedmény	5,000 % 312 081,34
		Jutalék	10,000 % 373 100,26		
Gyártási költségek	3 731 002,55	Önköltség	4 626 556,16	Eladási ár	6 241 626,79
Darabonként	3 391 820,50	Darabonként	3 731 002,55	Darabonként	4 626 556,16
Részfizetés (adó)	0,00 %				
Irányuló gyárt.ktg.	6 241 626,79				

8.13. ábra Cikk-önköltség adatok

Ekkor a rendszer a forrásjegyzék egyes tételeinél megadott költségeket aggregálja, majd a költségek és a megadott (százalékos vagy fix értékű) paraméterek alapján kiszámítja a javasolt eladási árat egységenként.

8.18. Vevői rendelés elkészítése

Amennyiben a megelőző lépéseket elvégeztük, úgy a rendszer felkészült arra, hogy ténylegesen is használatba vegyék, a szükséges törzsadatok rendelkezésre állnak. Ekkor vihetünk fel új vevői rendelést, és gördíthetjük azt végig vállalatunk egyes részlegein.

The screenshot shows the 'infor:COM Értékesítés - [Rendelés KA8005]' application window. The top part contains a form for order details, and the bottom part is a table of items.

Order Form Details:

- Rendelés sz.: KA8005
- Gyűjtőkód: [Empty]
- Besz. rendelés sz.: BEST-002
- Kívánt határidő (vevő): 2002.10.11.
- Visszaigazolt határidő: 2003.04.10.
- Szállítási hét: 15 / 2003
- Vevő: 1700 Saarbergwerke AG
- Szállítási cím: Saarbergwerke AG, Provinzialstr. 1, D 66806 Ensdorf
- Megjegyzés: [Empty]
- Állapot: Vevői rendelés

Table of Items:

Sorsz.	TF	Forrás	Megnev.	Visszaigazolva	Kom.	Szállítólev.	Kivét	Számla	ME
1	A	800-0001	Schraubendreher 10	100,00	✓	100,00	0,00	0,00	db
2	A	800-0001	Schraubendreher 10	75,00	✓	75,00	0,00	0,00	db
3	A	800-0001	Schraubendreher 10	40,00	✓	40,00	0,00	0,00	db
4	A	800-0001	Schraubendreher 10	10,00	✓	10,00	0,00	0,00	db
5	A	800-0001	Schraubendreher 10	10,00	✓	10,00	0,00	0,00	db
6	A	800-0002	Schraubendreher 10	100,00		100,00	0,00	0,00	db
7	A	804-0002	Schraubendreher 10	35,00		35,00	0,00	0,00	db
8	A	804-0002	Schraubendreher 10	30,00		30,00	0,00	0,00	db
9	A	804-0002	Schraubendreher 10	10,00		10,00	0,00	0,00	db
10	A	804-0002	Schraubendreher 10	15,00		15,00	0,00	0,00	db
11	A	804-0002	Schraubendreher 10	10,00		10,00	0,00	0,00	db
12	A	800-0002	Schraubendreher 10	75,00		75,00	0,00	0,00	db
13	A	804-0002	Schraubendreher 10	25,00		25,00	0,00	0,00	db
14	A	804-0002	Schraubendreher 10	30,00		30,00	0,00	0,00	db
15	A	804-0002	Schraubendreher 10	20,00		20,00	0,00	0,00	db
16	A	800-0002	Schraubendreher 10	40,00		40,00	0,00	0,00	db
17	A	804-0002	Schraubendreher 10	25,00		25,00	0,00	0,00	db
18	A	804-0002	Schraubendreher 10	15,00		15,00	0,00	0,00	db
19	A	800-0002	Schraubendreher 10	10,00		10,00	0,00	0,00	db

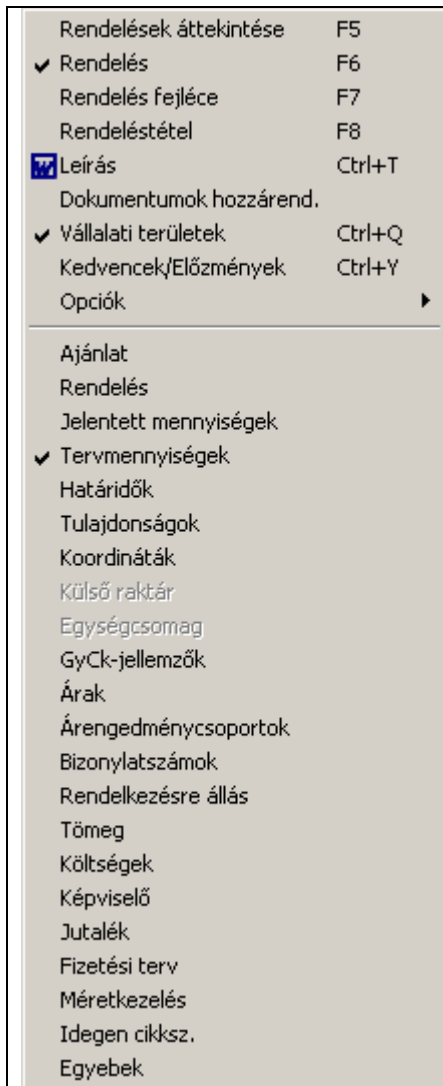
Summary:

- Σ Tételek: 3 339,00
- Össz. árenea.: 0,00
- Nettó 1: 3 339,00
- Evvéb ráford.: 0,00
- Nettó 2: 3 339,00
- ÁFA: 534,00
- Bruttó: 3 873,00
- Pénznem: EUR

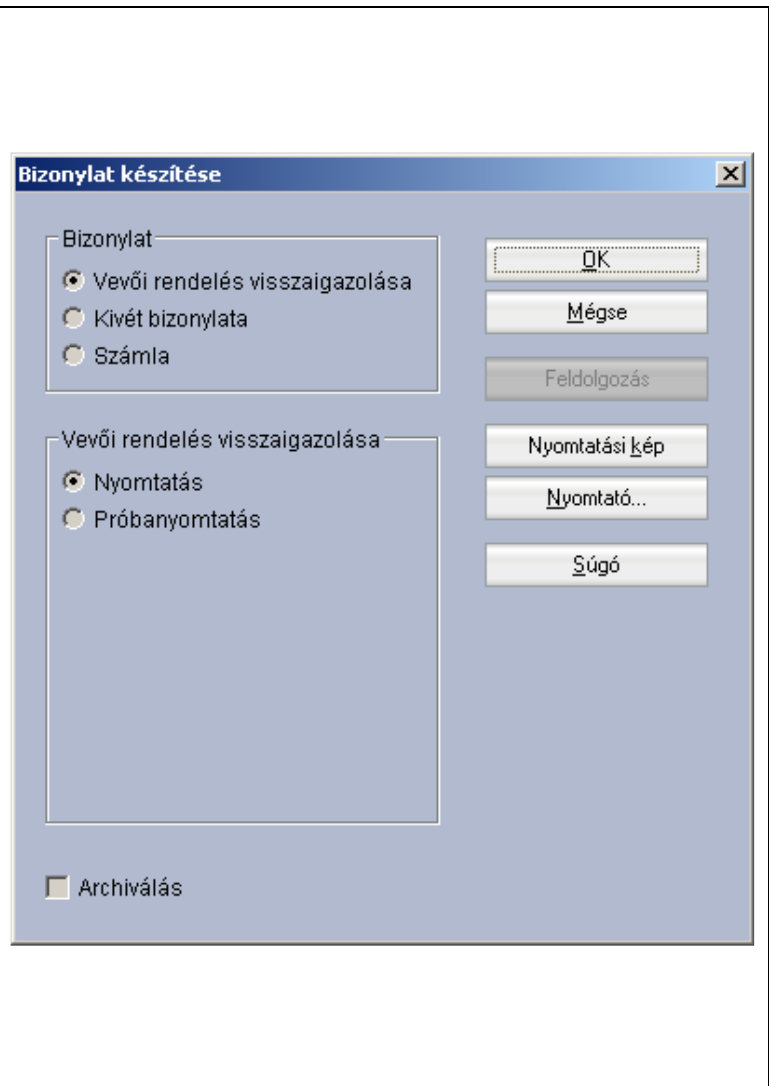
8.14. ábra Példa vevői rendelésre

A vevői rendelés megadásakor ki kell választanunk a partnert, aki a vásárlást kezdeményezte, majd az általa kiválasztott tételeket kell megadnunk. Amennyiben a kiválasztott értékesítési cikk oldalán az Eladási árak lapon beállítottuk a megfelelő partnert, és hozzá a megfelelő árakat, úgy a rendszer azt onnan a mennyiség megadása után beemeli. Ha nem, akkor a rendszer ezt egy üzenettel jelzi számunkra, és közvetlenül kell megadni az egységnyi eladási árat. A kiválasztott tételeket a rendszer összegzi, és a megadott ÁFA kulcsok alapján bruttó összegeket is számol.

A vevői rendelés az első olyan csoportobjektum, amely önálló fejléccel rendelkezik, ami a teljes rendelésre vonatkozik, az egyes tételeknek pedig önálló fej tétele van, ahol az egyedi, tétel szintű beállításokat végezhetjük el. Amennyiben a vevői rendelést jól felparamétereztük, elkészíthetjük a vevői rendelés visszaigazolását, ami a rendelés rögzítését jelenti a rendszer szempontjából. Általánosságban elmondható, hogy minden olyan objektum esetén, ahol különböző fázisokat kell végigjárnunk, a Funkciók menüpont Bizonylatok készítése menüeleme segítségével tudjuk a következő fázist elindítani.

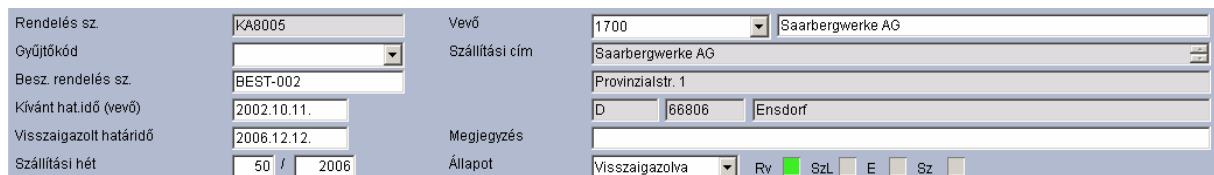


8.15. ábra Vevői rendelés nézetei



8.16. ábra Bizonylat készítése

A vevői rendelés különböző fázisait mutatja a képernyő közepén elhelyezett indikátorok, amelyek a rendelés visszaigazolást, a szállítólevél kiállítását, a kivétet és a számlázást mutatja.



8.17. ábra Vevői rendelés státuszindikátorai

8.19. Durvatervezett rendelés létrehozása

Amennyiben a partner elfogadta a vevői rendelést, a következő lépés a vevői rendelésből durvatervezett gyártási rendeléseket készíteni. Ezt a Funkciók menüpont Rendelés

diszponálása elemmel végezhetjük el. A diszpozíciós paraméterek beállításakor a következő dialógus jelenik meg a képernyőn.

8.18. ábra Diszpozíció paramétereit

A dialógusban megadhatjuk, hogy a diszpozíciót mikorra határidőzzük, és hogy a rendelés hol jöjjön létre, a durvatervezett vagy a finomtervezett rendelések között.

A diszpozíció eredménye tehát jelen esetben a durvatervezett rendelések halmaza, ám a rendszer automatikusan létrehozza a késztermék forrásjegyzéke alapján az összes művelet és alapanyag durvatervezett rendelését. Tekintve, hogy a rendelés automatikusan jön létre, így nem tudjuk annak azonosító számát.

Ilyenkor az adott rendelést a végtermék és a félkész termék azonosítója (cikkszám) alapján tudjuk betölteni.

Forrás	Megnev.	Rendelés	Állapot	Gyűjtőkód
800-0011	Griff	00452	Grobgeplant	
800-0011	Griff	00453	Grobgeplant	
800-0011	Griff	00454	Grobgeplant	
800-0011	Griff	00455	Grobgeplant	
800-0011	Griff	00456	Grobgeplant	
GYPC0005	Vásongyűrű	00322	Grobgeplant	
GYPC0005	Vásongyűrű	00327	Grobgeplant	
GYPC0003	Vitorla cérna	00323	Grobgeplant	
GYPC0003	Vitorla cérna	00328	Grobgeplant	
GYPC0005	Vitorlavászon	00324	Grobgeplant	
GYPC0005	Vitorlavászon	00329	Grobgeplant	
GYPC0006	Közepes vitorla	00320	Grobgeplant	
GYPC0006	Közepes vitorla	00325	Grobgeplant	
GYPC0008	Varrott vászon	00321	Grobgeplant	
GYPC0008	Varrott vászon	00326	Grobgeplant	

8.19. ábra Durvatervezett rendelés azonosítása a cikkszám segítségével

A durvatervezett rendelések halmaza azokat a nagyvonalú terveket tartalmazza, amelyeket a rendszer szabadon áttervezhet. Amennyiben azokat finomtervezett állapotba hozzuk, akkor azon már csak a termelésütemezésért felelős szakember módosíthat, saját felelősségére.

A diszpozíció tehát határidőzi a műveleteket és a beszerzendő alapanyagokat, amennyiben azok nem állnak a raktárban rendelkezésre. Ez alapján kapunk egy legkorábbi határidőt (LKoHi) és egy legkésőbbi határidőt (LKéHi), amely határidők között a műveletvégzést bármikor elkezdhetjük úgy, hogy a határidőink még nem fognak sérülni.

Ezeket a határidőket tetszés szerint átmozgathatjuk, és egy újabb diszponálással megvizsgálhatjuk, hogy a megadott időpontok reálisak-e. A rendszer egyes verzióiban már egy, a mai kor igényeinek is megfelelő, ütemező alkalmazás is helyet kapott (infor:APS), amivel grafikusán tudjuk mozgatni a különböző műveleteket. Erről az applikációról egy újabb dokumentumban ejtünk szót.

8.20. Beszerzési rendelési javaslat létrehozása

A rendelések anyagtételeinek rendelkezésre állását a Funkciók menüpont Rendelkezésre állás ellenőrzése elemmel vizsgálhatjuk, amennyiben ennek a vizsgálatnak az eredménye azt jelzi, hogy a szükséges anyagmennyiség nem áll rendelkezésre, úgy azokat meg kell rendelni a szállítóktól és be kell szállítani a raktárakba.

Amennyiben a rendszer által megadott határidők megfelelőek számunkra, vagy azokat tetszés szerint átalakítottuk, úgy a durvatervezett rendeléseink anyagtételeit megrendelhetjük, és átadhatjuk a beszerzésnek.

Erre szolgál az anyagsorok esetében a rendelés újradiszponálása, ám azzal a különbséggel, hogy ilyenkor nem a durvatervezett rendeléseket, hanem a finomtervezetteket jelöljük meg a rendelés céljaként.

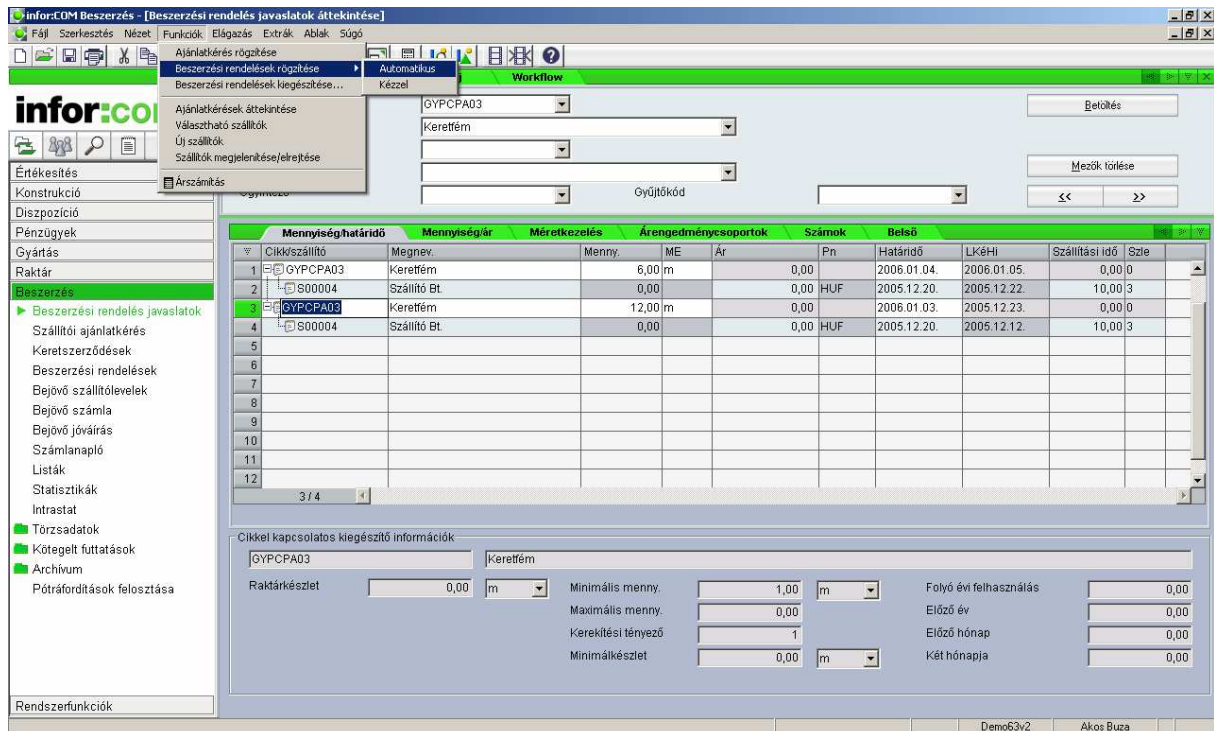
Ekkor az anyagok esetében létrejönnek a beszerzési rendelési javaslatok, amiket a beszerzés modulban vizsgálhatunk.

A rendszer koncepciója szerint automatikusan csupán rendelési javaslatok jönnek létre, ezt kell a beszerzőnek rögzíteni, és ténylegesen is rendeléssé alakítani.

A beszerzési rendelési javaslatoknál még van lehetőségünk a beszerzési mennyiségeket, árakat és akár még a szállítókat is megváltoztatni.

8.21. Beszerzési rendelés létrehozása

A beszerzési rendelési javaslatokat a Funkciók menüpont Megrendelések rögzítése / Automatikus elemmel konvertálhatjuk beszerzési rendelésekké.



8.20. ábra Beszerzési rendelési javaslat rögzítése

A beszerzési rendelés elkészülte után egy újabb engedélyezési folyamat szükséges, hiszen a megrendelési paraméterek még ezen a ponton is módosíthatók. Ilyenkor a megfelelő értékek megadása után a beszerzési rendelést véglegesíteni kell, amit a Funkciók menüpont Bizonylatok készítése elemmel végezhetünk el (hasonlóan a vevői rendeléshez).

Itt is hasonló indikátorok mutatják, hogy a beszerzési rendelésünk milyen állapotban van. Ezek:

- beszerzési rendelés rögzítve,
- árufogadás,
- számla kifizetve.

Besz. rendelés sz.	SEB0084	Szállító	2900	Gunter Wilhelm GmbH
Gyűjtőkód		Cím	Gunter Wilhelm GmbH Bergwerkstraße 6 D 66299 Friedrichsthal	
BeszRend LKóHI	2006.11.20.	Megjegyzés		
Szállítás LKóHI	2006.11.20.	Állapot	Részbevét	
LegKésViszaigSzállHI	2006.11.20.		B	Ár Sz NyomDátum 2006.11.20.

Sorsz.	TF	Cikk	Megnev.	BeszRendMenny.	ME	Ár	Áe%	Nettó 2	Be
1	1 F	102-0191	Inb. Schraube M16x60	200,00	db	200,00	0,000	40 000,00	200
2	2 F	105-0010	Rillenkugellager 60012RS	3 000,00	db	2,30	0,000	6 900,00	200
3	3 F	105-0039	Rillenkugellager 60072RS	1 500,00	db	3,30	0,000	4 950,00	200
4	4 F	105-0030	Rillenkugellager 6004	100,00	db	2,80	0,000	280,00	200
5	5 F	105-0041	Rillenkugellager 6008	250,00	db	3,40	0,000	850,00	200

Σ Tételek	- Össz. árena.	= Nettó 1	+ Eavéb ráford.	= Nettó 2	+ ÁFA	= Bruttó	Pénznem
52 980,00	0,00	52 980,00	0,00	52 980,00	8 476,80	61 456,80	EUR

8.21. ábra Beszerzési rendelés státuszindikátorai

8.22. Árufogadás

Besz. rendelés sz.	SEB0084	Szállító	2900	Gunter Wilhelm GmbH
Cím	Gunter Wilhelm GmbH Bergwerkstraße 6 D 66299 Friedrichsthal			
Megjegyzés				

Jelentés	Mennyiségek	Koordináták	Kilépési koordináták	Tulajdonságok	Méretkezelés	Raktárkészletek							
1	1 F	102-0191	Könyv. kód 151	Tervezett 200,00	Jelentett MEO 0,00	Jelentett 74,00	Jelentés 126,00	ME 126,00	Man. 126,00	MarMenny. 126,00	KönyvJóMenn. 126,00	Készlet 74,00	MEO-k
2	2 F	105-0010	151	3 000,00	0,00	0,00	3 000,00	db	✓	3 000,00	3 000,00	0,00	
3	3 F	105-0039	152	1 500,00	0,00	0,00	1 500,00	db	✓	1 500,00	1 500,00	0,00	
4	4 F	105-0030	153				100,00	db	✓	100,00	100,00	0,00	
5	5 F	105-0041	154				250,00	db	✓	250,00	250,00	0,00	

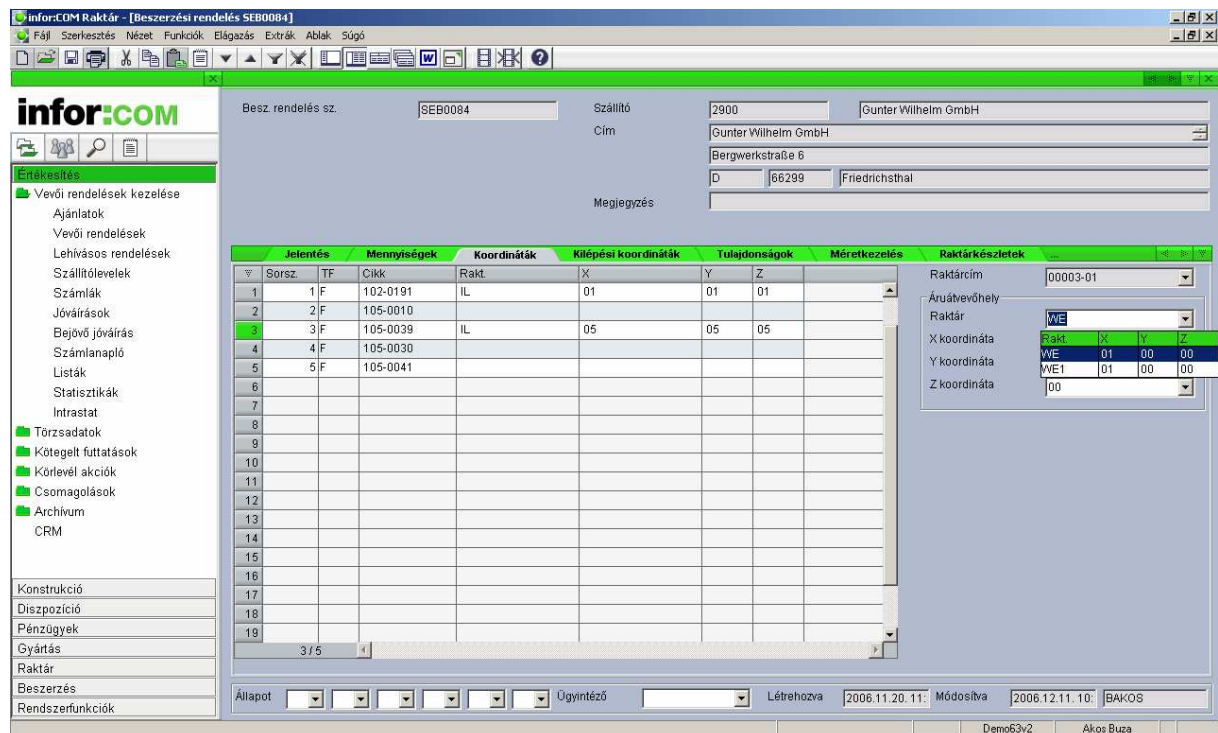
Állapot	Ugyintéző	Létrehozva	2006.11.20. 11:	Módosítva	2006.12.11. 10:	BAKOS
---------	-----------	------------	-----------------	-----------	-----------------	-------

8.22. ábra Árufogadás a raktárban

Ezt követően feladatunk a raktárban várakozni mindaddig, amíg a szükséges alapanyagok meg nem érkeznek.

Amikor ez az esemény bekövetkezik, akkor a Raktár modul Árufogadás menüpontjával tudjuk az árut a raktárba érkeztetni.

A megrendelés számának megadása után a rendszer betölti azokat a rendeléseket, amelyek esetében még nem érkezett be az összes tervezett anyagmennyiség. A kiválasztott cikk esetén meg kell adni a könyvelési kódot, azaz, hogy a bevét teljes, vagy részleges, ill. várt, vagy nem várt bevétről van szó.



8.23. ábra Bevételezési raktárhelyek megadása

A könyvelési kód kitöltése és a célraktár megadása után a Funkciók menüpont Bevétkönyvelés elemével tudjuk az anyagot ténylegesen is lekönyvelni. Ezután a rendszerben az adott cikk mennyiség a megadott mértékben nő, így a gyártás anyagfüggő lépései is elvégezhetők. Mielőtt azonban elkezdjük a gyártási műveleteket, mindenképpen érdemes a beszerzési rendelést lezárni, azaz, ha a szállítótól beérkezik a számla az adott anyagra vonatkozóan, akkor azt tudatni kell a rendszerrel. Ezt szokásosan a Funkciók menüpont Bizonylatok készítése menüponttal tehetjük meg.

8.23. Finomtervezett rendelések létrehozása, gyártásba adása, gyártás visszajelentése

A beszerzett alapanyagok beérkezése után a következő lépés a durvatervezett rendelések műveleti sorainak esetleges áttervezése, majd az áttervezés után átadása a finomtervezésnek. Erre lehetőségünk van a főmenüből, és a durvatervezett rendelés egyes soraiból is.

Kooperáció	Határidő	Menny.	ME	Elsz. ár	EÁr alap	EÁrME	KR
1 ISFT	2005.05.29. 18:03	10,00 db		0,00	1,00	db	8
2							
3							
4							
5							

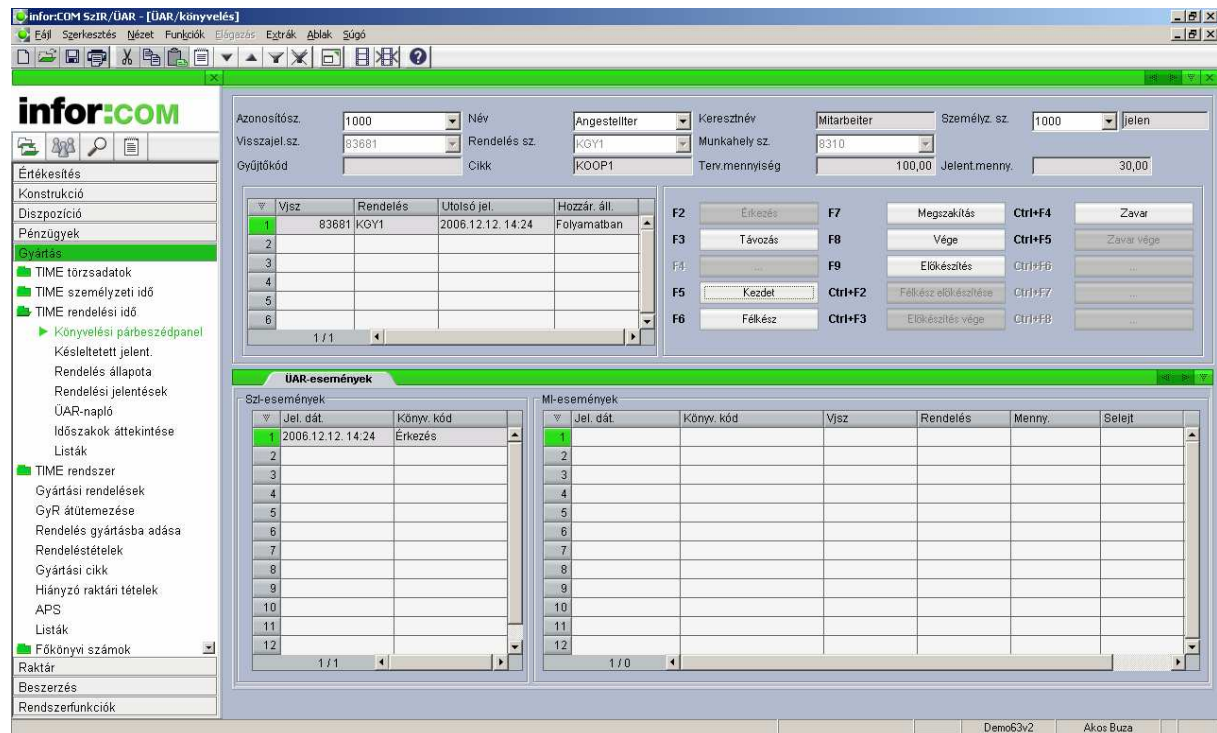
8.24. ábra Rendelés gyártásba adása

8.25. ábra Gyártásba adott rendelés állapota

Ezen a ponton a rendelésünket a Gyártás modul Gyártási rendelések menüpontjából érhetjük el. Hasonlóan a durvatervezéshez, a gyártási rendelés is automatikusan generálódott, így annak az azonosítóját nem ismerjük, ám a félkész és késztermékek cikkszámainak ismeretében azonosíthatjuk a keresett gyártási rendelésünket. Hasonló információkat tudunk itt is lekérdezni a rendelés állapotáról, mint a durvatervezéskor, a fő különbség, hogy a finomtervezett rendelésből közvetlenül gyártásba adhatjuk a műveleteinket. Ezt a Funkciók menüpont Gyártásba adás elemével tehetjük meg. Ekkor a rendelés állapota gyártásba adva állapotúra változik, ugyanakkor pedig kinyomtatásra kerülnek a raktárból történő anyag kivételezésének dokumentumai és a különböző munkalapok is.

Az infor:COM rendszerében a gyártásért külön programcsomag felel, ez az ún. TIME alrendszer. Ezt a Gyártás modulból közvetlenül elérhetjük. Az alrendszer alap gondolata, hogy a rendszerbe betáplált inputokat egy dedikált szerver gép állandóan fogadja, és feldolgozza. A feldolgozó processz a Gyártás modul ÜAR-feldolgozás menüpontjával indítható el. Érdemes tehát egy szeparált számítógépen csak ezt a feladatot végezni, így a rendszerben dolgozók mindig aktuális adatokat fognak látni, mivel kiadott gyártási műveleteik azonnal feldolgozásra kerülnek.

Első lépésként indítsuk el a Gyártás modul Könyvelési párbeszéd menüelemével a gyártásjelentő processzt.



8.26. ábra Könyvelési párbeszédpanel

Itt azonosítanunk kell a gyártási rendelésünket, amit a munkahelyszám révén könnyen megtehetünk. A művelet kiválasztása után a rendszer az adott rendelés állapotának megfelelő felületelemeket engedélyezi számunkra. Ez jelen esetben a művelet kezdetét szimbolizáló Kezdet nyomógomb. Ezt kiválasztva meg kell adni a tervmennyiséget, majd az Ok gombbal megkezdődik a gyártás. Tekintve, hogy az ÜAR feldolgozás jelen pillanatban valószínűleg nem fut külön számítógépen, így nekünk kell azt elindítanunk. Ezt a Gyártás modulból indíthatjuk el.

Elindítás után a rendszer kijelzi a feldolgozott eseményeket, és a következő feldolgozás időpontját is.

Az ÜAR feldolgozás után visszatérve a könyvelési párbeszédpanelhez, a rendszer a kiválasztott művelethez már más lehetőségeket kínál fel.

Ezek közül választva tudjuk az egyes eseményeket a rendszerrel közölni.

Tételezzük fel, hogy a gyártás hiba nélkül lezajlott, így a Vége gombot kiválasztva ezt a rendszerrel közölhetjük. Nem szabad elfelejteni, hogy ezután a jelentés után is el kell indítani az ÜAR feldolgozást, hogy a rendszer lekezelje az eseményt.

Ezután a rendszer bevételezi a cikknél megadott raktárba a félkész vagy készterméket, ami készen áll a csomagolásra és a kiszállításra.

ÜAR-jelentések	Személy	Művelet	Jelentés I	Jelentés II	Kiegészítő mezők I	Kiegészítő mezők II
Azonosító	Vjvsz	Könyv. kód	Jel. dát.	Szidó dátuma	Nyugta	
1	1000	83151	Személy – művelet kezdő	2006.12.12. 14:25:20	2006.12.12.	
2	1000	83681	Személy – művelet kezdő	2006.12.12. 14:24:48	2006.12.12.	
3	1000	0	Érkezés	2006.12.12. 14:24:48	2006.12.12.	
4	1000	83681	Személy – művelet meg	2006.01.03. 18:00:00	2006.01.03.	

8.27. ábra ÜAR feldolgozás eseményei

8.24. Szállítólevél és számla kiállítása

<p>Bizonylat</p> <p><input type="radio"/> Vevői rendelés visszaigazolása</p> <p><input checked="" type="radio"/> Kivét bizonylata</p> <p><input type="radio"/> Számla</p>	<p>Bizonylat</p> <p><input type="radio"/> Vevői rendelés visszaigazolása</p> <p><input type="radio"/> Kivét bizonylata</p> <p><input checked="" type="radio"/> Számla</p>
<p>Kivét bizonylata</p> <p><input type="radio"/> Szállítólevél</p> <p><input type="checkbox"/> Kiraktározási lista</p> <p><input type="checkbox"/> Manuális létrehozás</p> <p><input checked="" type="radio"/> Szállítólevél kivéttel</p> <p><input type="checkbox"/> Címkenyomtatás</p> <p><input type="checkbox"/> Kiraktározási lista</p> <p><input type="radio"/> Kommissiózási lista</p>	<p>Számla</p> <p><input checked="" type="radio"/> Nyomtatás</p> <p><input type="radio"/> Proforma számla</p> <p><input type="radio"/> Egyedi számlázás</p> <p><input type="radio"/> Készpénzes eladás</p> <p><input type="checkbox"/> Szállítólevél</p> <p><input type="radio"/> Előre fizetés</p> <p><input type="radio"/> Előleg</p> <p><input type="radio"/> Részfizetés</p> <p><input type="radio"/> Végszámla</p> <p><input type="radio"/> Belső számla</p>

8.28. ábra Vevői rendelés utolsó lépései

A gyártás folyamata tehát befejeződött, következő lépésként térjünk vissza a vevői rendeléshez, ami az egész folyamatot indukálta.

Ott a Funkciók menüpont Bizonylatok készítése menüelemmel először a szállítólevél és a kivét bizonylatát készíthetjük el, majd ha a számla is kiállításra került, akkor ezt ugyanezen a módon tehetjük meg.

A vevői rendelésünk így véget ért. Az már a pénzügyi részleg feladata, hogy a szállítóktól beérkező számlákat kiegyenlítsék, és a vevőnek kiküldött számla ellenértékét a rendszerrel bevételezzék.

Felhasznált irodalom

1. **ABERDEEN GROUP.** Mid-size Companies Lag in Performance Management <http://www.aberdeen.com>
2. **AJTONYI István, GYURICZA István (2002)**, Programozható irányító berendezések, hálózatok és rendszerek. Műszaki könyvkiadó, Budapest.
3. **ARCELUS, F. J., SRINIVASAN, G. (1987)**, Inventory policies under various optimizing criteria and variable markup rates, *Management Science*, 33:756—762.
4. **ARROW, K.J., HARRIS, T., MARSCHAK, J. (1951)**, Optimal inventory policy. *Econometrica* 19: 250 - 272.
5. **ARROW, K.J., KARLIN, S., SCARF, H. (1958)**, *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production*, Stanford University Press.
6. **ASKIN, R.G., STANDRIDGE, C.R. (1993)**, *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*, J. Wiley Inc. New York.
7. **AYHAN, Hayriye, DAI, Jim, FOLEY, R. D., WU, Joe (2004)**, *Newsvendor Notes*, ISyE 3232 Stochastic Manufacturing & Service Systems.
8. **BAKER K. R. (1974)**, *Introduction to Sequencing and Scheduling*. Wiley. New York.
9. **BARKMEYER, E., DENNO, P., FENG, S., JONES, A., WALLACE, E. (1999)**, NIST Response to MES Request for Information. NISTIR 6397, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.
10. **BAUER, BOWDEN, BROWNE, DUGGAN and LYONS (1991)**, *Shop Floor Control Systems - from design to implementation*. Chapman & Hall, UK.
11. **BÍRÓ Zoltán (1988)**, Termelésirányítási rendszer adatstruktúrája és az adatbázisok közötti kapcsolat számítógépes megvalósíthatósága. Szervezés és Számítástechnika Alkalmazás '88. II. Nyiregyházi Szimpózium, 1988. nov. 9-12., II. kötet, pp.238-253.
12. **BÍRÓ Zoltán (1989)**, Kereskedelmi és termelésirányítási alrendszerek adatrendszerének belső struktúrája és kapcsolatai. „Gépipari Automatizálás az Oktatásban” c. Konferencia, 1989. nov. 8-10., OKTÁV, Esztergom-kertváros. II. kötet, pp.317-330.
13. **BÍRÓ Zoltán, ESZES László, SZINTAY István (1987)**, Termelésirányítás. Oktatási segédlet a Rendszerelmélet, szervezés című tantárgyhoz. NME, G/6-V. Oktatási alprogram, AMT-OS/12, Miskolc.
14. **BRAHIMI, N., DAUZERE-PERES, S., NAJID, N. M., NORDLI, A. (2006)**, Single Item Lot Sizing Problems, *European Journal of Operational Research*, 168, pp. 1-16.
15. **BRAMEL, Julien, SIMCHI-LEVI, David (1997)**, *The Logic of Logistics: Theory, Algorithms, and Applications for Logistics Management*, Springer PLACE of publication.
16. **BUZACOTT, J. A. (1982)**, The Fundamental Principles of Flexibility in Manufacturing Systems. *Proceedings of the 1st Int. Conf. On FMS*, Brighton, U.K.
17. **BUZACOTT, J. A., SHANTHIKUMAR J.G. (1993)**, *Stochastic Models of Manufacturing Systems*. Prentice Hall. Englewood Cliffs.

18. **BUZACOTT, J. E., SHANTHIKUMAR, J. G. (1993)**, Stochastic Models of Manufacturing Systems. Prentice Hall Inc. New Jersey.
19. **CACHON, Gérard P. (2003)**, Competitive Supply Chain Inventory Management, Quantitative Models for Supply Chain Management (International Series in Operations Research & Management Science, 17), Chapter 5.
20. **CACHON, Gérard P. (2003)**, Supply Chain Coordination with Contracts, In de Kok, A. G., Graves, S. C. (eds): Supply Chain Management: Design, Coordination and Cooperation. Handbooks in Op. Res. and Man. Sci., 11, Elsevier, pp. 229-339.
21. **CACHON, Gérard P. and NETESSINE, Serguei (2003)**, Game Theory in Supply Chain Analysis.
22. **CHAN, L. M. A., MAX SHEN, Z. J., SIMCHI-LEVI, David and SWANN, Julie L. (2004)**, HANDBOOK OF QUANTITATIVE SUPPLY CHAIN ANALYSIS: Modeling in the E-Business Era, Chapter 9: Coordination of Pricing and Inventory Decisions: A Survey and Classification, Springer.
23. **CHEN, C. K., MIN, K. J. (1994)**, An analysis of optimal inventory and pricing policies under linear demand, Asia-Pacific Journal of Operational Research, 11(2):117—129.
24. **CHENG, T. C. E. (1990)**, An eoq model with pricing consideration. Computers and Industrial Engineering, 18(4):529—534.
25. **CHRYSSOLOURIS, G. (1992)**, Manufacturing Systems Theory and Practice. Springer V.1.
26. **COHEN, Shoshanah, ROUSSEL, Joseph (2005)**, Strategic Supply Chain Management: The Five Disciplines for Top Performance, McGraw-Hill Companies.
27. **DVORETZKY, A., KIEFER, J., WOLFOWITZ, J. (1953)**, On the optimal character of the (s; S) policy in inventory theory, Econometrica 21: 586 - 596.
28. **EGRI, P., VÁNCZA, J. (2006)**, Incentives for Cooperative Planning in Focal Supply Networks. Proc. of the 6th International Workshop on Emergent Synthesis, pp. 17-24.
29. **ELMARAGHY, H. A. (1993)**, Evolution and Future Perspectives of CAPP. Annals of the CIRP, Vol. 42/2: p. 739-751.
30. **EMMETT, Stuart, CROCKER, Barry (2006)**, The Relationship driven supply chain, Gower Publishing.
31. **ERDÉLYI F., TÓTH T. (2004)**, Production Planning of Individual Machine Systems: a Rate Based Approach Using Similarity. Proceedings of the TMCE 2004. Lausanne, pp.1133-1135.
32. **ERDÉLYI F. (1993)**, Szerszámgépek és diszkrét gyártási folyamatok számítógépes irányítása. Kandidátusi értekezés. Miskolc, p 144.
33. **ERDÉLYI, Ferenc (1995)**, Gyártórendszerek irányításának hierarchiája, Miskolci Egyetem, Oktatási segédlet. Miskolc 1995.
34. **ERDÉLYI Ferenc (szerk.) (1997)**, A technológia menedzsment informatikai eszközei; információ rendszerek I. rész, Phare TDQM-HU-9305.01-1383, pp. 235-315.
35. **ERLEBACHER, Steven J. (2000)**, Optimal and heuristic solutions for the multi-item newsvendor problem with a single capacity constraint, POMS Series in Technology and Operations Management, Vol. 9.

36. **ESZE Tamás, KISS Dénes (1988)**, A vállalati termelésirányítás matematikai modellje. Magyar Elektronika, 5. évf., 11. szám, pp.30-33.
37. **GARDNER, Daniel L. (2004)**, Supply Chain Vector: Methods for Linking the Execution of Global Business Models With Financial Performance, J. Ross Publishing.
38. **GATTORNA, John L. (2003)**, Gower Handbook of Supply Chain Management (5th Edition), Gower Publishing.
39. **GIRLICH, Hans-Joachim, CHIKÁN, Attila (1999)**, The Origins of Dynamic Inventory Modelling under Uncertainty, International Journal of Production Economics Volume 71, Issues 1-3 pp. pp. 2-16.
40. **GLEVITZKY Béla (2003)**, Operációkutatás II., elektronikus közlés mobiDIÁK könyvtár, Debreceni Egyetem, Informatikai Intézet, pp. 51 – 73.
41. **GOLDRATT, E. M. (1994)**, Theory of Constraints. North River Press, New York.
42. **HETYEI József (szerk.) (2004)**, ERP rendszerek Magyarországon a 21. században. ComputerBooks, Budapest.
43. **HORNYÁK Olivér (2002)**, Esztergálási műveletek kiterjesztett számítógépes szimulációja intelligens módszerek alkalmazásával, kézirat.
44. **HUGOS, Michael (2003)**, Essentials of Supply Chain Management, John Wiley & Sons.
45. **HUNT, V. D. (1989)**, Computer Integrated Manufacturing Handbook. Chapman and Hall Ltd. New York.
46. **IDS Scheer AG Business Process Excellence ARIS: Process Performance Manager.**
<http://www.ids-scheer.com/>
47. **JÁNOKI Lajos, KOCSIS János (1986)**, Számítógépes termelésirányítás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
48. **JOHNSON, C. (1998)**, Don't Overlook Manufacturing Execution in your Product Lifecycle Management Strategy.
www.visiprise.com/pdf/dont_overlook_manufacturing.pdf.
49. **KARLIN, S. (1955)**, The structure of dynamic programming models, Naval Research Logistics Quarterly 2: 285 - 294.
50. **KHOUJA, M. J. (2000)**, Optimal ordering, discounting, and pricing in the single-period problem, International Journal of Production Economics, 65(2):201—216.
51. **KISS Dénes (1988)**, Vállalati termelésirányítás információs modellje. A Szervezés és Számítástechnika Alkalmazás '88 II. Nyiregyházi Szimpóziumon (1988. november 9.-12.) elhangzott előadás.
52. **KISS, D. and TÓTH, T. (2004)**, Az elméleti megközelítés módszerei a termelésirányításban. In: ERP rendszerek Magyarországon a 21. században. (Szerk.: Heteyi, J.), ComputerBooks, Budapest, pp. 125-162.
53. **KOVÁCS László (2004)**, Adatbázisok tervezésének és kezelésének módszertana ComputerBooks.
54. **KRAJEWSKI J., RITZMAN B. (1996)**, Operation Management. (Strategy and analysis) Addison-Wesley Publishing Co.

55. **KUSIAK, A. (1985)**, Flexible Manufacturing Systems: a Structural Approach. International Journal of Production Research, Vol.23, No.7, pp.1057-1073.
56. **KUSIAK, A., DORF, R. C. (1994)**, Handbook of Design, Manufacturing and Automation. John Wiley & Sons Inc. New York.
57. **LEE, C. C., CHU, W. H. J. (2005)**, Who Should Control Inventory in a Supply Chain? European Journal of Operational Research, 164, pp. 158-172.
58. **MARTIN, J., CHAPMAN, K. K. (1992)**, Lokális hálózatok. Novotrade-Prentice Hall.
59. **MES Explained (1997)**, A High Level Vision, MESA International White Paper Number 6.
60. **MÉSZÁROS József (2005)**, Játékelmélet. Gondolat Kiadó.
61. **McCLELLAN, Michael (1997)**, Applying Manufacturing Execution System, CRC Press (August 21), ISBN: 157444-135-3.
62. **MILEFF Péter, NEHÉZ Károly (2006)**, An Extended Newsvendor Model for Customized Mass Production, AMO - Advanced Modelling and Optimization. Electronic International Journal, Volume 8, Number 2. pp. 169-186.
63. **MILNE, A. (1996)**, The mathematical theory of inventory and production: The Stanford.
64. **MONKS, J. G. (1987)**, Operations Management: Theory and Problems. McGraw Hill Book Company. New York.
65. **MONOSTORI, L. (1993)**, A step towards intelligent manufacturing: modelling and monitoring of manufacturing processes through artificial neural networks. Annals of the CIRP, Vol. 42, No. 1, pp. 485-488.
66. **MONOSTORI, L., KÁDÁR, B., EGRESITS, Cs. (1995)**, Virtual Manufacturing Using a Hierarchically Coupled Hybrid AI System. 3rd IFAC/IFIP/IFORS workshop on intelligent manufacturing systems. IMS '95. 1995. Vol. 2, Bucharest, pp. 369-374.
67. **MULLER, Max (2002)**, Essentials of Inventory Management, American Management Association.
68. **NEIL, S. (2001)**, MES Meets the Supply Chain, Managing Automation Magazine, Vol.16, No. 12, pp.18-22.
69. **NEUMANN, J. and MORGENSTERN, O. (1944)**, Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press.
70. **NIEDERHOFF, Julie A. (2005)**, Using Separable Programming to Solve the Multi-Product, Multi-Constraint newsvendor Problem and Extensions. POMS, Chicago, IL.
71. **PERVOZVANSZKIJ, A. A. (1981)**, Matematikai modellek a termelésirányításban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Műszaki Könyvkiadó.
72. **PETRI, C. (1962)**, Kommunikation mit Automation, Schriften der Rheinsch-Westfälischen Inst. für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn.
73. **PETRUZZI, N. C., DADA, M. (1999)**, Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions, Operations Research, 47(2):183—194.
74. **PORTEUS, E. L. (1990)**, Stochastic inventory theory. In D. P. Heyman and M. J. Sobel, editors, Handbooks in Operations Research and Management Science, volume 2, pages 605—652. Elsevier, North Holland.

75. **PROHÁSZKA János** (szerk.) (2001), A technológia helyzete és jövője. Magyar Tudományos Akadémia, Társadalomkutató központ, Budapest.
76. **RAJAN, A., RAKESH, and STEINBERG, R.** (1992), Dynamic pricing and ordering decisions by a monopolist, *Management Science*, 38(2):240—262.
77. **RÁNKY Pál** (1985), Bevezetés a számítógéppel irányított gépipari rendszerekbe. 1. Rugalmas gyártórendszerek elemei és tervezése. Alkalmazási és oktatási segédlet. Ipari Informatikai Központ, Budapest.
78. **RAZ, G. and PORTEUS, E.** (2001), A discrete service levels perspective to the newsvendor model with simultaneous pricing. Working Paper, Stanford University.
79. **SCARF, Herbert** (1963), A Survey of Analytic Techniques in Inventory Theory, in Scarf et al, editors, *Multistage Inventory Models and Techniques*.
80. **SCHEER, A.W.** (1994), *Computer Integrated Manufacturing. Toward the Factory of the Future*. Springer Verlag, Berlin.
81. **SHAPIRO, Jeremy F.** (2001), *Modeling the Supply Chain*, Thomson Learning, Duxbury.
82. **SOEIJ, Jan, VISSER, Reinoud** (2005), *MES: Product survey*, 2nd edition. LogicaCMG.
83. **SOMLÓ János, SZELKE Erzsébet, GIRNT Márton** (1987), Integrált gyártórendszerek termelésirányítása. Kutatási jelentés. Témaszám: G/6 10.086/87. BME Gépgyártástechnológia Tanszék.
84. **SOMLÓ, J. (szerk.), BORZSÁK, P., CSER, I., DETZKY, I., GIRNT, M., GYÜRKI, J., HAJÓS, Gy., HORVÁTH, M., KOVÁCS, L.B., MÉSZÁROS, I., NAGY, J., SZELKE, E. TÓTH, T., VÍZVÁRI, B.** (1980), *Gépgyártástechnológiai folyamatok optimalása*. OMF B tanulmány, 4-7702-Et, Budapest.
85. **TAYLOR, David A.** (2003), *Supply Chains: A Managers Guide*, Addison Wesley.
86. **TÓTH Tibor** (2004), *Termelési rendszerek és folyamatok*. Tankönyv. Miskolci Egyetemi Kiadó.
87. **TÓTH, T. and ERDÉLYI, F.** (2006), Decision Supporting of Production Planning and Control (PPC) by means of Rate-type State Variables on the Basis of Performance Indices of „Production Triangle”. *Proceedings of TMCE2006*, April 18-22, Ljubljana, Slovenia, edited by I. Horváth and J. Duhovnik, pp.797-812.
88. **TÓTH Tibor** (2006), *Tervezési elvek, modellek és módszerek a számítógéppel integrált gyártásban*. Tankönyv. 2. kiadás, Miskolci Egyetemi Kiadó.
89. **VÁNCZA, J., EGRI, P.** (2006), Coordinating Supply Networks in Customized Mass Production - A Contract-Based Approach. *Annals of the CIRP*, 55(1), pp. 489-492.
90. **VERNADAT, F.B.** (1996), *Enterprise Modeling and Integration*. Chapman and Hall. London.
91. **VOLLMAN, E. T., BERRY, W. L., WHYBARK, D. C.** (1984), *Manufacturing Planning and Control System*. IRWIN Illinois.
92. **WALDNER, Jean-Baptiste** (1992), *CIM: Principles of Computer-integrated Manufacturing*. John Wiley & Sons, Schicester – New York – Brisbane – Toronto – Singapore.

93. **WEISSTEIN, E. W. (2006)**, Logistic Distribution. In: MathWorld – A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/LogisticDistribution.html>.
94. **WEISSTEIN, Eric W. (1999)**, CRC Concise Encyclopedia of Mathematics, CRC Press, London, pp. 438-523.
95. **WILCO van den Heuvel, WAGELMANS, Albert P. M., (2005)**. A comparison of methods for lot-sizing in a rolling horizon environment. Operation Research Letters 33, 486-496.
96. **WILD, Tony, (1997)**, Best Practice in Inventory Management, John Wiley & Sons.
97. **YEOMANS, R. W., CHOUDRY, A. and ten HAGEN, P. J. W. (1985)**, Design Rules for a CIM System. North-Holland, Amsterdam.