



Logisztikai informatika

Szerző: Dr. Bikfalvi Péter
Dr. Dudás László
Dr. Hornyák Olivér
Dr. Kulcsár Gyula
Dr. Nehéz Károly
Dr. Tóth Tibor

Lektor: Dr. Erdélyi Ferenc

Korszerű anyag-, nano- és gépészeti technológiákhoz kapcsolódó műszaki képzési területeken kompetencia alapú, komplex digitális tananyag modulok létrehozása és on-line hozzáférésük megvalósítása
(TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0001)

1. BEVEZETÉS (Dudás László)

1.1. A mű célja

A mű egy *logisztikai informatika* tárgyú digitális jegyzet. A logisztika oktatásán belül önálló területet foglal el és önálló tantárgyként van jelen a *Logisztikai informatika*. Ennek feladata az integrált vállalatirányítási rendszerek részeként a vállalati termelő, irányító és egyéb folyamatok és a logisztikai tevékenységek informatikai kapcsolat- és eszközrendszerének megismertetése, a logisztikai adatok feldolgozásának, a szimulációs és matematikai optimalizációs lehetőségeknek és azokat realizáló szoftvereknek, az alkalmazott kommunikációs technikáknak, azonosító és követőrendszereknek az oktatása, működésük bemutatása. A Logisztikai informatika jelenleg is több logisztika irányultságú felsőfokú képzés része, azonban nincs egységes oktatási anyaga. A magyarországi oktatási helyek és szakok, melyen belül Logisztikai informatikát oktatnak, a következők:

- Általános Vállalkozási Főiskola, Vállalkozásszervező szak, Logisztikai menedzser szakirány; Nemzetközi szállítmányozási és logisztikai szakügyintéző
- Budapesti Gazdasági Főiskola, Kereskedelmi, Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Főiskolai Kar, Értékesítési logisztikai Szakirány
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésmérnöki mesterszak, Logisztikai mérnöki mesterszak
- Esterházy Károly Főiskola, Logisztikai Műszaki Menedzser-Asszisztens
- Miskolci Egyetem Mérnök informatikus mesterszak, Termelésinformatikai szakirány.
- Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Mérnök informatikus mesterszak
- Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki Kar, Logisztikai menedzser szak
- Széchenyi István Egyetem, Logisztikai mérnök mesterszak
- Veszprémi Egyetem, Logisztikai Műszaki Menedzserasszisztens
- Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai logisztikai mesterszak

A korántsem teljes listából is látható, hogy ez az Interneten elérhető, szabadon felhasználható Logisztikai informatika jegyzet számos képzés tananyagában hasznosulhat.

1.2. A mű témája

A mű a logisztikai informatika fogalmáról, feladatáról, alkalmazási területeiről, algoritmusairól, módszereiről, a támogatására szolgáló eszközökről és alkalmazásokról szól. A logisztika a második világháborús ellátási folyamatok optimalizálására alkalmazott matematikai módszerek, az „Operation Research” alkalmazásából fejlődött ki napjaink globális hatású diszciplínáinak egyikévé. A termelési és szolgáltatási folyamatokat kiszolgáló anyag- és kapcsolt erőforrások áramlási folyamatait a múlt század hetvenes éveitől kezdték az összefoglaló logisztika elnevezéssel illetni. A logisztikában az anyagáramlás mellett az információáramlás és –feldolgozás játssza a fő szerepet. Az egyre fejlődő gazdasági és tudományterület napjainkra a fejlett gazdaságokban a GDP 10-17%-át termeli meg. A logisztikai folyamatok tervezésében, irányításában az optimális megoldások elérését az informatikára erősen építő matematikai módszerek teszik lehetővé, melyek gyakorlati realizálása a korszerű kommunikációs, telematikai és információtechnológiai eszköz- és módszerrendszer nélkül lehetetlen lenne. A logisztika által integrált sok terület közül jelen oktatási anyag az alkalmazott, elsősorban optimalizációs célú matematikai és szimulációs módszerekre, valamint a tervek realizálásához szükséges informatikai módszerekre és

eszközrendszerre koncentrál. A módszerek általában integrált vállalatirányítási rendszerekben, míg az eszközök változatos számítástechnikai és kommunikációs hardverben öltenek testet.

A logisztikának az Európai Unióban, annak földrajzi tagoltsága és a munkamegosztásban jelenlévő sokszínűsége miatt stratégiai szerepe van. Az Unió GDP-jének 13%-a származik a logisztikai tevékenységből. A szakterületet a folyamatos fejlődés, ebből következően a képzett szakemberek iránti fokozódó igény jellemzi, melyet a rugalmas és naprakész oktatásnak ki kell szolgálnia, hogy a jelenleg az USA és Japán színvonalához képest lemaradásban lévő európai gazdaság felzárkózását támogathassa. Ezáltal a bolognai elveket realizáló képzési forma tartalommal tölthető meg. Mindezek révén Európa - a liszaboni céloknak megfelelően - sikerebb helyet foglalhat el a globalizált világgazdaságban.

A magyarországi logisztikai helyzetképet az ország földrajzi elhelyezkedéséből eredő adottságok alapvetően meghatározzák. Hazánk logisztikai tevékenysége a 6%-os GDP aránnyal egyrészt lemaradást, másrészt nagyobb fejlődési lehetőséget mutat a fejlett európai régiókhöz képest. A logisztika kulcsszerepét felismerve Magyarország a Logisztikai Zászlóshajó Programban integrálta a sokszínű logisztikai fejlesztési célokat. Hazánk központi földrajzi helyzete, valamint az Unión belüli határ-országi elhelyezkedése egyaránt jó alapot ad arra, hogy a közép-európai térség logisztikai központjává váljon. Ehhez adnak infrastrukturális háttérrel az egyre jobban kiépülő autópálya rendszer, a meglévő vasúthálózat és a meglévő és a tervezett energiahordozó vezetékrendszerek. Mindezek tervezése, kiépítése és üzemeltetése magasan képzett szakembereket feltételez. A kormányzat átfogó célkitűzéseit, európai támogatással az ÚMFT pályázatok meghirdetése is kifejezi.

A logisztika regionális szerepét, fontosságát az ország több területére, pl. az Észak-Magyarországi régióba betelepült multinacionális cégek – Bosch, Shinwa, TVK, stb. – igényei is mutatják. Ezen országrészre jellemző kedvező adottság az M3 autópálya kiépülése, valamint a régió nagy hagyományokkal bíró, kiemelkedő oktatási intézményének, a Miskolci Egyetemnek a megléte. Ugyanakkor a gazdasági fejlesztés, melynek egyik összetevője csak a logisztika, a térség gazdasági felzárkóztatása, a foglalkoztatási helyzet javítása érdekében elengedhetetlen. A mű témái ezen igényeknek az oktatás részéről történő kielégítését célozzák a maguk koncentrált ismeretanyagával.

1.3. Célközönség

A Logisztikai informatika jegyzet azok számára készült, akik a logisztikai informatikai rendszerek oktatásában, tanulásában, készítésében, alkalmazásában érintettek. A jegyzet elsődleges hasznélvezői a Logisztikai informatikát tanító egyetemi oktatók és hallgatóik. A célcsoportot a hazai logisztikai képzés bázisintézményei, a tárgycsoport jelenlegi oktatói meghatározzák. A célcsoport szükségletei az általuk oktatott tárgyak tematikáin keresztül formáltak a mű tervezetét, ezáltal hatásuk közvetve megjelenik a jegyzetben.

A mű elsősorban a logisztikai oktatást kívánja támogatni, informatikus szemléletmódú megközelítés alkalmazásával. Az oktatók számára az oktatandó tananyag forrásaként, gazdagításaként használható. A már gyakorló logisztikai szakemberek számára a mű elolvasása ismereteik kiegészítésén keresztül hasznosulhat. Logisztikát alkalmazó termelő és szolgáltató területek logisztikai informatikához közvetve kapcsolódó szereplői, pl. fuvarozók, raktárosok is bővíthetik ismereteiket elolvasásával. A mű internetes elérhetősége lehetővé teszi nem szakterületi érdeklődők számára is a szakterületbe való betekintést, így kapcsolódó területek, pl. a gyártás szakemberei is érdeklődéssel olvashatják.

1.4. Szerzői kollektíva

A jegyzet írásában PhD, vagy akadémiai doktor fokozatú oktatók vettek részt, akik a logisztikai informatika tárgyterületet mérnöki és informatikus szemmel látatják. Többéves, évtizedes egyetemi oktatási gyakorlatukból következően a mű felépítése didaktikus, logikusan tagolt.

1.5. A mű felépítése

A tananyag négy tartalmi fejezetből áll. A tartalmi fejezeteket a tananyag céljáról, a mű felépítéséről szóló bevezető és a jövőbetekintést is magába foglaló összefoglaló fejezet fogja keretbe.

Az *információfeldolgozás hardvere* című első fejezet a logisztikai rendszerekben alkalmazott információrendszereket, a hálózatok szerepét a logisztikai folyamatok különböző szintjein, valamint a korszerű vezeték nélküli hálózatokat, rádiófrekvenciás azonosító rendszereket és a GPS logisztikai célú alkalmazását mutatja be.

Az *információ a logisztikában* című második fejezet az információ fogalmának, a logisztikában betöltött szerepének ismertetése után a logisztikai információforrásokkal, információfajtákkal foglalkozik. Kitér a logisztikai folyamatokban gyakran alkalmazott keresési algoritmusokra, továbbá a logisztikai informatikai modellezési elvekre, módszerekre, eszközökre.

A *vállalati logisztika információs rendszerei* című harmadik fejezet a logisztika modern iparvállalatoknál előforduló szintjeinek bemutatására, a szinteket kiszolgáló információs rendszerekre koncentrál. A vállalati logisztikai folyamatokat kísérő információs folyamatok fajtáinak, modellezésüknek feltárását követően a logisztika támogatására szolgáló korszerű szoftvereszközöket mutat be. A fejezetet a vállalatiirányítási rendszer és a logisztikai rendszer kapcsolatának ismertetése zárja.

A negyedik fejezet a *vállalatközi logisztika információs rendszereivel* foglalkozik. A témát a virtuális vállalat (Virtual Enterprise, VE) és a digitális vállalat (Digital Factory) korszerű fogalomkörébe ágyazva jeleníti meg. Részletezi a VE működtetéséhez szükséges integrált informatikai infrastruktúrát, valamint a VE logisztikai rendszere tervezési és irányítási feladatainak modellezését. Végül a nemzeti és nemzetközi logisztikai hálózatok információs rendszereivel és azok biztonságtechnikai kérdéseivel zár.

1.6. Javasolt alkalmazási mód

A jegyzet elsődlegesen a Logisztikai informatika tárgyú felsőoktatás segédleteként alkalmazható, mint oktatói tananyagforrás és a hallgatók számára mint jegyzet. A szerzők informatikai szemléletmódja miatt logisztikai irányultságú tárgyakat is hallgató informatikus, menedzser és termelésinformatikus hallgatók oktatásában előnyös. Egyes részek, mint pl. az információval kapcsolatos részek, vagy a keresési algoritmusok, kapcsolódó tárgyterületek tanításában is alkalmazhatók. Az oktatási célú alkalmazást erősítik a beépített animációk és az egyes témakörök elsajátítását ellenőrző kérdések. A témában való további elmélyülést könnyíti a fejezetekhez mellékelt irodalomjegyzék.

1.7. Az animációk használata

Mivel a jegyzet elsődlegesen elektronikus médiaként, webes felületen, böngészőből történő használatra íródott, a dinamikus animációk használata természetesnek tűnik. Az egyes animációkról az adott fejezetekben rövid leírás található. Az animációk a rájuk mutató hivatkozásokra való kattintással indíthatók. Egyes animációk, mint pl. az A* keresést bemutató demó, egyszerű interaktivitást, megállítást, továbbindítást is lehetővé tesznek.

2. A LOGISZTIKAI INFORMÁCIÓFELDOLGOZÁS HARDVERE (Hornyák Olivér)

2.1. Számítógépes hálózatok a logisztikában

2.1.1. 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 hamarosan gyors növekedésnek indult: 1970-ben 13, 1971-ben 23, 1972-ben 29, 1973-ban már 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. húsz naponként 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.

2.1.2. 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).

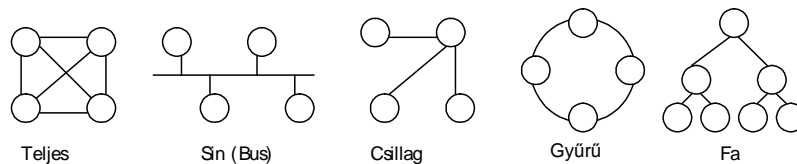
Felépítésük szerint a hálózati elemek csatlakozhatnak egyenrangú módon (peer-to-peer), illetve alá-fölrendeltségi viszonyban (kliens-szerver). Ez utóbbi egy olyan architektúra, amelyen a kommunikációban résztvevő két fél nem egyenrangú módon vesz részt, hanem dedikált szerepeket (szerver illetve kliens) 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.

2.1.3. 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. Az ábra segítségével tekintsük át a legelterjedtebb topológiákat és ezek tulajdonságait.



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 hibátűrő 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.

2.1.4. LAN hozzáférési módok

A LAN technológiák elterjedésekor az adatátvitel módja a csomagkapcsolt átviteli technika, vagyis a forrástól a célig az adatcsomag 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 allokalni, 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 adatcsomagok 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 szálak 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.

2.1.5. 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 hierarchikusan rendezett rétegbe sorolja be a hálózati szolgáltatásokat. Ezek a rétegek a fizikai közeg irányából felsorolva:

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.

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 adatsomagokat - kereteket hoz létre, illetve fogadja azokat, így helyreállítva az eredetileg elküldött adatsomagot. 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...).

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 adatsomagok 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 haladva jutnak el célpontjukig (hop-by-hop kapcsolat).

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 szétosssa (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 elrejtje 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

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. 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.

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.

2.1.6. Vezeték-nélküli hálózatok

A vezeték-nélküli hálózatok fontos szerepet töltenek be az iparban is. A vezeték nélküli technológiák nagyon sokfélék lehetnek. Néhány közülük elsődlegesen adatátvitelre szolgál. A Bluetooth szabvány például a számítógépes perifériák között épít ki hálózati kapcsolatot.

A harmadik generációs mobil hálózat (3G) szintén népszerű. Ma már cellánként megabit nagyságrendű adatátvitel és nagy lefedettség jellemzi a szolgáltatást. Az ipari alkalmazásuk mindazonáltal nem számottevő, inkább civil felhasználásuk jellemző.

Mind az ipari, mind az otthoni felhasználásra a 802.11 szabványnak megfelelő vezeték nélküli hálózatok, amelyeket Wi-Fi hálózatoknak is neveznek, terjedtek el széleskörűen.

Tekintsük át, milyen előnyökkel bír a vezeték nélküli hálózat a vezetékessel szemben a logisztikai informatikában.

Mobilitás

A felhasználók mozognak, de az adatok gyakran központi szervereken vannak eltárolva. Ha a felhasználók hozzáférnek az adatokhoz mozgás közben is, az egyértelműen előny.

Könnyű és gyors telepítés

Vannak olyan helyek, amelyeket nehéz vezetékkel felszerelni. Még viszonylag új építésű épületeknél is drága és időigényes lehet a kiépítés. Régi, műemlék jellegű épületeknél

a kábelek elhelyezése nem minden esetben kivitelezhető, ilyenkor a vezeték nélküli hálózatok jelentik az egyetlen használható megoldást.

Rugalmasság

Ha nincsenek kábelek nem kell újrakábelezni sem. A vezeték nélküli hálózatokkal gyorsan kialakíthatunk amorf, kis csoportokból álló hálózatot megbeszélésekhez, lehetséges az irodán belüli vándorlás. A hálózati médium mindenütt ott van.

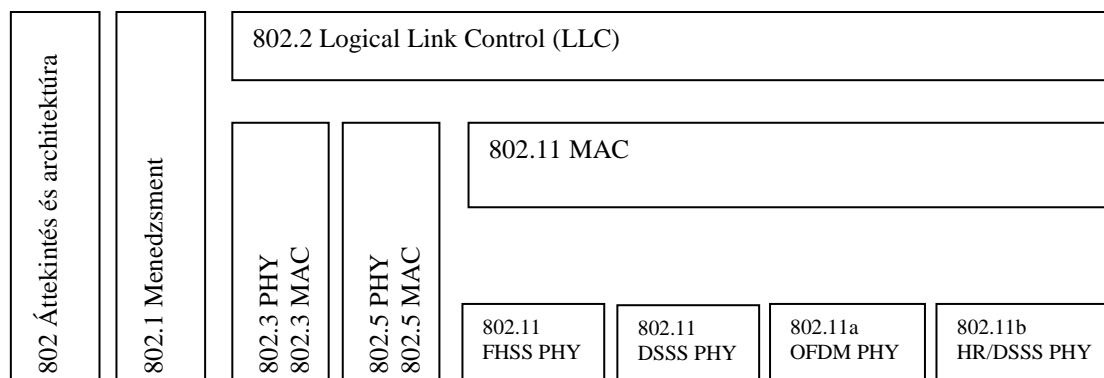
Költség

A vezeték nélküli hálózat bekerülési költsége (access points, hálózati kártyák) nem túl magas, működtetési költsége alacsony. Gyakran ez összevethető nagyságrendű például a bérelt vonali költségekkel.

A 802.11 szabványainak összehasonlítása

IEEE szabvány	Sebesség	Frekvencia	Megjegyzés
802.11a	54 Mbps	2.4Ghz	A szabvány 1999-es, de 2000-ig nem került kibocsájtásra
802.11b	54 Mbps	5Ghz	Nagyon elterjedt volt a 2000-es évek elején
802.11g	54 Mbps	2.4Ghz	2003-as szabvány
802.11n	108Mbps	2.4Ghz	2003-as szabvány

A 802.11 az IEEE 802 szabvány családjának tagja. Ez a sorozat a helyi hálózatok (Local Area Network, LAN) specifikációit tartalmazza. A következő ábra az IEEE 802 család komponenseit, azok kapcsolatait illetve az OSI modellben való elhelyezkedésüket mutatja.



Az IEEE 802-es szabvány család

2.2. Logisztikai Információs rendszerek (Logistics Information System)

Definíció szerint a logisztikai információs rendszereknek nevezzük azokat a szoftver és hardver komponenseket, amelyekkel szállítási és raktározási feladatokat támogatunk. Az ilyen rendszerek célja, hogy a vevő magas szintű kiszolgálásban részesüljön, azaz a megfelelő árut a megfelelő időben a megadott mennyiségben megkapja – és ezeket a szolgáltatásokat költséges és idő szempontjából hatékonyan valósítsuk meg.

A logisztikai információs rendszerek a logisztikai feladatok hatékony és hatásos végrehajtását segítik. Egy vállalaton belül a logisztikai információs rendszerek a következő feladatokat támogatják:

- A logisztikai folyamatokat a lehető legkisebb költséggel a vevő lehető legnagyobb megelégedésére hajtják végre.
- Az információs rendszer a megrendelések teljesítése érdekében megtervezi és felügyeli a logisztikai tevékenységek végrehajtását.
- A vállalatot versenyképesebbé teszi, átgondoltabb taktikai és stratégiai döntések meghozatalát támogatja, mind a vállalat, mind a vevő nagyobb megelégedésére.
- A vevők információ-ellátását biztosítja különösen, de nem kizárólag: a termékek rendelkezésre állásáról, a megrendelések státuszáról, a kiszállítások ütemezéséről.
- Csökkenti a raktárkészletek nagyságát és az élőmunka igényt az igények pontosabb tervezésével.
- Kapcsolódik a marketing, pénzügyi és gyártásvégrehajtó (Manufacturing Execution Systems, MES) rendszerekhez. A vállalat működtetéséhez, a stratégiai döntések meghozatalához döntéstámogatást nyújt a menedzsmennek.
- Informatikai eszközök segítségével az igények változása gyorsabban követhető, illetve arra gyorsabb reakció adható. A megrendelések előrejelzése redundánssá tehető. „Húzó” típusú rendszerek implementálhatóak, pl.: just-in-time típusú rendszerek. Ezek a vállalat versenyképességét fokozzák.
- Kidolgozhatók olyan együttműködő rendszerek a gyártási, illetve disztribúciós területen, ahol a beszállítók üzemeltetik az egyik oldalt, a vevők pedig a másikat.
- Informatikai eszközökkel a fizikailag elkülönülő raktári készleteket egységesen lehet kezelni. A raktárkészlet kezelése központosítható, az árufeltöltésnél kisebb biztonsági készleteket írhatunk elő. A raktárkészlet maga átszállítható a felhasználás illetve a gyártás közelébe. Ezt a koncepciót „virtuális” vagy elektronikus készletgazdálkodásnak nevezik.

Adatkezelés szempontjából ezeket a rendszereket két csoportra bonthatjuk [Helo2005]: tranzakcionális és analitikus rendszerekre. A tranzakcionális rendszerek az adatok összegyűjtését, feldolgozását és továbbítását látják el a cég múltbeli és aktuális adatain végezve műveleteket. Az ilyen rendszerek POS (Point of Sale) terminálokból, könyvelő programokból, időszakos eladási jelentésekből, e-commerce rendszerekből, stb. állnak.

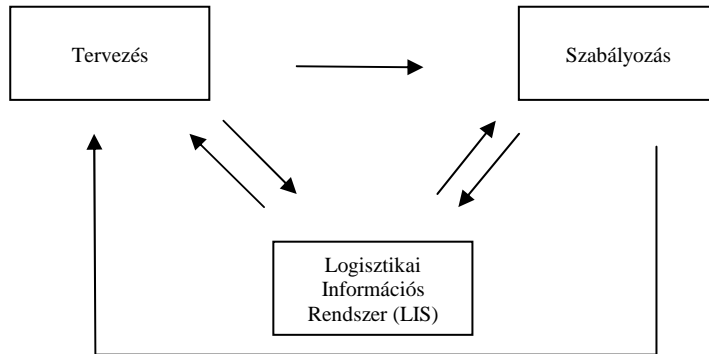
Az analitikus szoftverek a beszállítói lánc adatain alapuló modelleket fejlesztenek ki: Ezeket aztán – folyamatos továbbfejlesztés mellett – finomhangolják az adott vállalati környezetre. Ezek a rendszerek átfedést mutatnak más rendszerekkel is ezért a szakirodalomban az alábbi terminológiák honosodtak meg: gyártási ütemező rendszerek, előrejelző rendszerek, beszállítói lánc optimalizáló rendszerek.

Az említett két fő rendszertípust az alábbi hat aspektus szerint szokták vizsgálni:

1. A feldolgozott idő szempontjából: múltbeli és jelenlegi (tranzakcionális) és jövőbeli (analitikus).
2. A célja szempontjából: jelentések készítése (tranzakcionális) és előrejelzés vagy döntéstámogatás (analitikus).
3. Üzleti hatókör szempontjából: rövidtávú (tranzakcionális) és hierarchikus vagy hosszú távú (analitikus).

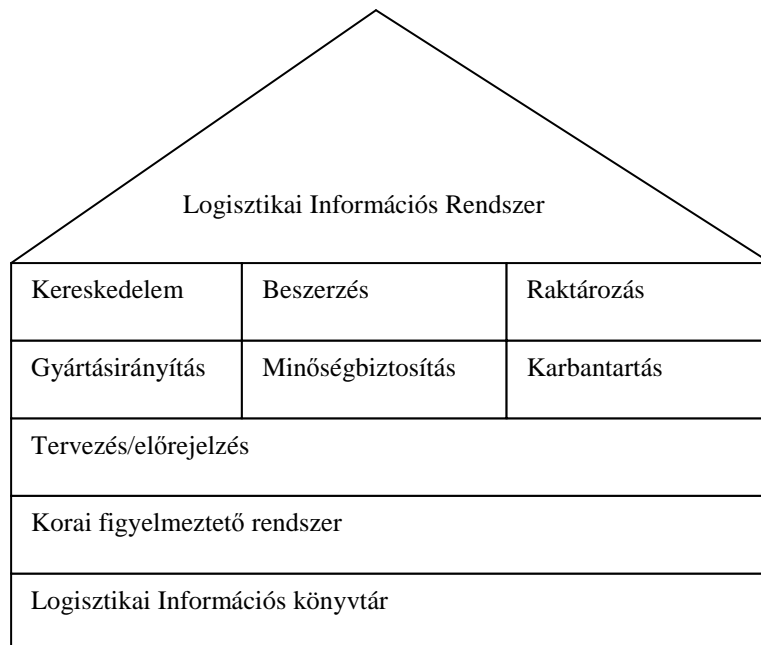
4. Az adatbázis szempontjából: nyers vagy alig feldolgozott tényszerű adat (tranzakcionális) és nyers, közepesen vagy nagymértékben átalakított adat (analitikus).
5. Válaszidő szempontjából: valósidejű (tranzakcionális) és valósidejű vagy kötegelt feldolgozású (analitikus).
6. Az üzleti folyamatok tervezése szempontjából: az emberi erőforrásokat kiváltó vagy lecserélő (tranzakcionális) illetve a menedzsment döntéseit támogató (analitikus).

A folyamat szempontjából vizsgálva beszélhetünk tervező illetve végrehajtó rendszerekről.



A Logisztikai Információs Rendszer kapcsolatai

Az előbbi csoportba azok az alkalmazások tartoznak, amelyek megpróbálják a lehető legjobban kitölteni a lehetőségre álló kereteket. Az utóbbi csoportba olyan rendszerek tartoznak, amelyek nyomon követik a javak fizikai státuszát, kezelik a nyersanyagokat és késztermékeket, felügyelik a kapcsolódó gazdasági folyamatokat. Számos logisztikai információs rendszer az ERP rendszerekbe integrálva működik. Az ábra az SAP rendszerhez tartozó LIS felépítését mutatja meg [12].



Az SAP Logisztikai Információs Rendszere

A logisztikai információs rendszerek hardver eszközei

A logisztikai információs rendszerek hardver és szoftver elemekből állnak. A modern hardvereszközök nagy mértékben támaszkodnak a korszerű vezetékes és vezeték nélküli számítógépes hálózatokra. Nem nélkülözhetik a korszerű, nagy teljesítményű adatbázis-kezelő és fájl szervereket, valamint az egyedi számítógépeket, terminálokat. A feladat jellegénél fogva hangsúlyozottan használják a hordozható eszközöket: ipari kivitelű PDA-kat, GPS nyomkövetőket. Jellemző eszköztárak:

- Számítógépek, számítógép terminálok, POS terminálok
- Vezetékes és vezeték nélküli hálózati eszközök, bluetooth eszközök
- Hordozható eszközök (PDA-k)
- Műholdas nyomkövető (GPS) eszközök, szatellit rendszerek
- Vonalkód olvasók, szkennerek, RFID antennák

GPS

A GPS (teljes nevén NAVigation System with Timing And Ranging Global Positioning System, NAVSTARGPS) az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma (Department of Defense, DoD) fennhatósága alatt került kifejlesztésre. A kifejlesztésénél fontos volt, hogy a felhasználása során mind katonai, mind civil szempontokat megfelelő módon érvényesíthetők legyenek. A civilek által használt jeleket (Standard Positioning Service, SPS) ingyenesen, bárki által hozzáférhető módon fel lehet használni, míg a nagyobb pontosságot garantáló katonai jeleket (Precise Positioning Service, PSP) csak az amerikai kormányzat által jóváhagyott módon lehet elérni. A legelső műholdat 1978 februárjában lötték fel. Jelenleg 28 működő műhold kering az egyenlítő felett 20180 km magasságban hat különböző orbitális síkon. Az egyenlítővel 55 fokos rálátási szöget bezáró műholdak közül legalább négy a föld bármely pontjával rádiókapcsolatba tud lépni. Mindegyik műhold körülbelül 12 óra alatt megkerüli a földet és egyenként négy nagypontosságú úgynevezett atomórát visznek magukkal.

A GPS rendszerek tervezésénél a következő szempontokat vették figyelembe:

1. A felhasználó legyen képes megállapítani a pozícióját, a sebességét, az időt akár mozgásban, akár nyugalomban van.
2. Az időjárás viszonyoktól függetlenül a felhasználó folyamatos, 3 dimenziós, nagy pontosságú pozicionálásra legyen képes.
3. Civilek is használhassák.

Az atomórák a jelenleg létező legpontosabb időmérő szerkezetek, 30000 év alatt legfeljebb 1 másodperc eltérést szenvednek el. Hogy még pontosabbak legyenek, a föld különböző pontjairól rendszeresen szinkronizálják őket. Mindegyik műhold a pontos pozícióját és a fedélzeti órái által nyilvántartott időt a 1575,42 MHz frekvencián a földre sugározza fénysebességgel (300 000 km/s). Ez azt jelenti, hogy közvetlenül a műhold alatt elhelyezkedő vevő esetén a jelek 67,3 ms alatt érik el a föld felszínét, és minden további kilométert 3.33 μ s alatt tesznek meg.

Ha kíváncsiak vagyunk a pozíciókra a Földön, akkor csak egy pontos órára van szükségünk. Ha összehasonlítjuk a műhold által sugárzott jel megérkezésének idejét a jel kibocsátás idejének fedélzeti idejével, akkor meghatározhatjuk az adott jel tranzit idejét.

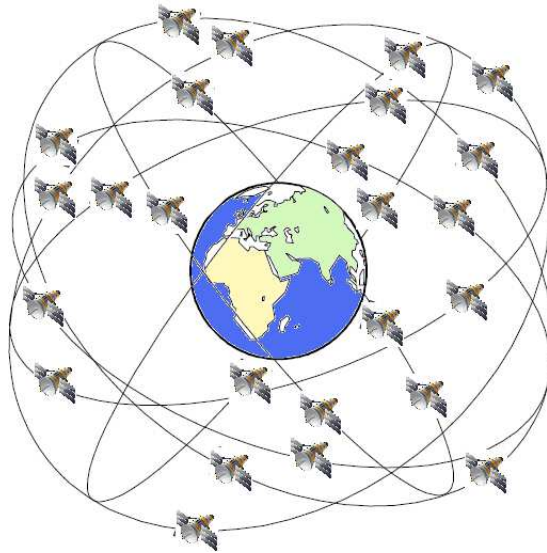
A műhold távolsága az adott ponttól az

$$s = t \cdot c$$

(1)

képlet segítségével számítható, ahol

s a távolság,
 t a tranzit idő
 c a fény sebessége.

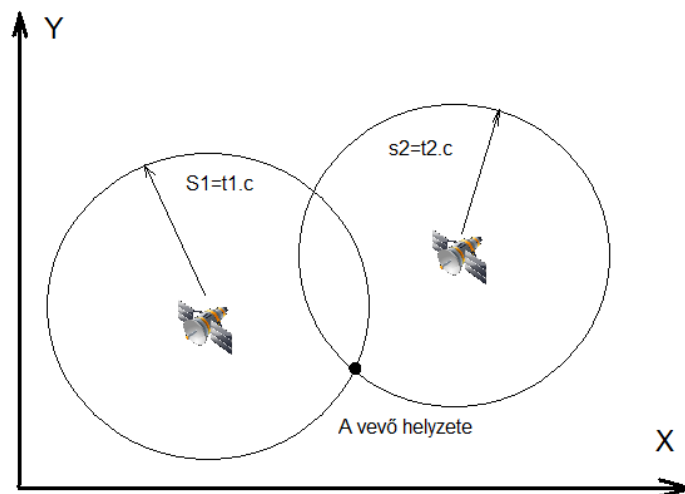


A 6 orbitális síkon keringő műholdak

Ez még önmagában nem elegendő, hogy a Földön lévő tetszőleges pont 3 dimenziós koordinátáját meghatározhassuk. Ehhez 4 különböző műhold jelét kel fognunk.

Képzeljük el, hogy egy végtelen síkon vagyunk és szeretnénk megállapítani a pozíciónkat. Ha két műhold jelét fogjuk és meghatározzuk annak a tőlünk mért távolságát a fent leírt módszer segítségével.

Ha a mindkét műhold köré azok távolságának megfelelő sugarú kört rajzolunk, akkor ezeknek a köröknek a metszéspontjában vannak azok a pontok, ahol lehetünk.



A síkbeli pozíció meghatározása

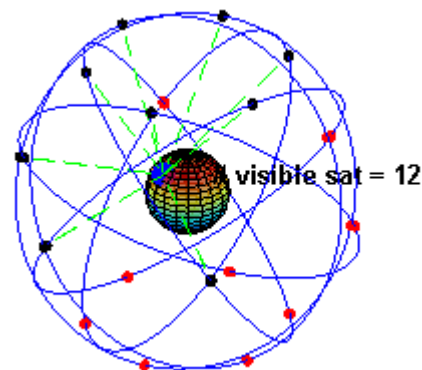
A pontos térbeli pozíciónk megállapításához egy harmadik műhold jelére is szükségünk van. Ennek segítségével a harmadik, z irányú koordináta is kiszámítható. Ebben az esetben mindhárom műhold köré egy-egy a távolságuknak megfelelő sugarú gömböt rajzolunk. Ezek metszéspontja adja majd a térbeli pozíciókat.

Ahhoz, hogy ez a számítás működjön, a műholdon található órákat és a földi órát szinkronizálni kell, a tranzit idő pontos megállapításához.

Csupán egyetlen mikroszekundum eltérés 300 méteres pontatlanságot eredményezhet, ezért különösen fontos, hogy az időmérés nagy pontosságú legyen. Tételezzük fel, hogy az idő mérésekor mérési hibát kapunk. Mivel mindhárom műhold órája szinkronban van egymással, ezért ez az időmérési hiba minden műhold esetén ugyanannyi. Ha egy négyismeretlenes egyenletrendszer akarunk megoldani, akkor négy független egyenletre van szükségünk.

A négy ismeretlen pedig a szélesség (x), a hosszúság (y), a magassági koordináta (z) és az időmérés hibája (t_{error}). Ezért kell négy műhold jelét fognunk a pontos helymeghatározáshoz. Ez a négy jel szükséges a négyismeretes egyenlet megoldásához.

A Föld körül keringő 28 műhold közül legalább négynek a jelét mindig tudjuk fogni. Így, a mérési pontatlanságok ellenére 5-10 méteres precizitással a helyzetünk meghatározható.



A GPS műholdak föld körüli pályán. Feketével vannak jelölve a földfelszín egy adott pontjáról (kék folt) elméletileg látható műholdak (a számuk is jelezve) [18]

A GPS logisztikai felhasználása

A GPS ipari felhasználása egyre bővül. Minden olyan alkalmazásban jól használható, ahol

- sebesség
- gyorsulás
- pontos idő,
- útvonal,
- időtartam

meghatározása a cél.

A legtriviálisabb logisztikai alkalmazás az útvonaltervezés. A gépjárművek navigációs eszközökkel szerelik fel, amelyek a célpontok ismeretében megtervezik az optimális útvonalat, grafikus és szóbeli instrukciókat adnak a gépjármű vezetőjének. A GPS a hajózásban és a légitözlekedésben is használatos.

Az értékesebb járművek, rakományok lopásának megakadályozására is alkalmazható a GPS. A szállítójárműbe szerelt GPS vészjelzést adhat le, ha az előre definiált útvonaltól eltér a jármű. A vészjelzést természetesen kézzel is működésbe lehet hozni. A GPS készüléket a jármű immobilizátorával össze lehet kapcsolni, és akár automatikusan, akár a távolban lévő biztonsági cég központjából a továbbhaladást le lehet tiltani.

A GPS összeköttetésben lehet ütközést érzékelő szenzorral és vészhelyzet esetén pontos helymeghatározással segítheti a gyorsabb kárelhárítást.

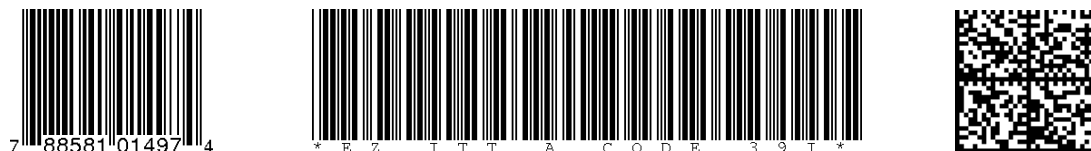
Egy GPS eszköz adatgyűjtővel összekapcsolva alkalmas járműflották követésére. Használatával pontos információ nyerhető arról, hogy a szállítójármű éppen merre jár vagy járt, mikor és hol mennyit várakozott. A vezető betartotta-e a vezetési és pihenőidőkre vonatkozó előírásokat. Mikor érkezett meg a célállomásra. Ezeket az információkat képi formátumban térképek segítségével illetve különböző fájlformátumokba konvertálva lehet elmenteni.

Egy ilyen felügyeleti rendszer kulcsfontosságú része a diszpécserközpont, melynek alapvető feladata a járművekből érkező földrajzi pozíciók térképi megjelenítése, helyzetük elemzése. Képes internetes környezetben (internet szerver – internet kliens) lokális központként üzemelni. Tárolja és feldolgozza a műholdas helymeghatározó eszközökkel felszerelt járművekből érkező adatokat (Short Message System), valamint figyeli a jármű helyzetét. A beérkezett adatokat a kommunikációs központ feldolgozza, illetve a vonatkozó információkkal összevetve naplózza, riasztja az illetékes szerveket, illetve személyeket. A térinformatikai technológián alapuló megoldás alkalmas ún. területi határfigyelésre is, amely a gépjármű pontos földrajzi helyéhez köthető.

GPS-t használnak a tömegközlekedésben is, az utasok pontos képet kapnak arról, merre jár az a járat, amelyikre várnak, hány perc múlva érkezik a megállóba.

2.2.1. RFID a logisztikában

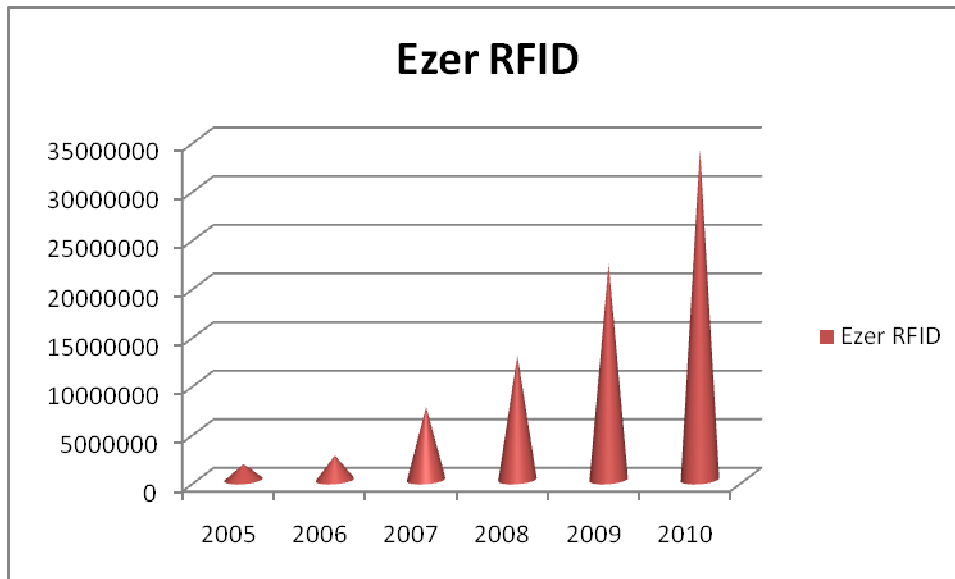
A tömeggyártás elterjedésével előtérbe kerültek azok a technikák, amelyekkel felgyorsítható az anyagok és munkadarabok azonosítása az anyagkezelési folyamatok során. Kezdetben a nyomtatott címkék töltötték be ezt a szerepet. Az 1970-es években aztán megjelentek a Universal Product Code, UPC vonalkódok, lásd alábbi ábrát. Ezek segítségével szabványosítható és automatizálhatóvá vált az azonosítás. A bárkódok (vonalkódok) könnyen és olcsón előállíthatók, van azonban néhány hátrányuk: a vonalkód olvasónak tisztán és egyenesen rá kell látnia a vonalkódra, a közeli objektumok, elmosódások megzavarhatják a leolvasást, az erős napfény vagy egyenetlen felület megnehezítheti az azonosítást. Sokfajta vonalkód terjedt el, néhány példát az ábra mutat.



UPC-A, Code 39 és Data Matrix

A vonalkódos azonosítás alternatívájaként merült fel a rádiófrekvenciás azonosítás (Radio Frequency Identification, RFID), amellyel már távolabbról, közvetlen rálátás nélkül azonosítható az árucikk, a termék, az állat, vagy akár az ember is.

Két részből áll: az olvasóból és a címkéből. Az RFID nem újkeletű technológia. Már a II. világháború során is alkalmazták az angol légierőben hasonló elven működő barát-ellenség azonosító rendszert. A modern RFID-hoz hasonló rendszert alkalmaztak a Los Alamos Nemzeti Kutató-laboratóriumban, ahol a kitűzőkbe szerelt RFID címkék segítségével ellenőrizték a biztonsági területekre való belépés jogosságát. Az azóta eltelt 50 évben az RFID előállításának költsége csökkent, így elérhetővé vált az ipari alkalmazása is – bár újságírók, jogvédők a mai napig kritikával illetik a felhasználás etikusságát. Az RFID elterjedése azonban töretlen, lásd az alábbi ábrát.



Az RFID elterjedése

2.2.2. Az RFID technikai megvalósítása

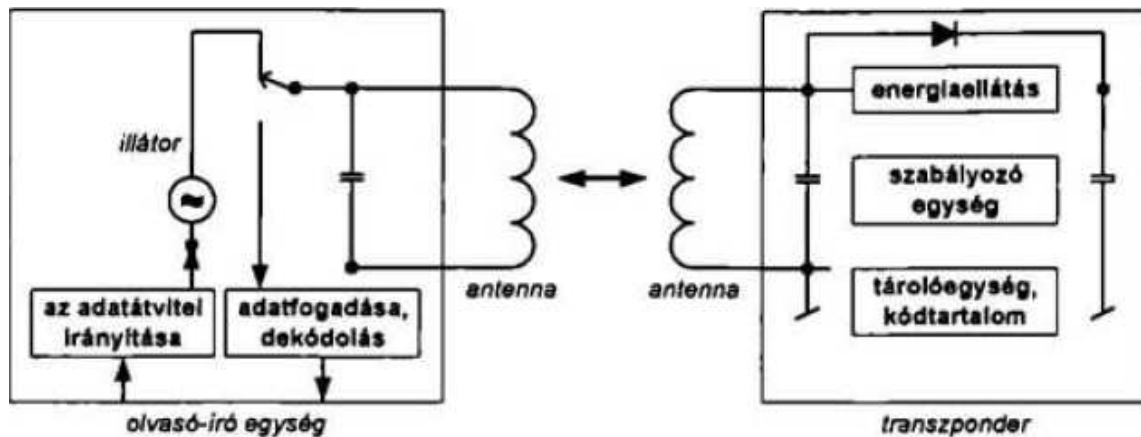
A rádió frekvenciás azonosítás az író/olvasó egység és az elektronikus adathordozó (transzponder, tag, címke) közötti kommunikáción alapszik. A kommunikáció akkor jön létre, ha a külső körülmények és a leolvasási távolság, ami frekvenciafüggő, optimálisak.

Ha egy RFID rendszert akarunk vizsgálni igen széles spektrummal találhatjuk magunkat szemben. A mindössze egy transzponderből és egy olvasóból álló rendszer is tekinthető RFID rendszernek, viszont egy komplexebb rendszer akár több ezer tag-et vagy transzpondert, több hálózatba kötött leolvasót és vezérlő számítógépet valamint back-end adatbázisokat is tartalmazhat.

Mivel az RFID elemek rádióhullám segítségével kommunikálnak egymással, a technológia egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy a leolvasáshoz az olvasó/írónak nincs szüksége konkrét „rálátásra”, mivel a rádióhullámok számos közegen át tudnak hatolni, és hibamentesen leolvashatóak.

2.3.2.1 Az RFID rendszer elemei

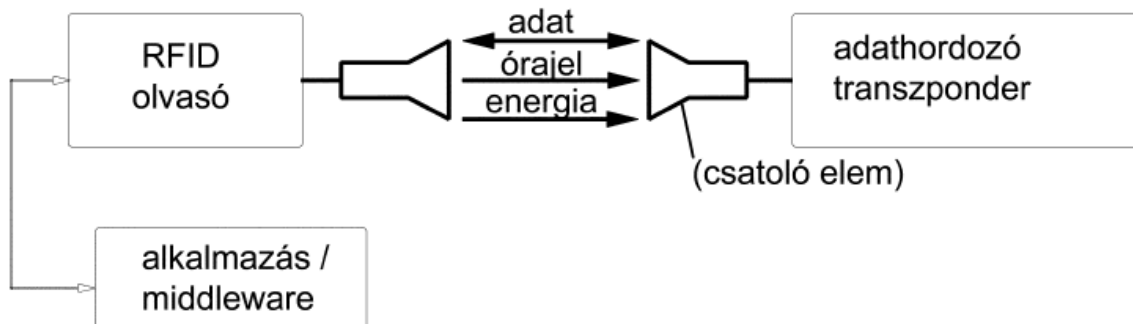
A rádiós azonosításhoz, legalább két komponensre van szükség, egy azonosító, valamint egy azonosítandó. Az azonosító valamilyen adatkapcsolatba lép az azonosítandóval, mely során kommunikáció, adatátvitel történik az egyik, vagy mindkét irányba. Az olvasó és a kódhordozóban lévő chip közötti adatátvitel rádióhullámokon zajlik, tehát szüksége van mind két egységnek rádiós interfészre. Miután ez a chip belép az azonosító által gerjesztett elektromos, vagy mágneses térbe, visszasugározza a benne tárolt információt.



RF transzponder és író/olvasó egység felépítése

Az RFID rendszereket ritkán alkalmazzák támogató informatikai háttér nélkül, mivel ezek a számítógépek hasznosítják és dolgozzák fel a kapott adatokat ipari felhasználás során. Ezért egy alap RFID rendszer, általában három fő elemből áll:

- RF kódhordozóból (transzponder, tag, címke, bélyeg, stb.) mely az azonosítani kívánt objektumon helyezkedik el,
- író/olvasó berendezés és az ehhez szükséges antennák,
- informatikai támogatás .



Egyszerű RFID rendszer (egy olvasó és egy transzponder)

Az informatikai támogatást (pl.: vezérlő számítógépek) alkalmazástól függően használhatjuk, esetleg többet is, amik hálózatba lehetnek kötve. Lehetőség van több olvasó összehangolására, real-time (valós idejű) adatfeldolgozásra, valamint arra, hogy kapcsolatot teremtsünk az olvasók és a back-end adatbázisok között.

A felhasználástól függetlenül minden olyan egyéb rendszert (pl.: informatikai) amely az olvasó és a végső alkalmazás között helyezkedik el middleware-nek nevezünk. A back-end adatbázisok az olvasói zónában tartózkodó RF kódhordozókról tárolnak információkat, amelyek nem csak lekérdezhetőek, hanem az adatátvitel alatt módosíthatóak is.

Az olvasó/író: az olvasó/író célja a rádiós kapcsolat felállítása az RF kódhordozóval, azonosítása azt, a létrejött kapcsolatot fenntartsa, a szükséges információk olvasása/írása, valamint a kapcsolat lezárása. Ebből adódik, hogy az olvasó/író is rendelkezik saját RF modult (adó-vevő), egy ezt vezérlő elemet, egy csatoló elemet. Számos olvasó további külső rendszerekkel való összeköttetésre is alkalmas, ilyenek például az USB, Wi-Fi, RS 485, stb. Általában belső antennájuk van, amit egyes olvasókon ki lehet egészíteni csatlakoztatható külső antennával is, ami drágább.

Transzpoder (**TRANS**mmitter (adóvevő) + res**PONDER** (válaszadó) = **TRANSZPONDER**): Más néven „tag”. Az RFID transzpoder hordozza a szükséges információkat az azonosítandó tárgyról. Ez az eszköz egy kis antennából és egy mikrochip-ből áll. Számos módon elhelyezhetjük a tárgyon, lehet címke (tag), különböző tokokat készíthetünk a számára (amely lehet flexibilis, vagy merev). Mivel a transzpoder mérete ma már a milliméter töredékének méretében is készül, ezért gyakorlatilag nincs akadály a felhasználás módjában.

128 bites, 38 számjegyből álló kódsorozatot tárolni képes RFID lapka a korábbi rekordokat megdöntve a létező legkisebb, mindössze 0,05 x 0,05 mm méretű és 5 mikron vastagságú.

Az RF kódhordozók alapelemei az antenna és a mikrochip. Ahhoz, hogy megértsük hogyan is működnek pontosan az RF kódhordozók előbb további fő csoportokra kell osztani őket.

Az energia ellátás és az ebből adódó szerkezeti felépítés-különbség szempontjából három fő csoportra lehet osztani őket:

- passzív,
- félig-passzív,
- aktív.

2.2.3. Az RFID rendszerek jellemzése

Energia ellátás

Passzív transzpoder: nem rendelkeznek saját beépített áramforrással. A memóriájából történő olvasáshoz és a kommunikációhoz szükséges energiát az olvasó által gerjesztett elektromágneses mezőből indukálva nyerik. Azért hívjuk őket passzívnak, mert az olvasási területen kívül, ahol nincs elektromágneses tér, nem működnek. A logisztikában ezek a transzpoder a legelterjedtebbek, mivel alacsony fajlagos költségük van. További előnyük, hogy rendkívül ellenállóak, többször felhasználhatóak (fajtától függően akár 100.000 szer is), hosszabb az élettartamuk, és könnyen alkalmazkodnak az üzemi igényekhez, rugalmasak. Hátrányuk, hogy a leolvasási távolság viszonylag kevés (maximum 4-6 m).

Félig-passzív transzpoder: ezeknek az eszközöknek van saját áramforrásuk, de ezt csak a memóriaegység működtetéséhez használja. Az adatok továbbításához az olvasó által gerjesztett elektromágneses teret használja, így viszont akár 100 m-es távolságból is lehetséges a kommunikáció.

Aktív transzpoder: saját áramforrással és adókészülékkel rendelkeznek, amit a memória olvasásához és a kommunikációhoz is használ. Képes kommunikálni a körülötte lévő aktív RF kódhordozókkal, tőlük adatokat kapni és nekik adni. Az áramforrás révén akár egy kis ledet, hőmérsékletmérőt, nedvességtartalom mérőt is elhelyezhetünk az azonosítón. Komoly előnye, hogy az aktív adója révén akár kilométerekről is képesek a kommunikációra. Két fő típusa van, a transzpoder és a bacon. A bacon annyiban különbözik a transzpodertől, hogy csak akkor sugároz jelet, ha olvasási zónába ért. A semi-passzív transzpoderrel ellentétben, azonban a memória olvasásához és a jel sugárzásához is használja az áramforrását. Azzal, hogy csak az olvasási zónában sugároz az áramforrása élettartamát növel.

Hátránya az aktív transzpodernek, hogy az akkumulátor (vagy elem), és a tartósabb bevonat, miatt komoly költségei vannak, ami akár az 50 \$-t is elérheti. Másik hátránya, hogy az áramforrása miatt korlátozott az élettartama, illetve az áramforrása lemerülése után nem

képes a kommunikációra. Vannak azonban ma már olyan aktív transzponderek is, amik az áramforrásuk lemerülése után passzív transzponderként tudnak tovább működni.

RFID alkalmazások

Az RFID alkalmazásai között kiemelkedik a logisztikai célú felhasználás. A teljesség igénye nélkül ide tartozik például a beszállítói láncok kezelése (Supply Chain Management, SCM), raktárkészlet kezelése (Inventory Control, IC), árucikkek nyomon követése, (Asset Tracking). Tekintsük át, milyen előnyökkel kecsegtet az RFID bevezetése:

Bérmegtakarítás

Az RFID alkalmazása a bárkód leolvasáshoz képest mintegy 30%-kal kevesebb munkaerőt igényel. A működtetési költségek így 2-4%-kal csökkenhetnek a kiskereskedésekben. A kiszolgálás jellege eltolódik az önkiszolgálás irányba, miközben az automatizált leolvasás kevesebb hibával jár, mint a kézi vonalkód leolvasás.

A raktárkészlet csökkenése

Mivel a raktárkészletek nyilvántartása pontosabb lesz, a raktárkészlet könyv szerinti értéke csökkenhet, a kimutatások pontossága nő. A pontosabb adatok segítségével az eladási adatokból pontosabb előrejelzések készíthetők.

A tolvajlás csökken

Egyes becslések szerint a kiskereskedelmi forgalom 1,5%-a fizetés nélkül marad. Az RFID technológiával a javak útja pontosan nyomon követhető, ezért értékes árucikkek esetén alkalmazásuk kifizetődő.

Az árucikkek kifogyásának elkerülése

A kiskereskedők számára az árucikk elfogyása csalódott kuncsaftot jelent, és a vevő máshol vásárol. Az élelmiszeriparban például ez 4% veszteséget okoz évente. Az RFID segítségével pontos készletnyilvántartás illetve fogyasztási ütem készíthető. Így a készlet szint pontosabban belőhető. Az RFID címkék tartalmazhatják az árucikk eredetét, gyártóját, egyéb termékadatot. Amikor az árucikk áthalad a leolvasó előtt, akkor ezek az információk is kinyerhetők, az utánrendelés könnyebben végrehajtható.

Nemcsak a késztermékek, hanem a félkész-termékek, nyersanyagok, szállítás, raktározás, de még a visszaszállított áruk kezelésénél is előnyös lehet az RFID. Alkalmazásával egy újabb lépést tehetünk az intelligens logisztikai menedzsment irányába.

Felhasznált irodalom

- [1] Shi Yong-Dong, Pan Yuan-Yuan and Lang Wei-Min : *The RFID Application in Logistics and Supply Chain Management*. Research Journal of Applied Sciences Year: 2009 | Volume: 4 | Issue: 1 | Page No.: 57-61 DOI: 10.3923/rjasci.2009.57.61
- [2] Erik C. Jones, Christopher A. Chung: *RFID in logistics. A practical introduction*. p487, 2007
- [3] Shi Yong-Dong, Pan Yuan-Yuan, Lang Wei-Min: *The RFID Application in Logistics and Supply Chain Management*. Research Journal of Applied Sciences 4 (1) pp.:57-61, 2009
- [4] Roy Want: *RFID explained: a primer on radio frequency identification technologies*. Morgan & Claypool Publishers, p83. 2006

- [5] Himanshu Bhatt, Bill Glover: *RFID essentials*. p276, 2006
- [6] Mikko Kärkäinen: *Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods using RFID tagging*, © International Journal of Retail & Distribution Management, Vol. 31, No. 10, pp. 529-536. 2003
- [7] Jean-Marie Zogg: *GPS Basics Introduction to the system Application overview*
- [8] Zahir Irani: *Information systems evaluation: navigating through the problem domain*. Elsevier, Information & Management 40 (2002) 11–24
- [9] Gunasekaran, E. W. T. Ngai, *Information systems in supply chain integration and management*, European Journal of Operational Research, Volume 159, Issue 2, Supply Chain Management: Theory and Applications, 1 December 2004, Pages 269-295, ISSN 0377-2217,
- [10] Arthur Wasik, (1993) *Logistics Information Systems: The Importance of an Enterprise Perspective*, Logistics Information Management, Vol. 5 Iss: 1, pp.18 - 21
- [11] Petri Helo, Bulcsu Szekely, (2005) *Logistics information systems: An analysis of software solutions for supply chain co-ordination*, Industrial Management & Data Systems, Vol. 105 Iss: 1, pp.5 – 18
- [12] SAP: *Logistics Information System (LO-LIS)*, release 4.6C, p273, 2001 <http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/data/pdf/LOLIS/LOLIS.pdf>
- [13] Tóth Tibor, Hornyák Olivér, Buza Ákos: *A számítógépes termelésstervezés alapjai*. Online formában terjesztett tankönyv. p143, 2005.
- [14] Martin, J., Chapman, K. K.: *Lokális hálózatok*. Novotrade-Prentice Hall, 1992.
- [15] Tóth Tibor: *Tervezési elvek, modellek és módszerek a számítógéppel integrált gyártásban*. Miskolci Egyetemi Kiadó. Miskolci Egyetem. Miskolc. 1998.
- [16] Tóth Tibor: *Termelési rendszerek és folyamatok*. Tankönyv. Miskolci Egyetemi Kiadó 2004
- [17] Erdélyi Ferenc (szerk): *A technológiai menedzsment informatikai eszközei, információ rendszerek*. PHARE TDQM-HU-9305.01-1383. P526, 1997.
- [18] <http://hu.wikipedia.org/wiki/GPS>

3. INFORMÁCIÓ A LOGISZTIKÁBAN

3.1. Az információ

3.1.1. Az információ fogalma (Tóth Tibor)

Az információ a XX. és XXI. század tudományának egyik alapvető – elvont, bonyolult – fogalma, amelyet az emberi tudomány alkotott a világban tapasztalt jelenségek leírására. Az információ fogalmának számos aspektusa létezik. A következőkben bemutatunk öt olyan nézőpontot, amelyek mindegyike az információ valamilyen lényegi jellemzőjét próbálja megragadni, érzékeltetve a fogalom sokrétűségét:

- (1) Az információ valamely személyre, dologra, ügyre vonatkozó tájékoztatás, felvilágosítás, értesülés, jelentés;
- (2) Az információ egy olyan szimbólumcsoport jelentése, amelyet egy információs objektum tartalmaz egy másik objektumról;
- (3) Az információ egy hír, egy értesülés újdonságértéke, amellyel valamely bizonytalanságot oszlat el;
- (4) Az információ egy strukturált objektum rendezettségének valamilyen mértéke;
- (5) Az információ a világ legáltalánosabb belső állapotjelzője, amelyet végső soron a fizikai állandók értékei és a fizikai törvények határoznak meg.

Ha az információ *köznap*i nyelvben szokásos használatát tekintjük, megállapítható, hogy a fogalom tartalma főként két területhez kapcsolódik: (1) Felvilágosítás, tudósítás, tájékoztatás, hír és hírközlés; (2) Tudás, ismeret. Az információval minduntalan szembetaláljuk magunkat, akár ember által létrehozott, akár természeti rendszerekről van szó: a számítógépes adatfeldolgozásban és kommunikációs rendszerekben, a szabályozástechnikában, a természetes nyelvekben, a biológiai kommunikációs rendszerekben és az élő sejtek információs folyamataiban. A XX. század második felében az *anyag* és az *energia* mellett az *információ* került a tudomány, a technika és a technológia mindenkori élvonalát képviselő szakemberek érdeklődésének középpontjába. 1966. áprilisában a Francia Tudományos Akadémia bejelentette, hogy *Informatika* (Informatique) néven új tudomány létrejöttét ismeri el [1]. Azóta az informatika, mint az információ szerzésével (gyűjtésével), tárolásával, feldolgozásával és továbbításával foglalkozó tudomány hatalmas fejlődésen ment keresztül és szakmasemleges eszközrendszerével gyakorlatilag minden más tudományos, technikai és technológiai területet hatékonyan tud segíteni; az alkalmazások révén pedig fokozatosan benyomul a termelés és szolgáltatás, majd a mindennapi életvitel szinte minden területére. Különös jelentősége van az információ fogalmának a logisztika szempontjából, ahol az anyag-áramlás és a hozzá kapcsolódó információ-áramlás a logisztika definíciójának része.

Sok tudós ezért joggal tekinti az információt az anyag és az energia mellett a Világegyetem harmadik alapvető entitásának. Ez az utóbbi megállapítás az információ világnézeti jelentőségéhez vezet bennünket, ugyanis az információ fogalmának tudományos elemzésében a tudósoknak, kutatóknak leelőször abban kell állást foglalniuk, hogy az információ maga anyagi vagy szellemi természetű entitás-e. Ennek megfelelően az információ eredete tekintetében két, egymással szembenálló megközelítés létezik. Az egyik szerint az információ fogalma értelmezhető az anyag és az energia térbeli és időbeli eloszlásához, elrendezéséhez fűződő valamilyen strukturális kapcsolatban akkor is, ha élettelen objektumokról van szó, elismerve azt, hogy ez a kapcsolat még sok tekintetben nem tisztázott.

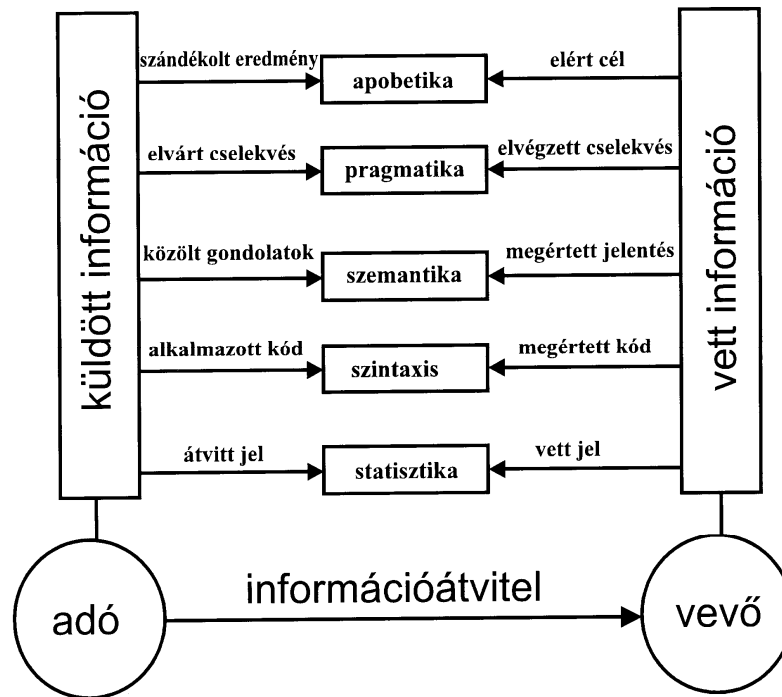
Ennek a felfogásnak legismertebb képviselője *Tom Stonier*. Magyar nyelven is megjelent, világszerte nagy vitákat kiváltó könyvében arra a következtetésre jut, hogy az információ egy fizikai tulajdonság, amely attól függetlenül létezik, hogy képesek vagyunk-e megérteni vagy dekódolni azt. Szerinte egy rendszer szervezettségének fokát az általa hordozott információ méri. Ezek a gondolatok Stonier és hívei szerint egy új, általános információelmélet alapjait jelenthetik és ezen az úton haladva váratlan felfedezéseket tehetünk az információ és energia, az entrópia és más fizikai jelenségek összefüggéseire vonatkozóan. Stonier könyve azt kívánja igazolni, hogy az információ ugyanolyan fizikai jellemzője a Világegyetemnek, mint az anyag és az energia. Végző következtetése: „*az anyag, az energia és az információ a Világegyetem három fizikai alap-összetevője, amelyek egymásba kölcsönösen átalakulhatnak*” [2].

A másik megközelítés szerint az információ az élettelen és az élő határvonalának csak egyik oldalán, az élőnél jelenik meg: az élettelenben az információ fogalma értelmezhetetlen. Ennek a felfogásnak az egyik ismert képviselője *Werner Gitt* professzor, aki szerint az információ szellemi mennyiség, nem anyagi tulajdonság, ezért a tisztán anyagi folyamatok elvileg kizárhatók, mint információforrások [3]. Ha az információ fogalmát intelligens adó és vevő közötti kommunikáció (üzenetcsere) esetére korlátozzuk, *Werner Gitt* elméleti megközelítése ellentmondásmentes.

Werner Gitt egyik alaptétele ellentétes *Tom Stonier* információfizikai elméletével: „*Nem ismeretes az anyagi világban olyan természeti törvény vagy folyamat, amely szerint az anyagban magától információ keletkezik.*” [4]. Ma a szakemberek egy jelentős csoportja kompromisszumnak tekinthető felfogást képvisel, amely szerint az anyag hordozhat kinyerhető információt belső struktúrájára és tulajdonságaira vonatkozóan, amelyet az élő oldalon intelligens szakember és/vagy az általa készített intelligens rendszer értelmez.

Gitt felfogása szerint az információnak az anyagi világgal való kapcsolatát az adja, hogy az információ anyagi hordozókon tárolható és energia útján továbbítható, ezáltal lehetővé teszi az anyagi folyamatok irányítását (vezérlését és szabályozását) és optimalizálását. Minden alkotás által létrehozott rendszer elvileg információ által alakított mű. Az információ nem-anyagi jellege abban mutatkozik meg, hogy egy kreatív információforrás mindig személyes akarathoz kötött. A nem-anyagi jelleg egy nagyon fontos, a gyakorló informatikus mindennapi munkája által megerősített következménnyel is együtt jár: maga az információ független mind az átviteli rendszertől (pl. akusztikus, optikai, elektronikus), mind az éppen alkalmazott tároló rendszertől (például: emberi agy, könyv, elektronikus számítógép valamelyik tárolóegysége).

Az információ fogalmának tudományos megközelítése szempontjából egyetértés van a szakemberek között abban, hogy az információ tulajdonságai hierarchikus rendszerbe szervezhetők. *Werner Gitt* öt hierarchiai szintet javasol, azzal a megszorítással, hogy az információt intelligens adó és vevő kommunikációjában értelmezi.



Az információ tulajdonságainak 5 hierarchiai szintje (Werner Gitt nyomán) [3]

Az ábra szerint bármely információra érvényes, hogy azt valaki elküldi (adó) másvalakinek (vevő). A legfelső szinten (apobetikai szint) az információ *céljáról* ill. *eredményéről* van szó. Az alatta lévő, pragmatikai szint a *szándékolt*, ill. *elvégzett* cselekvéssel foglalkozik. Egy szinttel lejjebb az *elgondolt*, ill. *megértett* jelentésről van szó (szemantika). Az utolsó előtti szint (szintaxis) az üzenetek nyelvi *kódolásával*, ill. *dekódolásával* foglalkozik, a legalsó szint pedig az átvitel technikai részleteivel, minden azzal kapcsolatos valószínűségi jellemzővel. Mind az öt szintnek megvan a maga sajátos jellege mind az adónál, mind a vevőnél. Az egyes szintek egymást feltételezik. Az információ nem éri el célját, ha az átvitel bármelyik szinten megszakad. Werner Gitt megközelítése általánosítható arra az esetre is, ha az adó helyére a megismerés tárgyát képező élettelen objektumot helyettesítjük. Élettelen objektumok kölcsönhatása azonban nem tekinthető információ-átvitelnek.

A következőkben tömören összefoglaljuk az információ bemutatott öt tulajdonság-szintjét oly módon, hogy azok bármely szaktudományra – így a logisztikára is – specifikálhatók legyenek. Egyébként a szakirodalomban legszélesebb körben az ötszintű modell négy alsó szintjét fogadják el, közülük az információ mennyiségi (kvantitatív) tulajdonságait a statisztikus és szintaktikus (kódolási) törvények írják le, míg az információ minőségi (kvalitatív) tulajdonságait a szemantikus (jelentésbeli) és a pragmatikus (alkalmazási) törvények segítségével lehet leírni.

A) Statisztikai szint

Claude E. Shannon (1916-2001) elsőként kísérelte meg matematikailag definiálni az információ fogalmát. Az általa megalapozott információelméletnek meg volt az az előnye, hogy össze lehetett hasonlítani a hírközlés különböző eljárásait és meg lehetett mutatni teljesítőképességük határait. Ezen túlmenően az általa bevezetett egység (bit) segítségével meg lehetett határozni az információ mennyiségét és így tárigényét.

Fogalom

1. definíció: Shannon elmélete szerint tetszőleges karakterláncot információnak tekinthetünk, függetlenül attól, hogy miként keletkezett és „értelmes”-e vagy sem. Eszerint egyetlen hír (a hír ebben a szövegösszefüggésben csupán szimbólumot, karaktert, szótagot, szót jelent) információtartalma 1. szinten a vételét megelőző bizonytalanság mértéke. Mivel a valószínűség csak nulla és egy közötti értékeket vehet fel, az információ tartalom ezen számértéke mindig pozitív. Több hír (pl. karakter) információ tartalma úgy számolható ki, hogy összegezzük az egyes hírek értékeit.

Megállapítható, hogy a Shannon-féle információ definíció kizárólag a karakterláncok statisztikai összefüggéseit ragadja meg és jelentésüket teljesen figyelmen kívül hagyja. Erre a hiányosságra több ismert szerző is rámutatott, mint azt az alábbi idézetek is bizonyítják:

- *Karl Steinbuch* informatikus [6]: „A klasszikus információelmélet egy olyan emberhez hasonlítható, aki egyenértékűnek tart egy kilogramm aranyat és egy kilogramm homokot.”
- *Warren Weaver* informatikus [5]: „Lehetséges, hogy két hír (Shannon-féle nézőpontból) pontosan egyenértékű, noha az egyik jelentésben gazdag, a másik merő értelmetlenség.”

B) Szintaktikai szint

Nyelvi üzeneteknél az információhordozó karakterláncokban a karakterek szavakká és a szavak mondatokká fűzése jól meghatározott szabályoknak van alárendelve, amelyek minden nyelvben megállapodáson alapszanak. Az ehhez kapcsolódó kérdésfeltevések az információ második szintjéhez, a szintaxishoz tartoznak.

Fogalom

2. definíció: Szintaxis néven foglaljuk össze az információ ábrázolásának összes strukturális jellemzőjét. Ezen a második szinten csak magáról a karakterkészletről (kód), valamint a karakterek és karakterláncok összefűzésének szabályairól (szókincs, nyelvtan) van szó, ami mindenféle értelmezéstől független.

Ezen a szinten célszerű további felosztás (1) a kód, mint az információ ábrázolásának jelrendszere, (2) a karakterek egymás közötti viszonya, amely a tulajdonképpeni szintaxis, a mondatszerkesztés szabályainak összessége. Egy formalizált vagy formalizálható szabályrendszer segítségével definiáljuk egy nyelv lehetséges mondatainak a halmazát. Ez átfogja a nyelv morfológiáját (alakтанát), fonetikáját és szókincsét.

A kódolás fogalmát a fentiek alapján úgy is megfogalmazhatjuk, mint események hírekre való leképezését, más szavakkal: a kódolás egy hír átalakítása két eseményrendszer kölcsönös és egyértelmű megfeleltetése alapján.

C) Szemantikai szint

A jelsorozatok és a szintaktikai szabályok az információ ábrázolásának szükséges feltételét jelentik. Az átviendő információban az adót és a vevőt azonban elsősorban a jelentés érdekli, hiszen csak a jelentés révén válik információvá, felhasználható jelsorozattá. Ezzel elérkezünk az információ harmadik, szemantikai szintjéhez (görög: *szemantikosz* = jelentési

aspektus). A szemantikával az információ egy lényeges aspektusát ragadtuk meg, mivel a jelentés az információ tartalom (content) invariáns része. A statisztika és a szintaxis jelentős mértékben megváltozhat, ha az információt egy másik nyelven ábrázoljuk (pl. egy angolra fordított magyar szöveg), jóllehet a jelentése változatlan marad. Ha viszont egy jelsorozat csupán jelek véletlen sorozata, akkor nem ábrázol információ tartalmát. Számítógépi programok segítségével generálhatunk olyan karaktersorozatokat, amelyek különböző statisztikai folyamatok révén jönnek létre és kielégítik az összes rájuk érvényes szintaktikai szabályt, ugyanakkor mégsem ábrázolnak semmilyen információ tartalmát, mivel nincs szemantikájuk.

Itt jelenik meg az adat fogalma.

Fogalom

3. definíció: Az *adat* egy kódolt információ önálló jelentéssel bíró részhalmaza. Az adatfeldolgozás az adatot valamilyen algoritmus szerint információ tartalommal transzformálja.

Az adatok eredeti forrásai a fizikai rendszerek állapotjelzőinek megfigyelései, mérései. Ezekből az adat absztrakcióval jön létre és valamely rendszermodell állapotváltozója modellbeli leképezésének tekinthető. A számítógépes adatfeldolgozásban egyszerű és összetett adatokat különböztetünk meg. A számítógépi memóriában tárolt információ jelentése az adatok definíciójához van kötve. Az adatnak nemcsak értéke van, hanem azonosítója is. Az azonosító a memóriában jól meghatározott címmel rendelkezik, ezért az információ szemantikáját a számítógépekben a memória címek hordozzák.

D) Pragmatikai szint

A szemantika szintjéig egyáltalán nem merül fel a cél kérdése, amelyet az információ átadásakor az adó kitűz magának. Ugyanakkor minden információ átadás az adó részéről azzal a szándékkal megy végbe, hogy meghatározott eredményt érjen el a vevőnél. A kívánt eredmény eléréséhez az adó részéről valamilyen célszerűen választott cselekvési mód szükséges. Ezzel az információ újabb szintjéhez érkeztünk, amelyek pragmatikának (görög: *pragmatiké* = „a helyes cselekvés művészete”) szokás nevezni. A pragmatikai szinthez hozzárendelhető egy tapasztalati tétel: az információ képes cselekvést kiváltani (ösztönözni, kezdeményezni, végrehajtani) a vevőnél. Az információ mind élettelen rendszereknél (pl. számítógép, rugalmas gyártórendszer, szerelősor), mind élő rendszereknél (pl. az állatokban és az emberben lejátszódó sejt-folyamatok) kifejtési reakciót kiváltó hatását.

Erdélyi Ferenc hangsúlyozza a következőket: A vevő az információ pragmatikai tulajdonságai alapján érti meg az üzenetet. Tartalmi szempontból egy üzenet pragmatikusan sokféle lehet, pl. *kérés, kérdés, kívánság, tájékoztatás, figyelmeztetés, panasz, parancs, fenyegetés*. A vevő az adóhoz képest lehet *gyenge, semleges és erős* helyzetben. A vevő akciója lehet *kikényszerített, paraméterezhető és kreatív*. Mennyiséget és kódot az adó rendel az üzenethez, jelentést és akciót pedig mindig a vevő.

A pragmatikai szint keretében fontos új fogalom az *objektum*.

Fogalom

4. definíció: Az objektum olyan informatikai entitás, amelynek teljes körű információ

tulajdonságai vannak az adó által kitűzött cél elérésére: van szerkezete (szintaxisa), jelentése (szemantikája) és viselkedése (pragmatikája).

Az objektumok hierarchikusan szervezett osztályok, ill. alosztályok példányai. Minden osztálynak több alosztálya is lehet. A megfigyelt, vagy elképzelt entitások ezeknek az osztályoknak (alosztályoknak) konkrét példányai. Az objektumok absztrakt, pragmatikus adatstruktúrák (*abstraction*). Az objektumok elszigeteltek, struktúrájuk megbonthatatlan, hozzájuk férni csak szigorúan szabályozott módon lehetséges (*encapsulation*). Az alosztályok és objektumok öröklik szüleik minden tulajdonságát (*inheritance*). Az objektumoknak viselkedése van, hozzájuk az entitás sajátosságaitól függően eljárások, operációk, metódusok tartoznak. Ugyanazon eljárás a különböző osztályokra másként hathat, ugyanakkor ezek az eljárások is az osztályokhoz tartoznak (*polimorphism*).

E) Apobetikai szint

A Werner Gitt által bevezetett apobetikai szint (a görög *apobeinon* = eredmény, siker, kimenetel) akkor értelmezhető egyértelműen, ha intelligens adó és vevő kommunikációjáról van szó. Ilyenkor az apobetikai szint tartalmazza az információ adójának (forrásának) célkitűzését. A mai szakirodalom túlnyomó többsége ezt a szintet a pragmatikai szinthez sorolja annak ellenére, hogy indokolt nemcsak az adó által kitűzött célt, hanem annak megvalósulását is külön vizsgálat tárgyává tenni.

3.1.2. Az információ szerepe a logisztikában

A logisztika számos meghatározása közül tekintsük az egyik legelfogadottabb definíciót, amelyet az Egyesült Államok Logisztika Tanácsa fogalmazott meg. Eszerint „... a logisztika alapanyagok, félkész és késztermékek, valamint a kapcsolódó információk származási helyről felhasználási helyre való hatásos és költséghatékony áramlásának tervezési, megvalósítási és irányítási folyamata, a vevői elvárásoknak történő megfelelés szándékával” [8]. Ez a definíció a rendszerszemlélet alkalmazását követeli meg az anyagáramlás és hozzá kapcsolódó információ áramlás területén. A 3.1.1 alfejezetben elmondottak szerint információ áramlás teljességéhez fel kell tételeznünk, hogy minden logisztikai információ rendelkezik az információ összes hierarchiai szintjével. A logisztikai rendszerek esetében célszerű az információ megszerzésének, tárolásának, feldolgozásának, és továbbításának hozzárendelése egységes informatikai háttér keretében a definícióban szereplő alapvető szakterületekhez, amelyek a következők:

- (1) a beszerzés, alapanyag ellátás;
- (2) az elosztás és áruterítés;
- (3) a készletgazdálkodás;
- (4) a raktározás;
- (5) a szállítás;
- (6) a szállítmányozás;
- (7) a rendelés-feldolgozás és kommunikáció.

Ez azt is jelenti, hogy minden fenti alap-tevékenységre meg kell vizsgálni a következőket:

1. milyen a forrásinformáció,
2. milyen formában jelenik meg,

3. hol áll rendelkezésre;
4. a feldolgozás során milyen információ keletkezik belőle;
5. milyen lesz a feldolgozott információ;
6. hol kell annak rendelkezésre állnia.

Irodalomjegyzék

- [1] *General Report on the IFIP Conference on Computer Education*, [Általános beszámoló a számítógépes oktatásról szóló IFIP konferenciáról]. 1970., p.212. (Idézi: Kiss Imre: *A számítógépes információrendszerek szervezésének alapjai I. Kohó- és Gépipari Továbbképző és Módszertani Intézet, Budapest, 1977., 3. old.*).
- [2] Stonier, Tom: *Information and the Internal Structure of the Universe*. Springer-Verlag, International Edition, 1990., p.74. (Magyarul: Stonier, Tom: *Információ és az Univerzum belső szerkezete*. Springer Hungarica Kiadó Kft. Budapest, 1993.).
- [3] Gitt, Werner: *Information: The Third Fundamental Quantity*. [Információ: a harmadik alapmennyiség]. Siemens Review, 6/89., pp.36-41.
- [4] Gitt, Werner: *Am Anfang war die Information*. [Kezdetben volt az információ]. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Hänssler-Verlag, D-71087 Holzgerlingen. 2002.
- [5] Shannon, Claude E. and Weaver, Warren: *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana (USA), University Press, 1949. (magyarul: *A kommunikáció matematikai elmélete*, OMIKK, 1986).
- [6] Steinbuch, K.: *Falsch programmiert*. Deutscher Bücherbund, Stuttgart, Hamburg, 1968. p. 251.
- [7] Erdélyi Ferenc: *Műszaki kommunikáció*. Előadásvázlat. Kézirat, 2003.
- [8] Szegedi Zoltán, Prezenszki József: *Logisztikai-menedzsment*. Kossuth Kiadó, 2003 (ISBN 963 09 44340).
- [9] Bodnár Pál: *Vállalati informatika*. BGF-Perfekt, 2008. ISBN 978-963-394-743-2.

3.2. Keresési algoritmusok (Dudás László)

A keresési algoritmusok az optimumkeresés algoritmusai közé tartoznak, és ebből következően alkalmazásuk a logisztikai feladatok megoldása során, logisztikai szoftverekbe beépülve mindennapos. A logisztika alapvető célja a fogyasztói igények felméréséből kiindulva az igények minél hatékonyabb kielégítése, elsősorban a termékek, anyagok fogyasztóhoz történő eljuttatásával, melyben a fő feladat a szállítás. Ebben a feladatláncban számtalan részfeladat igényel optimalizálást, az operációkutatás eszközeinek alkalmazását. A feladatok egy része megoldható diszkrét állapottéren történő kereséssel, mint pl. optimális rakománykialakítás megtalálása, optimális raktározási elrendezés megtalálása, vagy a szállítójárművek optimális ütemezése. Az optimalítás történhet minimális költségre, minimális késésre, maximális rugalmasságra, stb. Komplex informatikai rendszerek alkalmazásával elérhető, hogy az optimumot magasabb horizonton éadjuk el, több tényező figyelembe vételével. A keresési algoritmusok a matematika operációkutatás alterületéről kiindulva nyertek alkalmazási jogot a logisztikai problémák megoldásában. Jól mutatja ezt az is, hogy a keresési algoritmusok bemutatására leginkább alkalmazott feladat a minimális út meghatározása két város között, szintén logisztikai jellegű feladat. Természetesen, ezek a módszerek ettől általánosabban használhatók, besorolhatók az ismeretfeldolgozási eljárások közé is, amikor is az általában nagyobb mennyiségű rendelkezésre álló ismeretből segítségükkel koncentrált tudást, aktívvá tett ismeretet nyerünk.



Az ismeretfeldolgozási eljárás

Cél: egy adott problémára a szóba jöhető lehetőségek közül egy adott kritériumrendszernek eleget tévő megoldás megtalálása.

3.2.1 Problémamegoldás kereséssel

A kereséssel történő problémamegoldás lépései

1. A probléma beazonosítása kereséssel megoldható problémaként
2. A problémára vonatkozó ismeretek reprezentálása, szemléltetése
3. A kereső eljárás alkalmazása.

1. A probléma beazonosítása kereséssel megoldható problémaként

Kereséssel megoldható problémák jellemzői: Egy operátorkészlettel bejárható állapotok mindegyikén értelmezhető egyazon kritériumfüggvény. A probléma megoldása megfeleltethető a kritériumfüggvény adott értékével egyező, vagy ahhoz megadott

pontosságon belül eső értékkel bíró állapot, illetve állapotok megtalálásának, vagy extrémális értéket hordozó állapot behatárolásának.

2. A problémára vonatkozó ismeretek reprezentálása

A jó reprezentáció kis állapotteret, továbbá gyors operátorokat és kritériumfüggvény-kiértékelést eredményez. Mindezek kihatnak a megoldás idő- és memória hatékonyságára. A **tudásszemléltetés elvárt jellemzőit** Patrick Winston a következőkben adta meg:

- A fontos dolgokat **világosan** adja meg.
- **Fedje fel** a természetes korlátokat, megkönnyítve a számítások néhány fajtáját.
- Legyen **teljes**.
- Legyen **tömör**.
- Legyen **átlátható** számunkra.
- Legyen alkalmas **gyors** feldolgozásra.
- **Rejtse el** a részleteket, de tegye elérhetővé azokat szükség esetén.
- Létezzen rá **számítógépi** eljárás.

Az ismeretek reprezentálása erősen kihat az ismeretfeldolgozás, jelen esetben a keresés hatékonyságára. Ennek megvilágítására nagyon egyszerű példaként egy halmazban egy adott feltételt kielégítő elem megtalálását vehetjük: ha a halmaz elemei egy egyszerű listában adottak, a keresés átlagosan az N elemű lista felének ellenőrzését igényli. Ha a lista elemei rendezhetők és a rendezettség megőrzésére az új elemek hozzáadásakor figyelmet fordítunk, akkor bináris keresés alkalmazásával nagyméretű listáknál az időigény exponenciálisan csökken a rendezetlen listához képest, az átlagos ellenőrzésszám: $\log_2(N)$.

3. A kereső eljárás alkalmazása

A kereső eljárás alkalmazása a feladat megoldására az eljárások jellemzőinek ismeretében történhet. Ilyen közös jellemzők, melyek a megoldandó konkrét probléma függvényei:

Teljesség

Ha létezik megoldás, azt az eljárás meg is adja. Ez magába foglalja azt, hogy több létező megoldás esetén az eljárás képes megadni az összeset.

Optimalitás

Másodlagos szempontként a megoldáshoz vezető operátorfolyam extrémális értékű, pl. térképen egy adott városból egy célváros megtalálását eredményező Start-Cél útvonal egyben költségoptimális is.

Időigény

Az algoritmus lépésszámára adott felső korlát.

Tárigény

A megoldás megtalálásához felhasznált memória méretére vonatkozó felső korlát.

A kereső eljárások összetevői

Állapottér

Állapottér, reprezentálása az **állapotok**nak megfelelő csomópontokkal és az állapotok közötti mozgást jelentő **operátorok**nak megfelelő irányított élekkel.

Start

Kiinduló állapot.

Cél

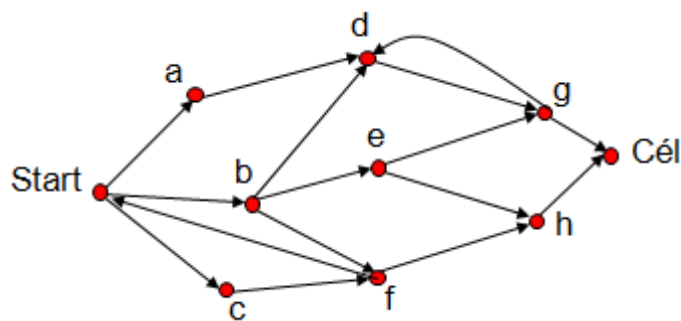
A kritériumnak megfelelő állapot/ állapotok.

Út, útvonal

Egy állapotból egy másik állapotba átvivő operátorsorozat, ill. érintett csomópontok rendezett listája.

Leállási feltétel

A keresés **leállási feltétele** előírhatja a kritérium teljesítését, vagy adott tűrésen belüli közelítését. Az utóbbi esetben *kvázioptimális* megoldásról beszélünk, mely gyakorlatilag jó és kompromisszumot jelent a keresés időigénye/költsége és a megoldás minősége között.



Állapottér reprezentálása állapotgráffal

Az operátor költsége

Az operátorok a feladat valós tartalmától függő költséggel rendelkezhetnek: pl. legrövidebb út keresése városok között – az operátor költsége az útszakasz hossza. De lehet az operátor költsége érdektelen is, például bűvös kocka kitekerésénél csak a célállapot megtalálása, illetve az odavezető út fontos.

Az út költsége

Az úton alkalmazott operátorok költségének összege.

A keresés költsége

A keresés idő- és tárigényéhez kapcsolódó költség.

A keresés teljes költsége

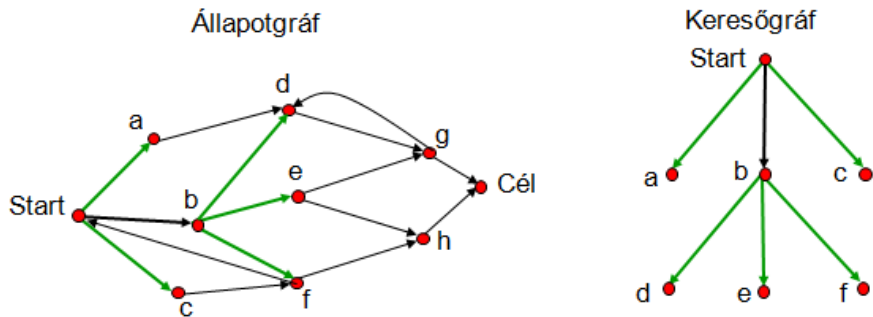
Az út költsége + a keresés költsége. Pl. városban történő útkeresés benzinköltsége: az útszakaszokon is fogy a benzin és az elágazásoknál az útválasztási döntés meghozatala ideje alatt is jár a motor.

Keresőgráf

Egy fagráf, melynek csúcsa a Start állapot, valamelyik levele pedig a Cél állapot, amennyiben létezik megoldás. A keresőgráf ezt az állapotát a keresési folyamat lefolytatása során fokozatosan éri el.

Kiterjesztés

Egy állapot kiterjesztése alatt az állapotból egyetlen lépéssel elérhető állapotok feltérképezését, azokba való betekintést, de még bele nem lépést értünk. Megfelel a keresőgráf egy adott pillanatnyi levélállapotától egy szinttel lejjebb lévő, a kiterjesztett állapotból elérhető állapotok keresőgráfba való megrajzolásának.



Állapotgráf a b állapot kiterjesztésének pillanatában és az ezen pillanatnak megfelelő keresőgráf

A keresőgráf jellemzői

Elágazási tényező (branching factor, b)

Egy adott csomópontból megtett kiterjesztés ágainak száma.

Átlagos elágazási tényező

Több csomópontra, leggyakrabban a teljes keresőgráfra értelmezett jellemző, a figyelembe vett csomópontok elágazási tényezőinek összege osztva a figyelembe vett csomópontok számával.

A keresőgráf mélysége (m)

A gráf legmélyebb szintjének száma, a Start a 0. szint.

Megoldás mélysége (depth, d ; $d \leq m$)

A megoldás csomópont szintszámának értéke.

Mélységi korlát (limit, l)

A korlátozott mélységű keresőgráf mélysége.

A keresés frontja

Az összes, kiterjesztéssel feltárt, de még bele nem lépett csomópont, azaz a keresési fa levelei.

g(n) függvény

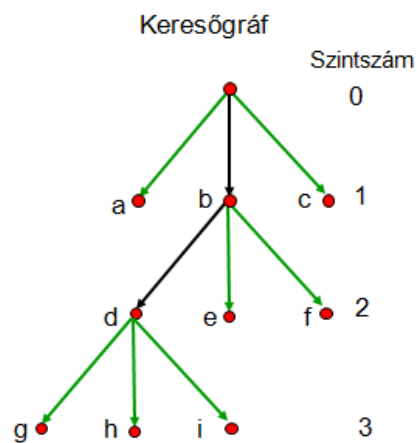
Az n állapotba vezető út költsége. (n a front választott eleme.)

h(n) függvény

Az n állapotból a Cél elérésének becsült költsége.

f(n) függvény

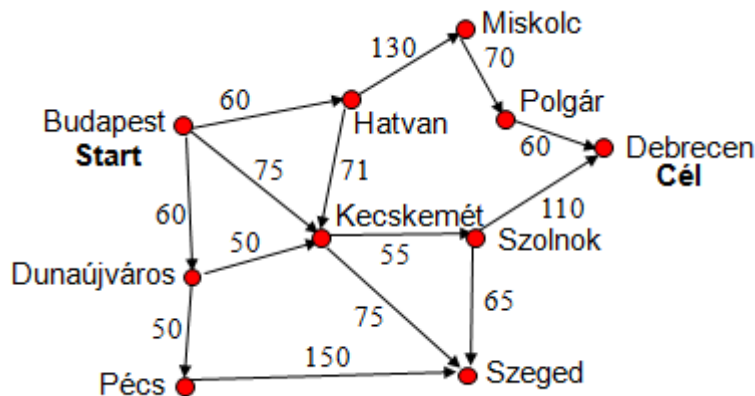
Az n állapotban átvezető Start-Cél út (becsült) költsége. (A* algoritmusnál.)



Szintszám értelmezése. A fa gyökere a 0. szint

Példa kereséssel megoldható feladatra

Útkeresés két város között



A keresés állapotgráfja

- Probléma: melyik a legrövidebb útvonal Budapestről Debrecenbe?
- Start állapot: Budapesten vagyunk.
- Állapotok: valamelyik városban vagyunk.
- Leállási feltétel: a legrövidebb úton odajutva a Célban, Debrecenben vagyunk már? (A leállási feltétel egyben optimális utat is garantál.)
- Operátorok: utazás a szomszédos városok között.
- Költség: a megtalált Start-Cél útvonal hossza.

Általános kereső eljárás

A kereső eljárások lényegi lépéseit tartalmazza az általános eljárás, amelytől a különböző eljárások csak kis részben térnek el.

1. A keresési front legyen egyenlő a Start állapottal.
2. Ha a front üres, akkor nincs megoldás, vége.
Egyébként legyen n a front egyik állapota.
3. Ha n kielégíti a Cél-kritériumot, akkor add vissza a hozzá vezető útvonallal együtt, vége.
4. Egyébként a front n állapota helyére vedd fel a kiterjesztésével adódó új állapotokat és jegyezd fel a hozzájuk vezető útvonalakat.
Ismételd a 2. ponttól.

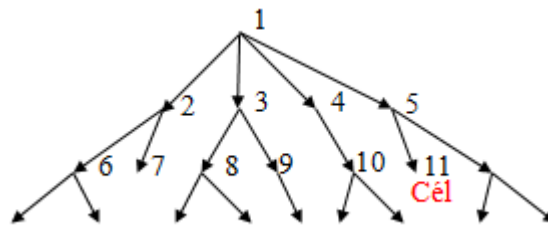
Az algoritmus szabad kezét adó pontja a 2., amelyben arról döntünk, hogy melyik állapot szomszédai irányába terjesszük ki a keresést. Ezen döntést végezhetjük gépiesen, a neminformált eljárások esetében, vagy a keresési feladatra vonatkozó információkra támaszkodva, az informált, vagy másnéven heurisztikus kereső eljárások esetében.

3.2.2. Neminformált kereső eljárások (vak keresés)

- Nincs információnk az aktuális állapot és a cél távolságára (költség, vagy lépésszám). Az eljárás csak arra képes, hogy észrevegye, ha a Cél állapotban van.
- Nem hatékonyak.
- Általánosan használhatók.
- Típusok:
 - Szélességben először keresés (breadth-first search)
 - Elágaztatás és ugrálás (branch and bound), vagy másnéven egyenletes költségű keresés (uniform cost search)
 - Mélységben először keresés (depth-first search)
 - Mélységben először keresés mélységi korláttal (depth limited search)
 - Iteratív mélyítés (iterative depth-first search)

Szélességben először keresés

- Egy adott mélységi szint csomópontjainak mindegyikét kiterjeszti, mielőtt a következő mélységi szintre lépne. Az alábbi ábrán a számozás a csomópontok felkeresésének sorrendjét mutatja.

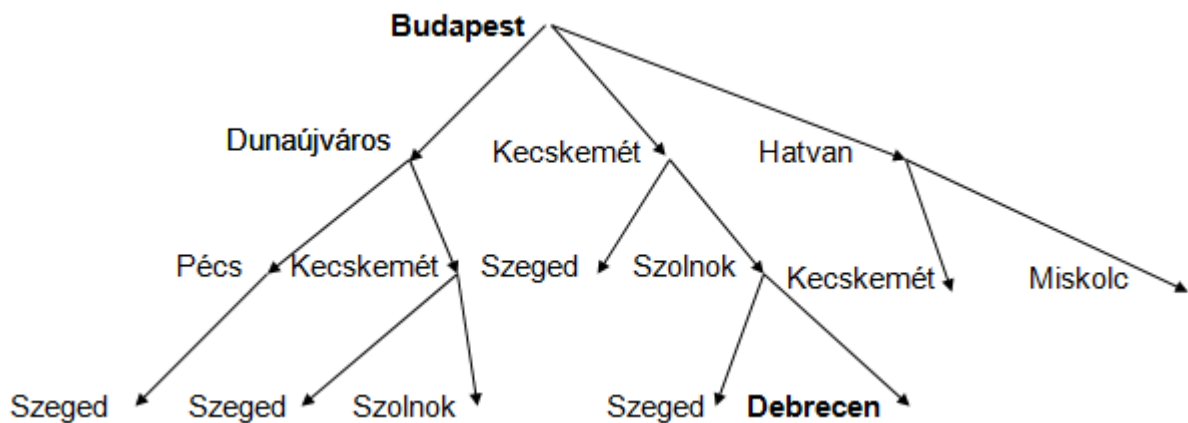
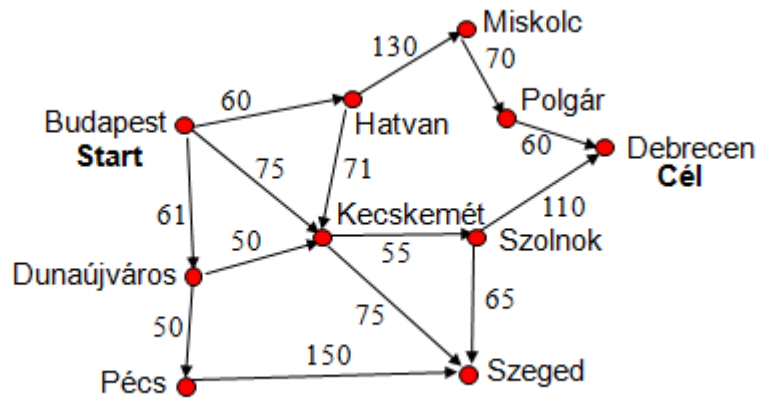


Szélességben először keresés, felkeresés sorrendje

- Az általános kereső eljárás a következőképpen módosul:
 2. Legyen a front első állapota az n választott állapot.
 4. A kiterjesztéssel kapott új állapotokat csatold a frontlista végéhez.
- Az eljárás
 - Teljes
 - Optimális (amennyiben az útszakaszok egyforma költségűek)
 - Időigénye b^d , (meredeken nő a mélységgel)
 - Tárigénye b^d , (meredeken nő a mélységgel).

Példa a szélességben először keresésre

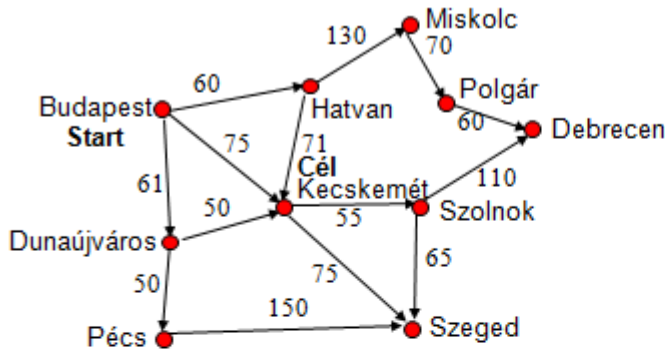
Útkeresés két város között



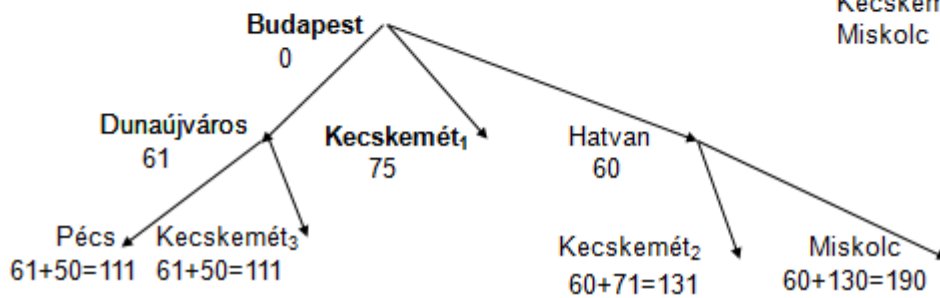
Szélességben először keresés állapot- és keresőgráfja

Elágaztatás és ugrálás

- A front azon állapotába lép, amelyikhez a legkisebb költségű út vezet a Start-tól.
- Ha az útszakaszok költsége egyforma, akkor a szélességben először keresésre vezet.
- Az általános kereső eljárás a következőképpen módosul:
- 2. Legyen a front első állapota az n választott állapot.
- 4. A kiterjesztéssel kapott új állapotokat add a frontlistához, majd rendezd az állapotokat növekvő költség szerint.
- Az algoritmus leáll, ha Cél-állapotba léptünk, azaz a Front összes állapotába nagyobb költségű út vezet.
- Az eljárás
 - Teljes
 - Optimális
 - Időigénye $\approx b^d$, (meredeken nő a mélységgel)
 - Tárigénye $\approx b^d$, (meredeken nő a mélységgel).
- Példa az elágaztatás és ugrálás keresésre: Útkeresés két város között



Sorsz.	Front	Választás
0.	Budapest	Budapest
1.	Dunaújváros Kecskemét ₁ Hatvan	Hatvan
2.	Dunaújváros Kecskemét ₁ Kecskemét ₂ Miskolc	Dunaújv.
3.	Pécs Kecskemét ₃ Kecskemét ₁ Kecskemét ₂ Miskolc	Kecskemét ₁



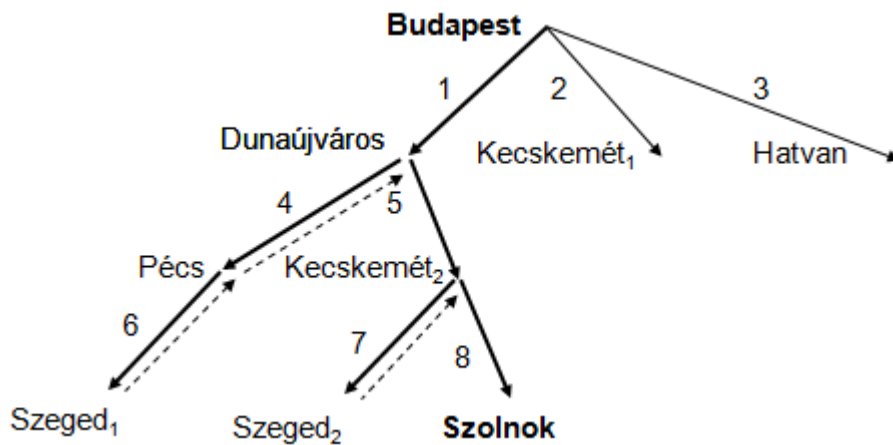
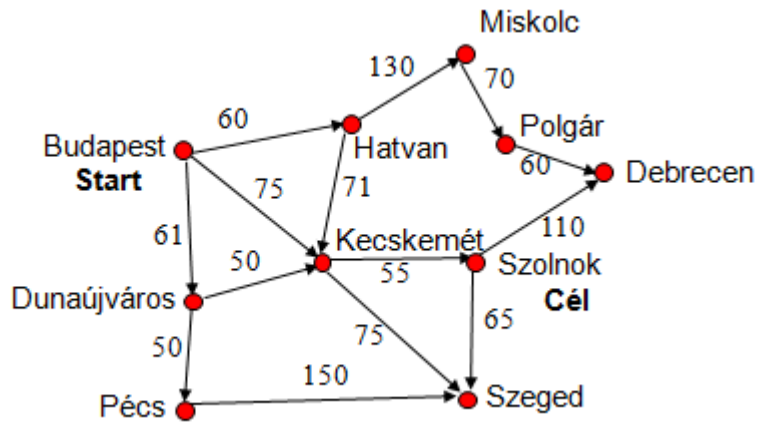
Az állapotgráf, a keresőgráf és a keresés lépései táblázatosan

Mélységben először keresés

- Az algoritmus a keresőgráfon a még be nem járt ágakon balra tartva először mélységben kutat a cél után, sikertelenség esetén visszalép a legalsó, még be nem járt ággal bíró elágazásig. Visszalépéskor a sikertelen ág állapotait ejti. A keresőgráfon a számozás az ágak kiterjesztéskori megjelenésének sorrendjét mutatja.
- Az általános kereső eljárás a következőképpen módosul:
 2. Legyen a front első állapota az n választott állapot.
 4. A kiterjesztéssel kapott új állapotokat add a frontlista elejéhez.
- Az eljárás
 - Teljes, ha nincs végtelen, vagy (a memóriának) túl mély ág.
 - Nem optimális
 - Időigénye $\approx b^m$, (meredeken nő a mélységgel)
 - Tárigénye $b \cdot m$, (nagyon kis igény!).
- csak egyetlen állapotba vezető út állapotait és az út leágazásain található állapotokat kell tárolnia, ebből ered a kis memóriagigény.

Példa a mélységben először keresésre

Útkeresés két város között



Mélységben először keresés állapot- és keresőgráfja

A példában a megoldás – Budapest, Dunaújváros, Kecskemét, Szolnok – láthatóan nem optimális útköltségű.

Mélységben először keresés mélységi korláttal

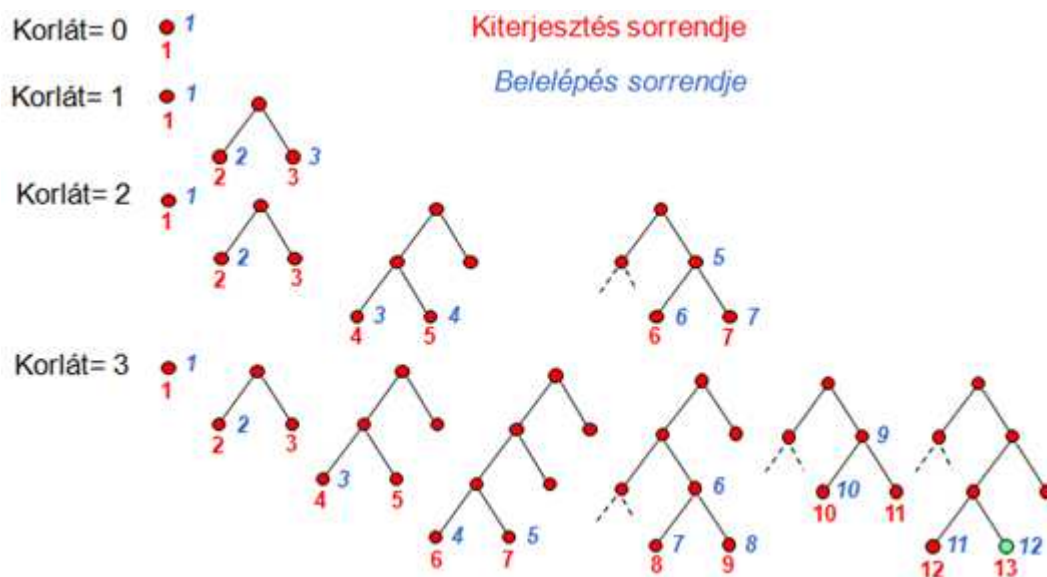
- Cél: a mélységben először keresés végtelen, vagy gyakorlatilag végtelen mély ágainak veszélyét elkerülni egy jól megbecsült mélységi korláttal. (Átmenet az informált kereséshez, amennyiben a korlát mélységének megadásához problémafüggő információt is használ.)
- Működése azonos a mélységben először algoritmuséval, de mintha az l mélységi korlát alatti állapotok nem is léteznének.
- Az eljárás
 - Teljes, ha l nagyobb, vagy egyenlő, mint a Cél-állapot mélysége.
 - Nem optimális
 - Időigénye b^l , (meredeken nő a mélységi korláttal)
 - Tárigénye $b \cdot l$, (nagyon kis igény!).
- Konkrét példa lehet: benzinkút keresése egy városban, ha már csak adott liternyi benzinünk van.



Az útkeresési feladat alkalmazása mindennapos az autózásban

Iteratív mélyítés

- Cél: a korlátmegadás problémájának elkerülése azáltal, hogy nulla korlátmélységről indulva egy-egy szinttel növeli a korlátmélységet. Minden egyes korlátmélységnél elvégez egy mélységben először keresést. A korlát mélyítését addig folytatja, amíg megoldást nem talál, vagy kiderül, hogy nincs megoldás.



Kiterjesztések és belelépések sorrendje iteratív mélyítésnél a keresőgráfokon

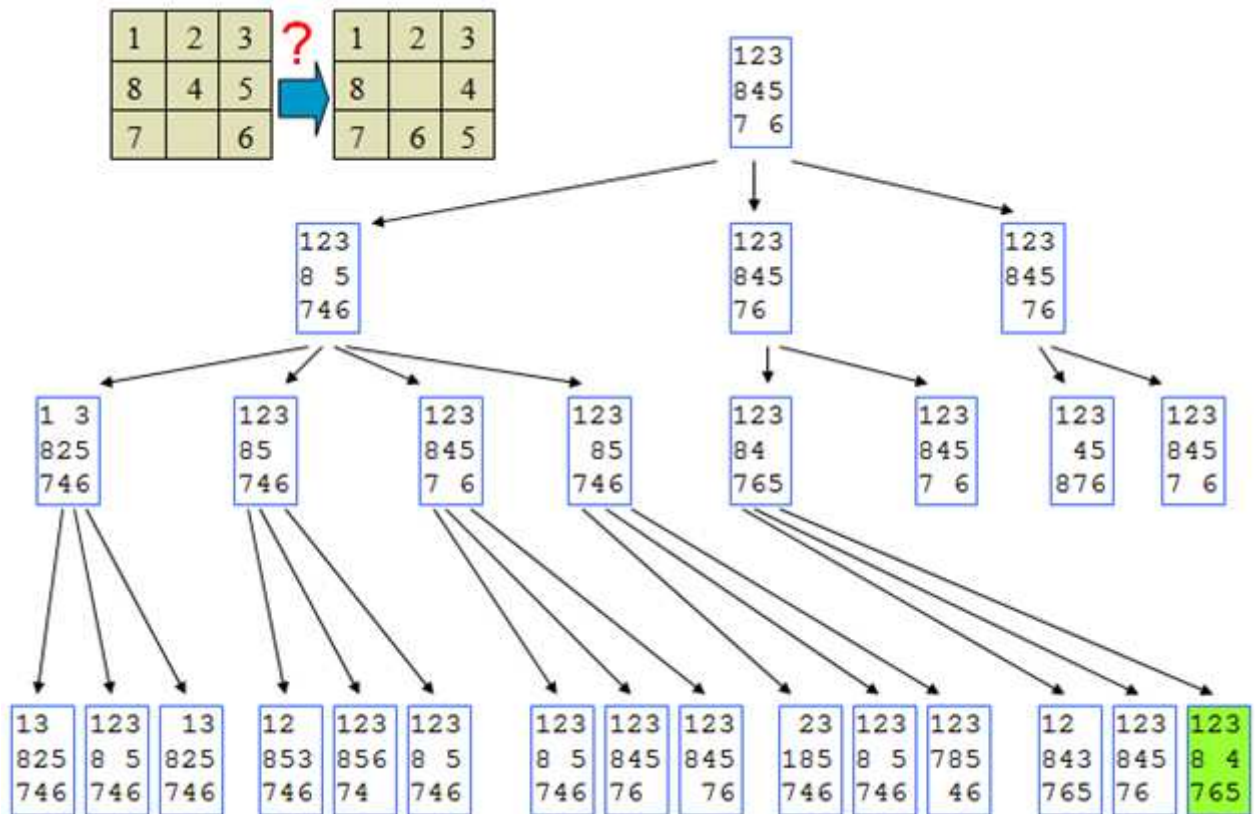
- **Az iteratív mélyítés algoritmusa**
 1. Induló korlátmélység $l=0$
 2. A keresési front legyen egyenlő a Start állapottal.
 3. Ha a front üres, akkor növelj egy szinttel a mélységi korlátot, majd ismételd 2.-től.
Ha a mélységi korlát már nem növelhető, vége, nincs megoldás.
Egyébként legyen n a front első állapota.
 4. Ha n kielégíti a Cél-kritériumot, akkor add vissza a hozzá vezető útvonalal együtt, vége.
 5. Töröld az n állapotot.
Ha n mélysége kisebb volt, mint l , akkor vedd fel a kiterjesztésével adódó új állapotokat a frontlista elejére és jegyezd fel a hozzájuk vezető útvonalakat.
Ismételd a 3. ponttól.
- **Az iteratív mélyítés tulajdonságai**
 - Teljes

- Optimális (költség a lépések száma)
- **Időigénye** az újrakezdések ellenére **nagyságrendileg nem változik** a mélységben először b^d értékéhez képest. Erről meggyőző a következő példa: $b=10$, $d=4$ paraméterek mellett egy egyszerű keresőgráf csomópontjainak száma: $1+10+100+1000+10000 = 11111$.
A legmélyebb szint csomópontjait egyszer hozza létre a kiterjesztés, az eggyel magasabban lévőket kétszer és így tovább. Emiatt a csomópontok száma az iteratív mélyítésnél:
 $5+40+300+2000+10000 = 12345$,
azaz nagyságrendileg ugyanaz.
A b növelésével egyre kisebb a számítási többlet, de $b=2$ esetén is csak kétszeres.
- Memóriaigénye $b*d$, nagyon kedvező!
- Az iteratív mélyítés előnyei
 - Öröklí a mélységben először keresés alacsony memóriaigényét.
 - Rendelkezik a szélességben először keresés teljességével.
 - A mélységben először kereséssel szemben nem tárja fel a fa megoldástól mélyebb részeit.
 - Időkorlátos feladatokhoz előnyös, mert a keresés bármikor megszakítható.

Példa az iteratív mélyítéses keresésre

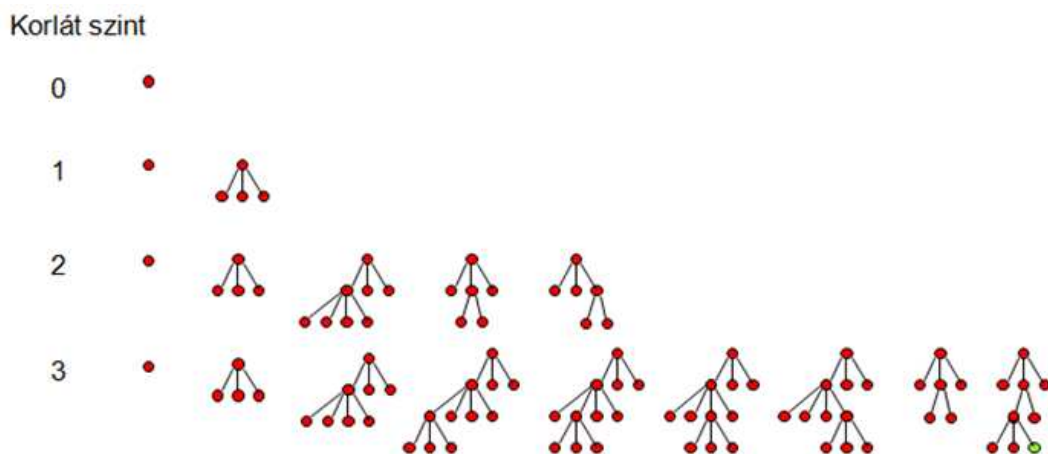
9-ből 8 játék

- **Cél:** az üres hely szomszédos számmezői közül egy véletlenszerűen választottnak az üres helyre való mozgásával összekevert játék eredeti elrendezésének visszaállítása.



A játéknak a megoldás megtalálásához szükséges mértékben megrajzolt fagráfja

A megoldás keresése a szintenkénti újakezdésekkel a kiterjesztések sorozatán keresztül az alábbi ábrán követhető.



Kiterjesztések az egyre növekvő mélységű mélységben először algoritmusokban

3.2.3 Informált kereső eljárások (heurisztikus keresés)

- A front állapotai közül belelépésre azt választjuk, amelyre vonatkozóan a konkrét megoldandó feladatra vonatkozó **információk valamilyen előnyt ígérnek**. Ilyen

előny lehet: a célhoz legközelebbinek tűnik; a rajta való áthaladás a legkisebb Start-Cél költséggel kecsegtet; a legnagyobb lépést teszi a Cél irányában, stb.

- Az informált állapotválasztással a keresés hatékonysága nagyban fokozható.
- Az informált kereső eljárásokat gyakran **heurisztikus** kereső eljárásoknak nevezzük, mert a problématerületre vonatkozó tapasztalatra építenek. A heurisztika általában nagyban növeli a hatékonyságot, de tévedhet is.
- A heurisztikát a **$h(n)$ heurisztikus kiértékelő függvény** segítségével számszerűsítjük, számítjuk az n állapot esetében.
- Heurisztikus kiértékelő függvényként gyakran alkalmazzák az n állapotból a Cél elérésének költségére vonatkozó becslést. A jó függvény nem becsüli túl a költséget, így a Cél állapotra 0 értéket ad.

Informált kereső eljárások fajtái

- Globális információra támaszkodó eljárások
 - Legjobbat először keresés (Best first search)
 - A és A* keresés (A search, A* search)
 - Iteratív A* algoritmus (IDA* search)
- Lokális információra támaszkodó eljárások
 - Hegymászó keresés (Hill climbing)
 - Szimulált lehűtés (Simulated annealing)
 - Tabu keresés (Tabu search)
- A globális információ az állapottér bármely két pontja között származtatható, leggyakrabban az n állapot és a Cél-állapot között számítjuk és az n állapothoz rendeljük.
Globális információ felhasználásával megtalálhatjuk a globális optimumot, az optimális költségű utat is.
- A lokális információ az n állapot és közvetlen szomszédai között számítható. Önmagában lokális információ alkalmazásával csak lokális extrémumot garantálnak az eljárások, gyakran azonban annak közelítésével is megelégszünk.

Legjobbat először keresés

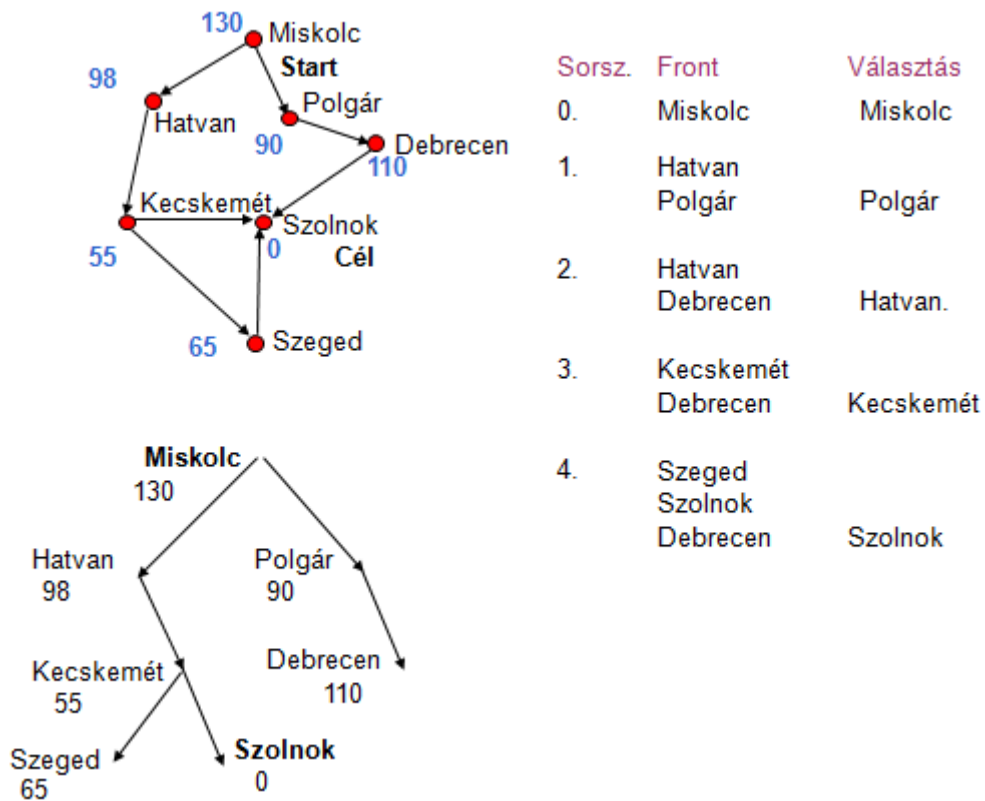
- A legjobbat először keresés egy **heurisztikus kiértékelő függvénnyel becsli** az n állapotból **a Cél elérésének költségét** a front összes állapotára és abba az állapotba lép, amelyikre ez a költség a legkisebb. Az eljárás végződhet lokális optimumpontban is.
- Patrick **Winston** az eljárást hegymászókkal magyarázta: Egy hegymászókból álló csapat indul a hegycsúcs meghódítására. A csapat tagjai elágazásoknál szétválnak és rádiótelefonnal tartják a kapcsolatot, hogy mindig az a csapat mászhasson tovább, amely számára a csúcs elérése a legkönnyebbnek tűnik. Ha valamelyik csapat elakad, egy másik mászik tovább.
- Az általános kereső eljárás a következőképpen módosul:
 2. ... Legyen a front célhoz legközelebbinek becsült állapota az n választott állapot.
- Az eljárás

- Teljes
- Nem optimális
- Időigénye $\approx b^m$, (meredeken nő a mélységgel)
- Tárígénye $\approx b^m$, (meredeken nő a mélységgel).

Példa a legjobbat először keresésre

Útkeresés két város között

A heurisztikus kiértékelő függvény az adott állapottól a cél légvonalbeli távolságát számítja. A kapott értékeket az állapotgráfon az állapotokhoz rendelt számok mutatják.



Az állapotgráf, a keresőgráf és a keresés lépései táblázatosan

Az A és A* keresés

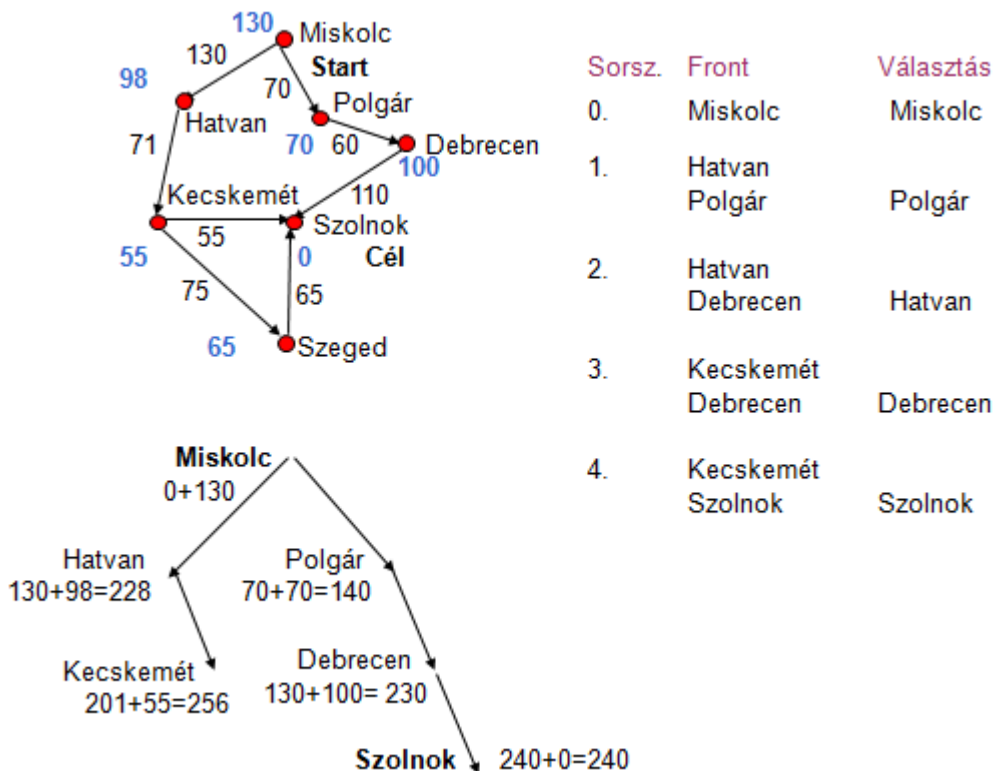
- Az A keresés számítja a front összes állapotára a $g(n)$ függvénnyel a Start-n távolságokat, valamint ugyanezen állapotokra egy $h(n)$ **heurisztikus kiértékelő függvénnyel** becsli az n állapotból a **Cél elérésének költségét**, majd képezi ezek összegét: $f(n) = g(n) + h(n)$.

- Abba az állapotba lép, amelyikre ez az áthaladó útvonalhossz becsült költsége a legkisebb.
Az eljárás végződik lokális optimumban is.
- Bizonyítható, hogy amennyiben a $h(n)$ költségbecslő függvény nem becsüli túl a Cél elérésének költségét egyik állapotra sem, akkor az eljárás által adott útvonal egyben optimális is. Az ilyen függvény jele: $f'(n)$, az eljárás neve ekkor A^* .
- Az általános kereső eljárás a következőképpen módosul:
 2. ... Legyen a front állapotai közül kiválasztva az, amelynek legkisebb az $f'(n)$ függvényértéke.
- Az eljárás
 - Teljes
 - Optimális
 - Időigénye nagy
 - Tárigénye nagy, gyakran túlsordítja a memóriát
 - Felfogható az Elágaztatás és ugrálás algoritmus és a Legjobbat először algoritmus egyesítésének.

Példa A^* keresésre

Útkeresés két város között

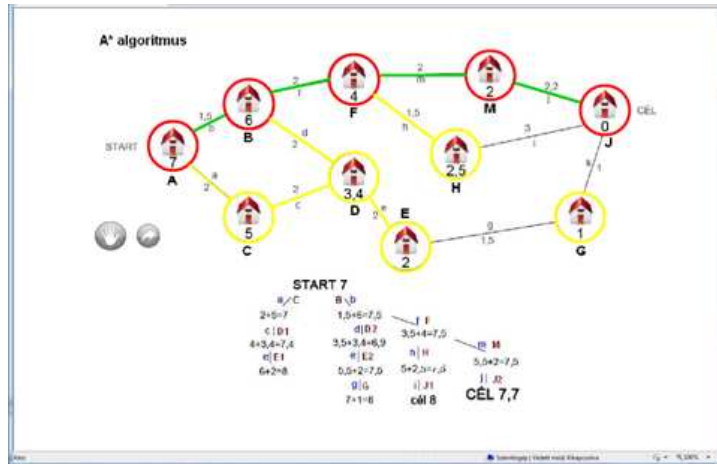
A heurisztikus kiértékelő függvény a légvonalbeli távolságot számítja. Az algoritmus akkor áll le, ha a Cél állapotot elérte és egyik félbehagyott útvonal költsége sem kisebb, mint a Cél állapotba vezető úté.



Az állapotgráf, a keresőgráf és a keresés lépései táblázatosan

- **Interaktív animációs példa az A* keresésre: útkeresés két város között**

Az alábbi ábrának megfelelő interaktív példán tanulmányozható az algoritmus működése. Figyeljük meg a 'súlypontáthelyezéseket', amikor nem az utolsó kiterjesztésben található csomóponttal, hanem a frontba korábban bekerült kisebb becslt Start-Cél áthaladási útvonalaköltséggel bíró csomóponttal folytatja a keresést az algoritmus. A megtalált minimális költségű útvonalat zöld szín jelöli.



A* algoritmus animáció. Indítás, továbbindítás: nyíl, megállítás: kéz.

Iteratív A* algoritmus

- Cél: az A* keresés memóriaigényének csökkentése.
 - Ötlet: mivel az A* memóriaigénye a kiterjesztett csomópontokkal és a feltárt gráf éleinek számával arányos, csökkentjük a figyelembe vett csomópontok és élek számát azáltal, hogy kezdetben csak a legalacsonyabb áthaladási költségű csomópontokat vegyük figyelembe. Azt, hogy mekkora költség alatt vesszük figyelembe a csomópontokat, egy **jósági küszöb** változóval adjuk meg. Ha ezzel nem adódik útvonal, akkor emeljük a jósági küszöb értékét és egy újabb A* keresést hajtunk végre a sűrűbb gráfon.
 - Az eljárás hatékonysága érdekében az új, magasabb küszöböt az előző ciklusban meghatározott értékre emeljük, nem pedig egyenletes lépcsőkkel.
 - Az eljárás arra emlékeztet, mint amikor egy város úthálózatáról készült fényképen az egyes útszakaszok az előhívótálban egymás után jelennek meg a képen. Az olcsóbb becslt Start-Cél költségű utak jelennek meg előbb.
- **Az iteratív A* algoritmus lépései**

1. A keresési front legyen egyenlő a Start állapottal.
 Jóságkorlát legyen egyenlő az $f(\text{Start})$ értékkel.
 Újkorlát legyen egyenlő végtelennel.
2. Ha a front üres, akkor nincs megoldás, vége.
 Egyébként legyen n a front egyik állapota.
3. Ha n kielégíti a Cél-kritériumot, akkor add vissza a hozzá vezető útvonallal együtt, vége.
4. Egyébként
 ha $f(n) \leq \text{Jóságkorlát}$, akkor a front n állapota helyére vedd fel a kiterjesztésével adódó új állapotokat és jegyezd fel a hozzájuk vezető útvonalakat,
 egyébként legyen Újkorlát új értéke Újkorlát és az $f(n)$ minimuma.
5. Ha a front üres és Újkorlát= végtelennel, nincs megoldás, vége.
6. Jóságkorlát vegye fel az Újkorlát értékét. Újkorlát legyen végtelen.
 Front legyen egyenlő a Start állapottal.
 Ismételd a 2. ponttól.

- Az eljárás
 - Teljes
 - Optimális
 - Időigénye nagy
 - Tárigénye lényegesen kevesebb az A* eljárásétól.

Hegymászó keresés

- Lokális információt használ: csak a szomszédos állapotokat nézi.
- A legjobb szomszédot választja és gyorsan feljut egy közeli lokális csúcspontra. (Legmeredekebb hegymászás, Steepest-Ascent Hill Climbing)
- Lépései:
 1. Legyen n a Start állapot.
 2. Ha n Cél-állapot, add vissza a hozzávezető úttal együtt. Vége.
 3. Egyébként állítsd elő n kiterjesztett állapotait. Legyen n új értéke ezek közül a legjobb.
 Ismételd 2.-től.
- Az eljárás:
 - Teljessége: amennyiben lokális maximum megfelel, akkor azt megtalálja
 - Nem optimális
 - Időigénye: nagyon alacsony
 - Tárigénye: nagyon kicsi, mert nem tárol keresőgráfot.
- Probléma: sikere erősen függ a felület alakjától.

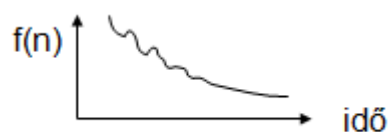
Szimulált lehűtés

- Ötlet: a fémek lehűlés során rácsszerkezetbe dermednek, melynek rendezettsége és finomsága a lehűtés sebességétől függ, lassú lehűtés magasabb rendezettséget eredményez.
- Cél: a lokális csúcsokról való elkerülés azáltal, hogy megadott valószínűséggel lefelé haladó, rontó lépések is lehetnek. A rontó lépések valószínűsége a hőmérséklet csökkenésével csökken.
- Kellően lassú lehűlés esetén megtalálja a globális maximumot.
- Nagyméretű feladatokra is hatékony.
- Közelítő eredményt ad, melyet a leállási feltétel teljesülésekor ér el. A leállási feltétel általában azt írja elő, hogy az utolsó néhány hőmérsékleten a célfüggvény értéke megadott kis értéken belül maradjon.

- **A szimulált lehűtés algoritmus, minimalizáló**

1. Legyen n a kezdő állapot,
 T_0 a kezdő hőmérséklet,
 L_0 a kezdő folyamathossz,
 $k=0$ a ciklusváltozó kezdőértéke.
2. Ismételd L_k -szor:
Legyen r az n egyik szomszédja,
ha $f(r) \leq f(n)$ akkor n vegye fel r értékét,
egyébként ha $\exp((f(n) - f(r))/T_k) > \text{Véletlenszám}$ akkor n vegye fel r értékét.
3. Inkrementáld a k -t,
számítsd T_k új értékét k és T_{k-1} függvényében,
számítsd az L_k új értékét k és L_{k-1} függvényében.
4. Ha a leállási feltétel nem teljesül, menj 2-re.
5. Add vissza az n megoldást, vége.

- A folyamathossz nem csökkenő, a hőmérséklet szigorúan csökkenő sorozat.
- Véletlenszám egy 0-1 intervallumbeli egyenletes eloszlású véletlenszám.
- A folyamathossz és a hőmérséklet változtatása tapasztalati megfontolásokon alapszik.
- Az $f(n)$ függvényérték globális minimumhoz való konvergálását egyre kisebb romlási szakaszok jellemzik.



Rontó szakaszok a keresés elején

Tabu keresés

- Ötlet: minimáló lokális algoritmusnak, ha megengedjük, hogy megpróbáljon kimászni egy lokális gödörből, előfordulhat, hogy a hegygerinc elérése előtt újra a kedvezőbb, kisebb függvényértékek irányába fordul, és újra lemegy a völgybe. Akadályozzuk meg

ezt egy rövidtávú memóriaként működő listával, mely tárolja a tiltott, tabunak minősülő visszautakat.

- **A Tabu keresés algoritmus:**

1. Legyen a kezdeti állapot n ,
 $n_eddig_legjobb$ vegye fel n értékét,
 k ciklusváltozó legyen 1,
a **Tabulista** legyen üres.
2. Ha a megállási kritérium teljesül add vissza az $n_eddig_legjobb$ állapotot, vége.
3. Egyébként $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ legyen egyenlő a legkisebb $f()$ értéket adó állapottal a kiterjesztett elemek és a Tabulista elemeinek különbségét adó állapotok közül.
4. Frissítsd a **Tabulistát**-t az $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ elemmel,
 n vegye fel $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ értékét.
5. Ha $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ kisebb, mint $n_eddig_legjobb$, akkor $n_eddig_legjobb$ vegye fel $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ értékét.
6. Inkrementáld a k ciklusváltozót és ismételd a 2. ponttól.

- **Megjegyzések a Tabu kereséshez**

- Megállási kritérium lehet:
 - A k ciklusváltozó elér egy korlátot.
 - $n_eddig_legjobb$ adott számú ismétlésben nem javult.
 - A kiterjesztett elemek és a **Tabulista** különbségalmazása üres.
- $n_eddig_legjobb$ az adott k iterációban vizsgált összes állapot közül a legjobb.
- $n_legjobb_a_kiterjesztésben$ a k . ciklusban kiterjesztett szomszédok és a **Tabulista** elemeinek különbségalmazásában a legjobb $f()$ értéket adó állapot.
- Az eljárás matematikai háttérrel nem bír, ennek ellenére nagyméretű feladatokban bizonyította erejét.
- A Tabulista elemszáma rögzített, a frissítés a legrégebben bekerült állapotot írja felül.
- Valós alkalmazásokban a Tabulista lépéssorozat fordított listájának bizonyos jellemzőit tárolja a memóriatakarékosság érdekében.

3.2.4. Esettanulmány Tabu keresés alkalmazásával

A következőkben *Dr. Christer Carlsson* finn professzor Logisztikai Optimalás Klasszikus IP és Tabu Search Módszerrel című előadása [14] alapján adunk egy összehasonlítást a Tabu keresés és más hagyományos optimalási módszerek szállítási feladatok ütemezésére való használhatóságáról.

A célok

A MobiValue nevű projekt a következő célokat tűzte ki:

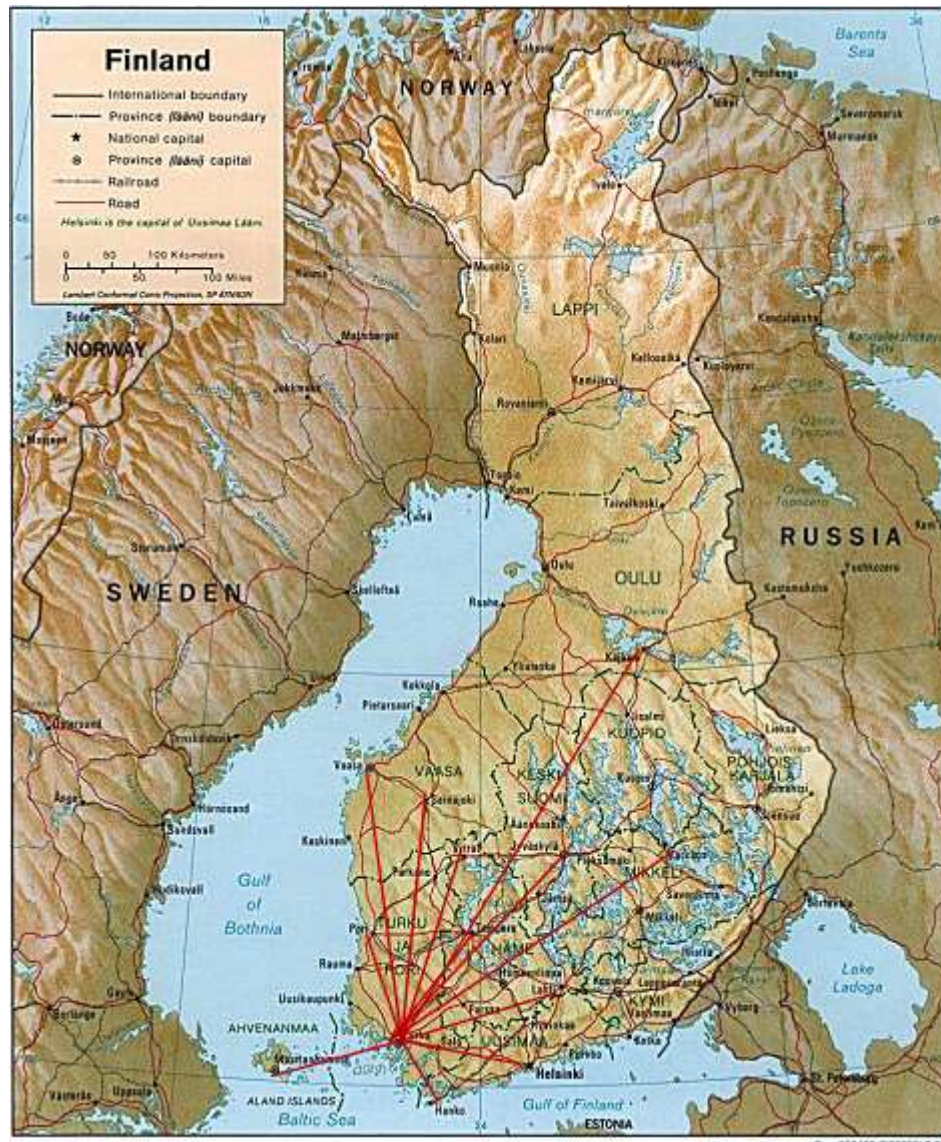
- Optimális logisztikai tervezés számára modellek és eszközök kidolgozása

- A modellek mobil platformokon (okostelefonokon, multimédia-képes telefonokon, stb.) és intraneten történő implementálása; az implementáláshoz szabványos szabadforrású szoftvert alkalmazva
- A modell-platformnak egy keresés-orientált (search oriented architecture, SOA) - alapú szolgáltatást is implementálnia kell
- A modelleknek két családja legyen: (I) ömlesztett rakomány szállítás és (II) darabáru szállítás
- Az optimális logisztikai tervezés magába foglalja az optimális útvonalak és rakomány tervezését, mindezt költségminimumra törekedve
- A modelleknek robusztusoknak, valamint könnyen implementálhatóaknak és kezelhetőeknek kell lenniük; a támogató rendszer megoldások a létező kereskedelmi megoldásokhoz könnyen integrálhatók és adaptálhatók legyenek.

A probléma és a környezet vázolója

Kétszázötven teherjárművet kell a fuvarokhoz társítani

- 100-120 napi hosszúságú forduló és hozzárendelés; 130-150 heti hosszúságú forduló, sok esetben több napot úton töltve, garantált rakomány nélkül; független teherjármű tulajdonosok
- Kb. 1000 fuvar (rakományt) kell kiosztani minden 24 órában; 12 kiindulóállomással
- Léteznek előre megkötött hosszútávú fuvarregyezségek, és alkalmi fuvarok egyaránt; a fuvarokat ádáz versenykörülmények között kell lebonyolítani
- Versenyképes árazás, kis árres mellett; sőt „elkerülendő az üres teherjárművek hosszú vezetését” – lényegében költségminimálás teljes rakományokkal és szoros fordulókkal, mint korlátokkal
- Számptalan kisebb megszorítás és pontatlan és hiányos adat teszi a hagyományos integer lineáris programozás alkalmazását nehézé.



A fő fuvarvonalak [17]

A MobiValue projekt elvárásai sokrétűek voltak:

- Megtervezni és tesztelni az optimálós modellt realizáló programrutinokat, melyek alapvetően az okostelefonokon futó mobil platformon üzemelnek
- Megoldani az útvonalválasztási és rakományképzési optimálási problémákat, melyeket a *Logica* nevű közreműködő specifikál; készíteni több útvonaloptimálási modellt és több rakományoptimálási modellt
- Általánosítani az optimálási modelleket a legmodernebb, gyakorlatban bevált algoritmusokkal és szabad forrású szoftverekkel
- Elkészíteni a *Logica* és az üzleti partnerei számára a tervezőeszközök egy megbízható készletét
- Publikálni az elméleti eredményeket és tapasztalatokat a bevált megoldásokkal.

A *Logica* közreműködő cég a következő hasznot és versenyelőny megszerzését tűzte ki célul:

- Növekvő piac a logisztikai optimálási megoldásokra

- Az optimáló program rutinok a *Logica* meglévő logisztikai szoftverrendszerének részeként működjenek és illeszkedjenek a logisztikai problémák megoldására használt bevált módszereikhez
- Az útvonal optimalálás és a rakományképzés optimalálása mind a bevételre, mind az eredményességre legyen hatással a *Logica* megrendelő cégeinél
- A Finn logisztikai vállalatok nem fognak érvényesülni a szállítókapa­citás növelésével és az árak csökkentésével – a piac túl kicsi; az egyedüli versenyelőny a gyorsabb logisztikai megoldások nyújtásából fog eredni
- A jobb logisztikai megoldások környezeti előnyökkel fognak járni és hozzájárulnak az infrastruktúra (utak, környezetszennyezés, forgalmi dugók, stb.) fenntartható fejlődéséhez.

Ellátási lánc menedzsment (Supply Chain Management, SCM) – Matematikai programozás

Mula és társai a *Mathematical programming models for supply chain production and transportation planning* című publikációjukban [EJOR (2009)] a következőkről számoltak be:

- Százhuszonhét publikáció feldolgozásával a következőkre jutottak: az esetek közel felében (20/44) a szerzők integer lineáris programozást alkalmaztak, kisebb arányban fuzzy matematikai programozást (8/44), sztochasztikus programozást (4/44), heurisztikákat és metaheurisztikákat (10/44) - nagyon ritkán integer lineáris programozással kombinálva.
- A leggyakrabban használt célfüggvények: költségminimum, árbevétel maximum, nyereségmaximum, szolgáltatási szint maximálás, teljesítetlen megrendelés minimum, rugalmasság a mennyiségben vagy a teljesítési dátumokban, árfolyam maximum, raktárkészlet biztonság maximum.

Ellátási lánc menedzsment – Mesterséges intelligencia módszerek

Ko, Tiwari és Mehnen *Soft computing applications in SCM* című publikációjukban [Applied Soft Computing (2009)] a következőket foglalták össze 163 publikáció áttanulmányozása után:

- Az Ellátási lánc menedzsment téma megoszlása a következő volt: gyártási folyamat menedzsment (62), megrendelés kielégítés (49), követelmény menedzsment (30), beszállítói kapcsolat menedzsment (13), termékfejlesztés és üzleti folyamatba vitel (4), visszavétel menedzsment (4), vevőszolgálat menedzsment (1).
- Az alkalmazott Mesterséges intelligencia technikák megoszlása: genetikus algoritmus (88), fuzzy logika (37), neurális hálók (41), szakértőrendszerek (12) – néhány alkalmazás többféle technikát is használt.
- A Mesterséges intelligencia módszerek növekvő alkalmazása figyelhető meg az Ellátási lánc menedzsment témában: 19 cikk (2005), 27 (2006), 26 (2007), 29 (2008); domináns folyóiratok: EJOR (14%), Production Economics (11%), Computers & Ind Eng. (11%).

Konkrét esetek és megoldások

Bianchessi & Righini [Computers & OR 34 (2007)]

- Járműirányítási problémák, egyidejű árufelvétel és lerakás, kifelé- és befelé irányuló szállítási igények.
- Nincs a műveletekre vonatkozó parancs; nincs kombinatorika.
- A klasszikus utazó ügynök és járműirányítási problémák módosításai.
- Mi nem kerülhetjük el a kombinatorikát, mivel a rakományokat egy bizonyos sorrendben kell berakni és üríteni.
- Minekünk gondot okoznak a korlátozott kapacitású megrakó- és ürítőhelyek is.

Ericsson és társai [Transportation Research (2006)]

- Járműirányítási problémák és különféle utak az optimális megoldás megtalálására.
- Az üzemanyagfogyasztás csökkentése navigációs rendszer segítségével – útválasztás optimalizálás a legkisebb teljes fogyasztás alapján.
- A legkisebb fogyasztású utak megtalálása és összevetésük a normál esetben a vezetők által választott utakkal.
- Az esetek 46%-ában a vezetők által választott utak nem voltak a legkisebb fogyasztást eredményező; átlagosan a navigációs rendszer által választott minden út további 8.2% megtakarítást eredményezett.
- Ez a megközelítés érdekes volt a mi vezetőink számára, mivel ők független szerződők voltak: nem tudták, hogyan találják meg a leginkább üzemanyagtakarékos útvonalakat.
- A megoldás a logisztikai tervező rendszer részévé válhat, mivel tartalmaz navigáció támogató szoftvert.

Yaman és társai [Transportation Research (2007)]

- A csomópontok, vagy átadóállomások és a társított irányító struktúrák optimális elhelyezése.
- A legutolsó beérkező rakomány minél korábbi beérkezési idejének elérése.
- Kétféle járműtípus: (I) nem szakítja meg az útját (II) egyszer, vagy többször is megszakítja az utat.
- Egy lineáris programozási modellt találtak, mely a feladat összes aspektusát kezeli; tesztfuttatások egy AMD Opteron 252 (2.6 GHz, 2GB RAM) számítógépen.
- Tíz csomópontra pár másodperces futásidő, 15 csomópontra nem adott megoldást egy órán belül.
- Ösztönzött minket arra, hogy heurisztikus módszereket keressünk: konstruktív, lokális és Tabu keresést.

Saját kísérletek (*Christer Carlsson* professzoré)

Az első kísérletnek a lehető legegyszerűbbnek kell lennie, hogy nyerjünk valamilyen érzést a problémával és a számunkra rendelkezésre álló módosítási lehetőségekkel kapcsolatban. Az Excel 2007 és a Prémium Solver V7.1 használatával szerzett tapasztalatok:

- Az elképzelés: olyan egyszerű eszközzel kellene megoldani a feladatot, mely integrálható a Windows XP vagy Vista alatt futó logisztikai támogató szoftverbe.
- A Prémium Solver Platform V7.0 támogat 16 384 oszlopos, 1 048 576 soros táblát.
- A Prémium Solver Platform Polymorphikus Számolótábla Interpretere elemzi és analizálja a modellt.

- Lehetséges továbbá szimulációs optimalizálást végezni a Prémium Solver Platform V7.0 és a Risk Solver Engine kombinálásával.
- Integer változók nehezzé teszik a modell megoldását, a memóriaigény és a futásidő exponenciálisan nő a hozzáadott integer változók számával.

Tapasztalatok: A kísérletek, melynek során a kidolgozott logisztikai menedzsment rendszer egyre több jellemzőjét adtuk az alkalmazáshoz egyre lassabb számítást eredményezett.

Futtattunk néhány benchmark modellt és csináltunk néhány durva becslést:

- 30 jármű, 100 szállítási feladat: 300 000 változó, futásidő 5sec, memóriaigény 110MB
- 30 jármű, 200 szállítási feladat: 1 200 000 változó, futásidő 90sec, memóriaigény 390MB
- 250 jármű, 1000 rakomány: 200 000 000 változó, futásidő 24óra, gyakorlatilag nem megfelelő, pedig ez lenne a tényleges feladatméret.

A Tabu keresés algoritmus alkalmazása

Az algoritmus, melyet a szállításoptimalizáláshoz alkalmaztunk, a Tabu keresésen alapult.

A tabu lista a lokális optimumokból való kimeneküléshez szükséges, a hossza fontos paraméter, melyet a megoldandó feladat típusától és méretétől függően kell beállítani. Felmerül a kérdés, hogyan generálunk egy lokálisan szomszédos állapotot? Ez az aktuális állapot kis módosításával állítható elő. Pontosabban attól függ, milyen fajta módosítást csinálunk, hogy mi a probléma. Ez heurisztikus tervezést jelent.

Az eredmények

A Tabu módszer kalibrálása és a szoftver párhuzamosan alkalmazott tuningolása kb. két hónapnyi munka után kezdett el jó eredményeket adni.

Minden egyes szállítmány feladathoz létezik egy komplett útvonalterv egy, vagy több teherjármű számára a megrakási/kiürítési sémákkal és a megteendő távolságokkal és hogy mely fuvarokhoz mekkora kapacitás szükséges. A számítási idők eléggé elfogadhatóak voltak:

- 233 jármű, 821 szállítási feladat, mely 1188 iterációt igényelt; 25 perc 32 mp alatt; a legjobb megoldás a 475. iterációban adódott, azaz kb. 10 másodpercen belül.
- 24 jármű, 100 szállítási feladat, mely 1000 iterációt igényelt; 0 perc 33 mp alatt; a legjobb megoldás a 754. iterációban adódott, azaz kb. 25 másodpercen belül.
- Az érdekesség, amire rájöttünk, az volt, hogy jó és gyors megoldás találásához a heurisztikával óvatosan kell bánni.

Egy teljes méretű futtatás esetén, mely az alábbi eredményeket szolgáltatotta az adathalmazra, a futásidő 4 perc 9 másodperc volt a 34.8 millió megrendelés iterációs lépésre:

Legjobb megoldás értéke: 15792, a 739. iterációs lépésben.

34 817 515 megrendelési lépést próbáltunk

Befejezett iterációk száma 1 385

Null-rakományok: 363 eset (19 sürgős)

Szállítási feladat a #1392 számú jármű számára, tartama 13 óra 14 perc, 3 rakomány, 607 km: Ala-Veteli 05:30 > 290 km 09:38 Siilinjärvi (+35100kg/T#01773723/1, 90%) 11:03 > 0 km > 11:03

Siilinjärvi (+2600kg/T#01766657/1, 96%) 11:08 > 0 km > 11:08 Siilinjärvi (+1300kg/T#01783833/1, 100%) 11:10 > 248 km > 15:27 PULKKINEN (

-35100kg/T#01773723/1, 10%) 16:52 > 20 km > 17:14 VETELI (-1300kg/T#01783833/1, 6%) 17:31 > 10 km > 17:42 Småbönders (-2600kg/T#01766657/1, 0%) 18:02 > 39 km > 18:44 Ala-Veteli 18:44

(Megjegyzés: +x kg felrakott mennyiség, -x kg lerakott mennyiség, T# a rakomány azonosítószám, x% a jármű telítettsége)

Szállítási feladat a #1293 számú jármű számára, tartama 13 óra 05 perc, 5 rakomány, 489km: 05:30 Artjärvi 05:30 > 40 km > 06:13 LILJENDAL (+11647kg/T#01821189/1, 58%) 06:51 > 118 km > 08:38 km > 06:13 LILJENDAL (+11647kg/T#01821189/1, 58%) 06:51 > 118 km > 08:38 KANTVIK (09:00-24:00, -11647kg/T#01821189/1, 0%) 09:38 > 52 km > 10:32 Ojakkala (+8400kg/T#01822298/1, 42%) 11:03 > 0 km > 11:03 Ojakkala (+3675kg/T#01823262/1, 60%) 11:10 > 44 km > 11:57 ESPOO (-3675kg/T#01823262/1, 42%) 12:19 > 134 km > 15:02 Kotka (+3960kg/T#01819722/1, 61%) 15:24 > 0 km > 15:24 Kotka (+3840kg/T#01822797/1, 81%) 15:31 > 18 km > 15:51 HAMINA (-3840kg/T#01822797/1, 61%) 16:13 > 0 km > 16:13 HAMINA (-8400kg/T#01822298/1, 19%) 16:44 > 47 km > 17:34 Raussila (-3960kg/T#01819722/1, 0%) 17:56 > 36 km > 18:35 Artjärvi 18:35.

A CargoOpt algoritmus

- A CargoOpt program szállítási feladatok, rakományok köré szerveződik. A cargo (szállítási feladat, fuvar) rendelések egy halmaza, beleértve a felrakási és lerakási tevékenységeket is, melyek a megrendelések sikeres teljesítéséhez szükségesek. Minden egyes szállítási feladat rendelkezik egy azt teljesítő hozzárendelt teherjárművel. A jármű pedig egy sofőrrel, vezetővel.
- Minden megrendelés, mely nincs valós szállítási feladathoz rendelve, úgynevezett null-cargo-hoz, null szállítási feladathoz rendelődik. Ez egy speciális szállítási feladat, melyhez nem tartozik tevékenység. A célja pusztán tárolni az éppen nem teljesítés alatt lévő rendeléseket.
- Minden egyes megoldás egy halmaz valós szállítási feladatból és egy null-cargo-ból fog állni.

A kezdeti megoldás

A kezdeti megoldás nagyon egyszerű: egy üres szállítási feladatot tartalmaz minden jármű számára, és az összes megrendelés a null-cargóban vár a sorára.

Szomszédos megoldás

A szomszédos megoldás egy olyan megoldás, melyet úgy kapunk, hogy eltávolítunk egy rendelést az egyik szállítási feladatból és behelyezzük egy másik szállítási feladatba. A null-cargo is lehet forrás, vagy cél szállítási feladat.

Megoldás kiértékelés

Egy megrendelés eltávolítása egy szállítási feladatból változást okoz az adott szállítási feladatnak a teljes költséghez való hozzájárulásában. Hasonlóan, egy rendelés hozzáadása megnöveli a részesedését. A megoldás költsége így módon aktualizálódik és a kapott eredmény lesz az új megoldás költsége.

A legjobb megoldás előállítása

A rendszerben szereplő minden megrendelést eltávolítunk a saját szállítási feladatából és átrakunk minden más szállítási feladatba, ezáltal előállítva az összes szomszédos

kombinációt. Miután minden esetet kiértékelünk az ilyen szomszédok közül, a legjobbat választjuk.

Aspirálási kritérium: ha a választott legjobb megoldást a tabu lista blokkolja, attól még az elfogadható, akkor és csak akkor, ha jobb, mint a pillanatnyilag nyilvántartott eddig feltárt legjobb megoldás – ez a „a legjobb mindig spirál kritérium”. (A szerző megjegyzése, hogy az alkalmazott módszer nem tiszta Tabu keresés. Tiszta tabu keresés esetében állapotér állapotaként egy adott szállítási feladat halmazt kellene venni és kiértékelni és ezt a kiértékelt halmazt, mint állapotot kellene a tabulistára felvenni. Ebből eredően tabu lista által blokkolt megoldás soha nem adhat jobb megoldást az eddig feltárt legjobbtól, hiszen azt már az állapot bejárásakor számba vettük.)

A tabu lista aktualizálása

A tabu listát nagyon egyszerűen aktualizáljuk: az átrakott megrendelést hozzáadjuk a tabu listához. Ily módon azok a lépések, melyek ezt a megrendelést magukba foglalják nem lesznek engedélyezettek bizonyos számú iterációban, kivéve, ha az aspirálási kritérium teljesül. (Szerző megjegyzése: nem lenne szükség az aspirálási kritériumra, ha a tabu lista a keresési tér állapotait tartalmazná, nem azok egy jellemzőjét.)

Megrendelés eltávolítás

Egy megrendelés eltávolítása egy szállítási feladatból nagyon egyszerű: a megrendelést eltávolítjuk az adott szállítási feladat megrendelési halmazából és a kapcsolódó tevékenységeket töröljük a tevékenységek listájáról.

Megrendelés beszúrás

A megrendelés beszúrása jelentősen nehezebb.

Miután a megrendelést hozzáadtuk a megrendeléshalmazához az adott szállítási feladatnak, a csatlakozó tevékenységeket is hozzá kell adni a tevékenységek listájához. A tevékenységeket mindig oly módon adjuk hozzá, hogy a teljes költségét a szállítási feladatnak minimáljuk: a felrakodási és a lepakolási tevékenységeket minden lehetséges helyen beszúrjuk a tevékenységlistába, majd a szállítási feladat költsége minden egyes permutációra meghatározásra kerül.

Összegzés és konklúziók

Egy valós optimálási feladaton dolgoztunk mely részét képezte egy logisztikai támogató rendszernek.

- Valós idejű tervezés (a következő 24 órára) 250 teherjárműre és 1000 szállítási feladatra.
- Eredeti elképzelés: Excel 2007 + Prémium Solver 7.0.
- Kidolgozásra kerültek az integer programozási feladatok, de hamarosan kiderült, hogy a kombinatorikai rész túl gyorsan nő.
- Teszteltük a tabu keresést és találtunk egy járható utat a használatára. A program könnyen beépíthető a logisztikai támogató rendszerbe.

Ajánlott irodalom

- [1] Váncza József: *Mesterséges intelligencia – Szakértőrendszerek*, GDF Jegyzet. 1995.
- [2] Szalay Tibor: *A mesterséges intelligencia alapjai*, LSI Oktatóközpont 2002
- [3] Fekete I.; Gregorits T.; Nagy S.: *Bevezetés a mesterséges intelligenciába*, ISBN963 576 015 9, Budapest, 1990.
- [4] Vértes Edit: *Logisztikai informatika*, jegyzet (ÁVF, 2006.)
- [5] Dr. Tokodi Jenő: *Az SAP integrált vállalatirányítási rendszer logisztikai moduljai*. Tanszéki segédlet a Logisztikai Információs Rendszerek c. tárgyhoz. BME, Budapest, 1998. február. p. 62.
- [6] Tokodi J. - Prezenszki J. - Gál Gy.: *Logisztikai informatika c. tantárgy kibővített óravázlata*. BME. Akkreditált iskolarendszerű felsőfokú szakképzés tananyaga. Készült a PHARE támogatásával a HU-94.05 "Az oktatás és a gazdaság kapcsolatainak erősítése" c. program keretében, a BME TUBMEN 0201- L004 - 07 sz. szerződése alapján.
- [7] Prezenszki J. (szerk): *Logisztika* Mérnöki Továbbképző Intézet. 2004. p. 488.
- [8] Szegedi Zoltán – Prezenszki József: *Logisztika-menedzsment* Kossuth Kiadó, 2005.
- [9] Gelei Andrea: *A logisztikai menedzsment szerepe a vállalati versenyképesség biztosításában*. A logisztika alprojekt zárótanulmánya. BKE Vállalati gazdaságtan Tanszék, Budapest 1997.
- [10] Halászné Sipos Erzsébet: *Logisztika (Szolgáltatások, versenyképesség)*, Logisztikai Fejlesztési Központ, Magyar Világ Kiadó, 1998.
- [11] Knoll Imre: *Logisztika a 21. században*, KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft. Budapest, 1999.
- [12] Komáromi N. *Marketing-logisztika*. SZIE. Gödöllő. 2001. (jegyzet)
- [13] Chikán A.: *Értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. Aula. 2001.
- [14] Halászné Sípos Erzsébet: *Logisztika*. LFK-Magyar Világ. 1998.
- [15] Kovács János: *Az áruszállítás logisztikai folyamatait segítő informatikai rendszerek* <http://www.reginnov.hu/commonstrategies/Janos%20Kovacs%20HU.pdf> 2009.02.15.
- [16] Martin Christopher – Helen Peck: *Marketing Logistics*. Butterworth. London. 2003.
- [17] Christer Carlsson: *Logistics Optimisation*. 6th Workshop on Logistics and SCM. <http://www.baclog.de/pdf/Carlsson.pdf> Elérés: 2011.02.10.

3.3. Modellezési elvek, módszerek és eszközök (Bikfalvi Péter)

3.3.1. Alapfogalmak

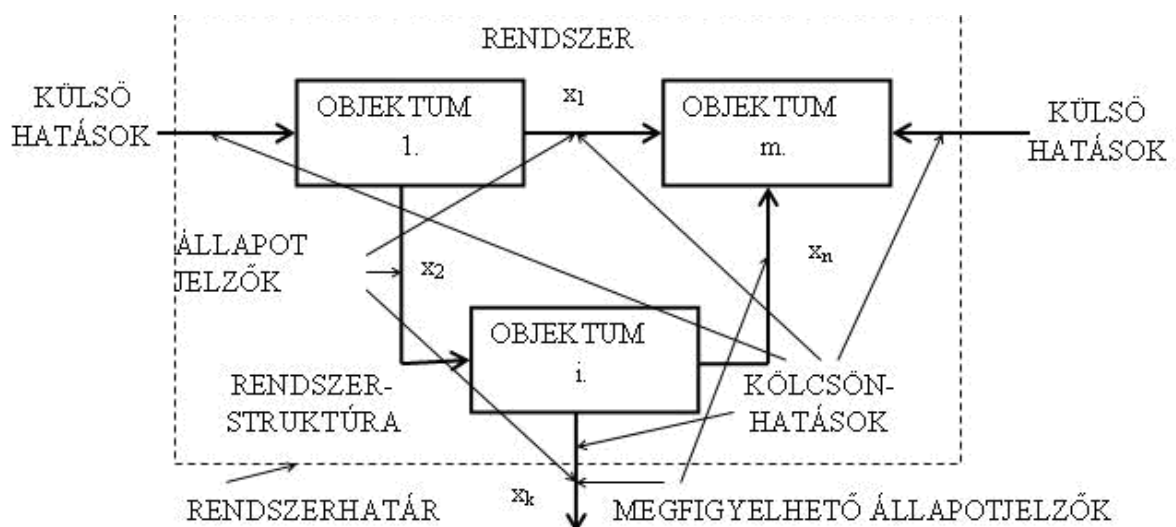
A műszaki tudományok és a mérnöki gyakorlat egyik alapvető fogalma a *rendszer*. A rendszer egy nagyon összetett (és általánosan használt) fogalom, melynek számos (egyik sem igazán teljes!) definíciójával, értelmezésével találkozunk. Íme néhány definíció:

- "bármilyen – fogalmi vagy fizikai – entitás, amely egymástól függő részekből áll"
- "dolgok vagy részek csoportja, amelyek egészként dolgoznak együtt"
- "elképzelések, elméletek, elvek halmaza, amelyek alapján valami megtehető"
- "egynemű vagy összetartozó dolgoknak, jelenségeknek bizonyos törvényszerűségeket mutató rendezett egésze"
- "szervezett vagy összetett egész: egy komplexumot vagy egységes egészet alkotó dolgok vagy részek együttese vagy kombinációja"
- "kitűzött célok elérésére koordinált elemek halmaza" (Churchman meghatározása)

Saját definíciónkhoz feltételezzük, hogy a természettudományokból már ismerjük az *objektum*, a *kölcsönhatás* és a *halmaz* fogalmát. Ennek megfelelően:

Rendszer

A rendszer (angolul *system*) különböző osztályokhoz tartozó objektumok elkülönített halmaza, amelyben az objektumokat kölcsönhatások kapcsolják össze.



A rendszer

A rendszer határa (lásd ábra) a *figyelembe vett* objektumokat és kölcsönhatásokat különíti el a rendszer környezetétől (univerzumtól). A rendszer határán belül a különböző típusú

objektumok és kölcsönhatások belső elrendezése alkotja a rendszer *struktúráját*. A rendszer struktúráját nem csak az objektumok topológiája (elrendeződése), hanem a kölcsönhatások jellege (típusa) is befolyásolja.

A rendszer objektumait további rendszereknek (alrendszereknek) tekinthetjük. Ennek alapján egy hierarchiát lehet felépíteni, hiszen így minden rendszer alrendszerekből áll, ezek pedig további alrendszerekből épülnek fel. Ugyanakkor, egy rendszer ritkán izolált (környezetétől elszigetelt), tehát valamilyen másik rendszer alrendszerének tekinthető.

Egy rendszer objektumainak (alrendszerének) mennyiségi jellemzői alkotják a rendszer *paramétereit*. Ezek határozzák meg az illető rendszer működési állapotát, vagy más néven kondícióját (angolul *system condition*).

A rendszer objektumai és a környezete közötti kölcsönhatásokat *anyagáramlás*, *energiaáramlás* és *információátvitel* jellemzi. A kölcsönhatásokat az *állapotjelzők* (más néven *állapotváltozók*) segítségével jellemezzük. Az állapotjelzők általában valós fizikai (anyagi) mennyiségekhez kötődnek, melyeket legtöbbször meg tudunk figyelni (esetleg közvetlenül mérni). Nagyon sokszor eltekintünk az anyag és energia vonzattól, és csak a kölcsönhatásokra jellemző információátvitelt vesszük figyelembe, amelyet a *jelek* közvetítenek.

Jel

A jel (angolul *signal*) egy megfigyelhető fizikai állapotjelző, amely információt hordoz.

A jelek modellezésére különböző *jelmodelleket* használnak. Ilyen jelmodellek:

1. Az analóg jel
2. A kvantált jel
3. A mintavételezett jel
4. A digitális jel

A jelek analitikus leírása történhet az *időtartományban* és/vagy a *frekvenciatartományban*. Az időtartományi leírás egy, az időt, mint független változót tartalmazó függvény (vagy táblázat) formájában jelenik meg. A frekvenciatartományi leírás azon a megállapításon alapszik, hogy minden, nem túl szigorú megszorításoknak eleget tevő (idő)függvény előállítható harmonikus (szinuszos és koszinuszos) (idő)függvények összegeként. A harmonikus összetevők összegzett (komplex) amplitúdójának frekvenciafüggő eloszlása a *spektrum*. A jel spektruma szintén egy fontos alapfogalom.

Egy rendszer fizikai állapotjelzőit (jeleit) természeti törvények kapcsolják össze. Ha ezeket ismerjük és/vagy elegendő mérési eredményünk van a rendszer állapotjelzőinek időbeni változásáról, létrehozhatjuk a *rendszer modelljét*.

Az ember sajátja a természetes intelligencia. Ezzel a tulajdonságával képes:

- céltudatos megfigyeléseket végezni (érzékelés),
- tapasztalatok alapján elvonatkoztatni (absztrakció),
- ismereteket és tudást felhalmozni (tanulás),
- alkotás útján mesterséges rendszereket létrehozni (kreativitás).

A fizikai rendszerek gondolati leképzése az emberi intelligencia egyik képessége. Ez a *rendszermodellezés alapja*. A rendszermodell egy adott valós rendszernek bizonyos célok

szempontjából a lényegi tulajdonságait kiemelő, egyszerűsített leképezése az emberi tudatba. Ezt a képet nevezzük gondolati (vagy absztrahált) modellnek.

Modell

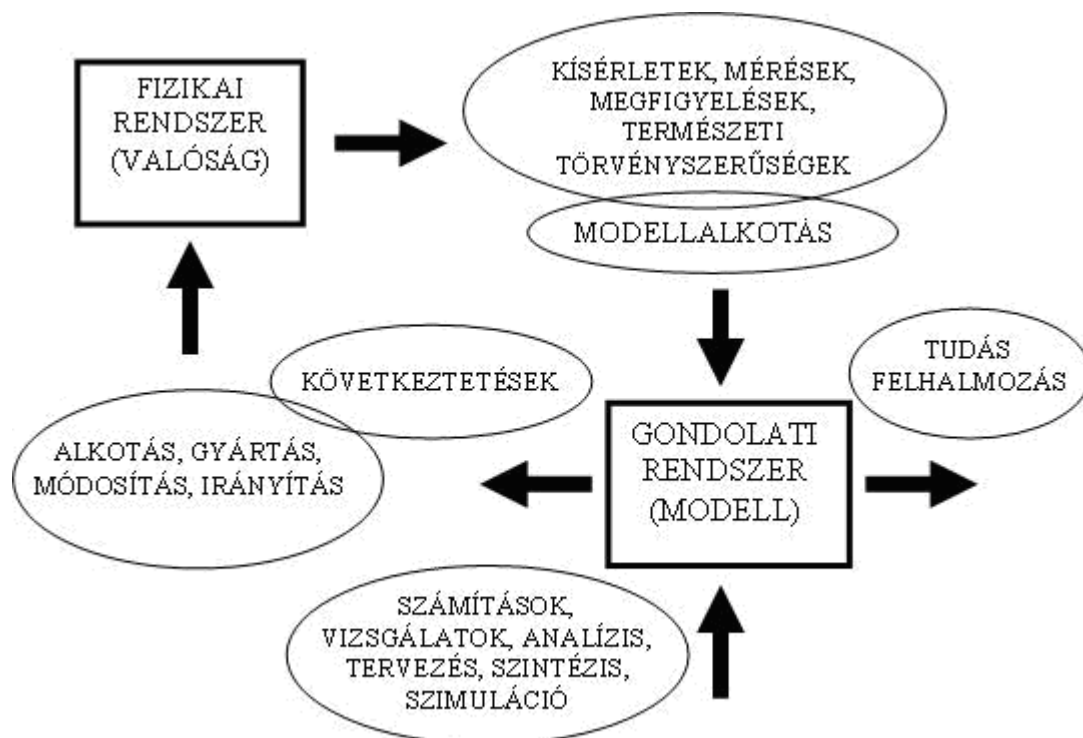
A modell egy fizikai rendszer leképezése a tárgyi világból a képi (gondolati) világba. A modell az illető rendszerre vonatkozó ismereteink összefoglalása, egyszerűsítése és/vagy absztrakciója.

A gondolati rendszerek (modellek) alapján újabb gondolati vagy akár fizikai (valós) rendszerek hozhatók létre.

A modellalkotásnak alapvetően négy fő célja lehet:

- a rendszerek tulajdonságainak, viselkedésének elemzése, megértése (analízis),
- a rendszerek jövőbeli állapotának megjóslása (predikció),
- rendszertervezési, irányítási feladatok megoldása (szintézis),
- rendszerek minősítése.

A modell jellege a modellezésnél használt módszerek és eszközök függvénye. Például, a *művész* alkotó munkája is a modellezés egy sajátos formája.



A modellezés absztrakt ciklusa

A tudományos igényű modelleket a szakirodalom többféle, egymással csak részben vagy egyáltalán nem kompatibilis módon osztályozza. Ugyanakkor, a *fizikai rendszerek gondolati modelljei* központi szerepet játszanak a műszaki objektumok tervezésében, fejlesztésében,

gyártásában és irányításában. A (piaci, műszaki, biztonsági, környezetvédelmi, stb. típusú) társadalmi igényeket és célokat elsődlegesen a modellek segítségével realizálhatjuk.

A gondolati modellekkel végzett vizsgálatok, szimulációk lehetővé teszik:

- általánosítható *tapasztalatok, tudás felhalmozását,*
- új rendszerek *tervezését, fejlesztését, gyártását,*
- meglévő rendszerek *irányítását, módosítását, minősítését.*

A gondolati modelleket tovább lehet osztályozni:

- *homológ (fizikai) modellek* (pl. makettek),
- *analóg (koncepcionális) modellek* (pl. számítógépes programok),
- *matematikai modellek* (matematikai formulák, összefüggések).

A műszaki gyakorlatban mindhárom gondolati modelltípus használatos, viszont a matematikai modelleknek van a legnagyobb jelentőségük. A *matematikai modell* az adott rendszer belső struktúráját és a környezetével való kölcsönhatásait matematikai összefüggések (matematikai formalizmusok) halmazával írja le.

A matematikai modelleket elméleti („fehér doboz”) vagy kísérleti („fekete doboz”) úton lehet (szokás) meghatározni. A mérnöki gyakorlat gyakran kombinálja a két módszert (azaz a „szürke doboz” valamely árnyalatát érvényesíti). Az *elméleti modellezés* az illető rendszerre jellemző (fizikai, vegyi, biológiai, politikai, társadalmi, stb.) matematikai törvényszerűségek ismeretét feltételezi. Előnye, hogy az illető rendszernek nem kell szükségszerűen valósnak lenni. Az elméleti modellezés eredménye általában egy differenciál egyenlet(rendszer).

A *kísérleti modellezés* csak valós és működő rendszerek esetében jöhet létre és megfelelő kiegészítő műszerezést is feltételez. A kísérleti modellezés gyakran használt elnevezése még az *identifikáció*. A specifikus, gyakran számítógéppel segített identifikációs algoritmusok általában egy differencia egyenlet(rendszer)hez (szimulációs modellekhez) vezetnek.

Nagyon sokszor a matematikai modelleken keresztül ún. másodlagos (szekundér) leképezésekkel hozzuk létre a *formálisan azonos* modelleket. A szekundér modell már semmilyen szemléletes kapcsolatban nem áll az eredeti fizikai rendszerrel, csak a rendszer és környezete (bemenetek – kimenetek) közötti kapcsolatot adja vissza. Gyakran alkalmazzuk a szekundér modellek leírására az ún. *blokkvázlat* megoldást.



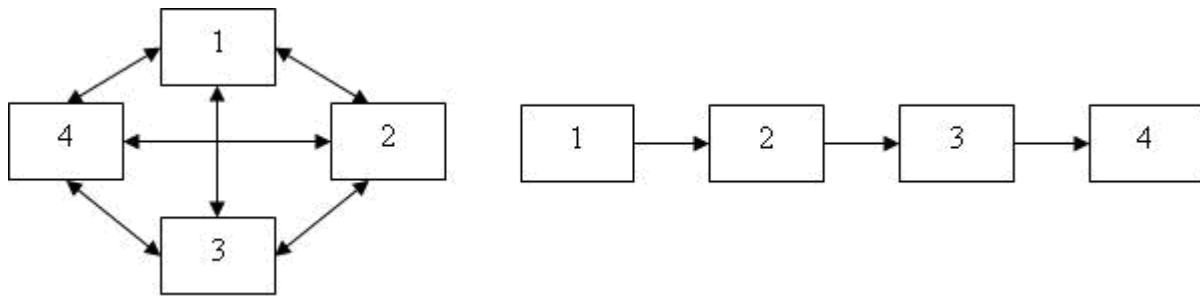
Blokkvázlat

A matematikai modellezéssel szemben két ellentmondó követelményt támasztunk:

- tükrözze minél hűebben a valóságot,
- legyen minél egyszerűbb.

A modell a valóságnak mindig csak többé-kevésbé hű tükrö. A leképzés hűségének fokozása rendszerint a modell *bonyolultságát* fokozza. A bonyolultabb modell nehezebben kezelhető, az elvégezhető vizsgálatok költségesebbek.

Egy adott rendszer bonyolultságát annak komplexitásával szokás jellemezni. A komplexitás egyik legkézenfekvőbb mértéke lehetne a rendszer objektumainak (elemeinek, entitásainak) száma. Ugyanakkor, egy rendszer komplexitását csak fokozza az objektumainak és kölcsönhatásainak sokfélesége. A alábbi ábrából is könnyen látszik, hogy egy *általánosan* kapcsolt rendszer komplexitása többszöröse egy *sorosan* kapcsolt rendszer komplexitásának.



Általánosan és sorosan kapcsolt rendszer

A sok, különböző típusú objektumot tartalmazó rendszer elemei közötti kapcsolat rendszerint *illeszkedési (interface)* problémákat okoz. A műszaki (pl. gyártási, logisztikai, informatikai) rendszerek objektumainak illeszkedését *műszaki szabványok* támogatják.

A mai műszaki gyakorlatban *paradigma* rangjára emelkedett a " nyílt rendszer" (angolul *Open System*) tervezési elv. Ez azt jelenti, hogy az illető rendszer:

- moduláris felépítésű,
- moduljainak illesztésénél definiált szabványokat használ,
- struktúráját nyíltan definiálja,
- határfelületeit részletesen specifikálja,
- módosítását, bővítését további interfészekkel támogatja.

A rendszer fogalmához kapcsolódik még egy nagyon fontos fogalom. Ez az *állapot*.

Állapot

Egy rendszer állapota (angolul *state*) alatt a rendszer állapotjelzőinek egy adott időpillanatban felvett (valós) értékeinek halmazát értjük.

Egy rendszer állapota időben lehet állandó vagy változó. Az első esetben a rendszer *stacioner*, a másodikban *dinamikus*. A valós rendszerek jellemzően dinamikusak („minden mozgásban van”), tehát az állapotjelzők értékei időben változnak (ezért használatos gyakran az állapotjelző helyett az *állapotváltozó* szó). Ez utóbbi esetben a rendszer állapotjelzőinek időbeni változása a rendszerben zajló *folyamato(ka)t* (angolul *process*) írja le.

Folyamat

Folyamat (angolul *process*) alatt egy dinamikus rendszer logikailag összetartozó állapotjelzőinek időbeni változását.

Egy dinamikus rendszerben akár több folyamat is fellelhető. Az állapotjelzők logikailag összetartozó csoportosítását, elkülönítését a természeti (fizikai, vegyi, biológiai, stb.) törvények gyakran egyértelművé teszik. Más esetekben a folyamatok definiálása szubjektív, emberi tevékenység (pl. absztrakció, dekompozíció) eredménye.

A rendszer és a hozzá kapcsolódó fogalmak nagyon általánosak. Ezért, nagyon sok területen alkalmazzák. Az IIASA (International Institute for Applied System Analysis) nemzetközi szervezet javaslata szerint az alábbi rendszertípusokat lehetne megkülönböztetni:

- Közgazdasági rendszerek
- Emberi és társadalmi rendszerek
- Erőforrások és környezeti rendszerek
- Ipari rendszerek
- Biológiai rendszerek
- Információs és számítógépes rendszerek
- Integrált rendszerek

A műszaki szakemberek számára elsődlegesen az ipari rendszerek, és ezeken belül a gyártórendszerek bírnak jelentőséggel. Ezekben a rendszerekben zajlanak elsődlegesen a *termelési folyamatok*, illetve *gyártási folyamatok*.

Termelés

Termelés (angolul *production*) alatt a használati javak tervszerű és sokszorozott előállítását értjük.

Gyártás

Gyártás (angolul *manufacturing*) alatt az anyag (nyersanyag-készanyag) transzformációt értjük.

A *termelési folyamat* tehát egy termelési rendszerben (például vállalatban) célirányosan összehangolt állapotjelzők időbeni értékeiként értelmezhető. A *gyártási folyamat* pedig az anyag transzformációhoz kapcsolódó állapotjelzők adatstruktúrája, tehát az anyag átalakulását megfelelő információátalakulás (változás) is jellemzi. Egy gyártórendszer mindig egy termelési rendszer alrendszere, a gyártási folyamatok a termelési folyamatok részét képezik.

Az ipari (és nem csak!) rendszerek működésében lezajló folyamatokra jellemző az, hogy irányítottak. *Irányítás* (angolul *control*) alatt általánosan egy olyan cselekvést (vagy cselekvés sorozatot) értünk, amely egy folyamatot létrehoz, fenntart, módosít vagy megszüntet. A gyártási folyamatok irányítását általában egy mesterséges (irányító) rendszer valósítja meg. Az irányítás alapvetően három funkciót valósít meg. Ezek a következők:

- információ szerzés (ez történhet közvetlenül, folyamatos érzékelés, mérés útján, vagy közvetetten, előzőleg felhalmozott tudás alapján)
- a döntéshozatal (irányítás) céljából történő információ feldolgozás
- a döntésnek megfelelő beavatkozás

Az irányítási funkciók megvalósítási módjai a gyártási folyamatok irányító rendszereit (berendezéseit) két csoportba osztják: a *szabályozók*, illetve a *vezérlők* csoportjába.

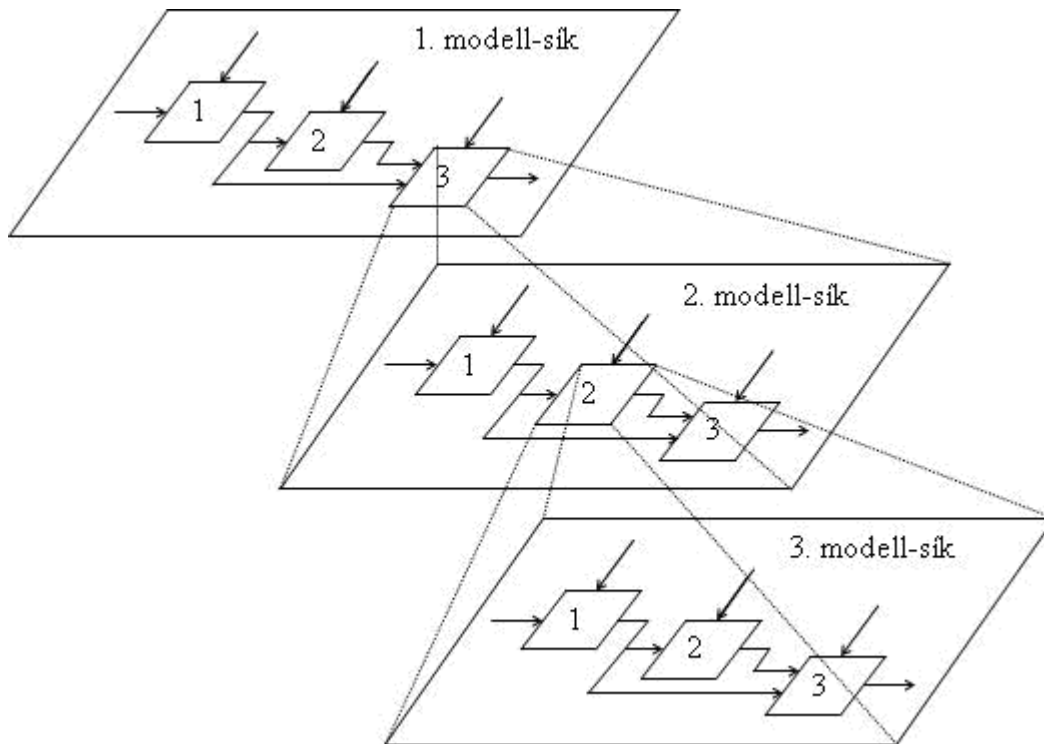
3.3.2. A modellezés általános módszerei

A különböző rendszerek modellezésénél az alábbi általános módszereket használjuk:

- a strukturált rendszermodellezés,
- a funkcionális rendszermodellezés,
- az objektum orientált rendszermodellezés módszereit.

A strukturált rendszermodellezés módszere

A strukturált rendszer-modellezés (*Structured Analysis and Design Technique - SADT*) egy általánosan használható rendszermodellezési eljárás. Az eljárás lényege, hogy a modellező a modellezni kívánt rendszert jól elhatárolható alrendszerekre, részekre, modulokra bontja, egy többszintű, hierarchikus felépítésű rendszer elvei szerint. A módszer jellegzetessége a "felülről lefelé" (angolul *top-down*) bontási (de-kompozíciós) elv következetes érvényesítése, egymásnak alárendelt modell-síkok (hierarchikus szintek) meghatározásával.



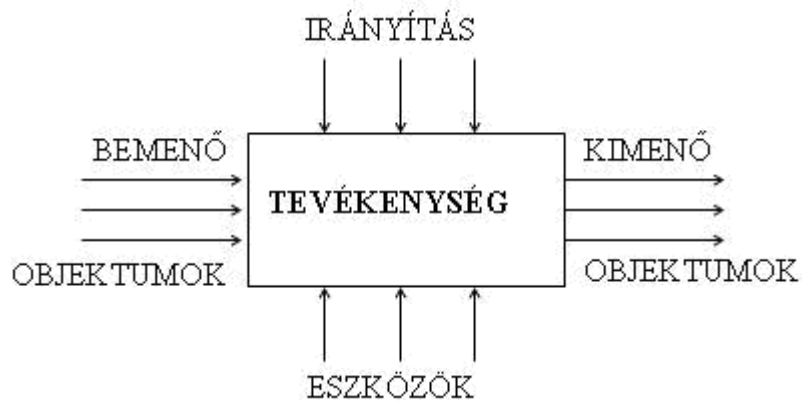
Egymásnak alárendelt modell-síkok

Egy modell síkon tipikusan 2-3, de általában nem több mint 6 modul helyezkedik el. Egy-egy modul lebontása oly módon és addig megy végbe, míg az egyes alrendszerek között csak egyszerű (soros, párhuzamos, visszacsatolt) kapcsolatok (egyirányú hatások) vannak és az elkülönített alrendszerek jól definiálható funkciókkal jellemezhetők. A SADT grafikus modelljén a funkcionális modulokat négyzetek, a kapcsolatokat nyilazott egyenesek jelölik.

A strukturált rendszermodellezés két különböző típusú modellt használ. Ezek a következők:

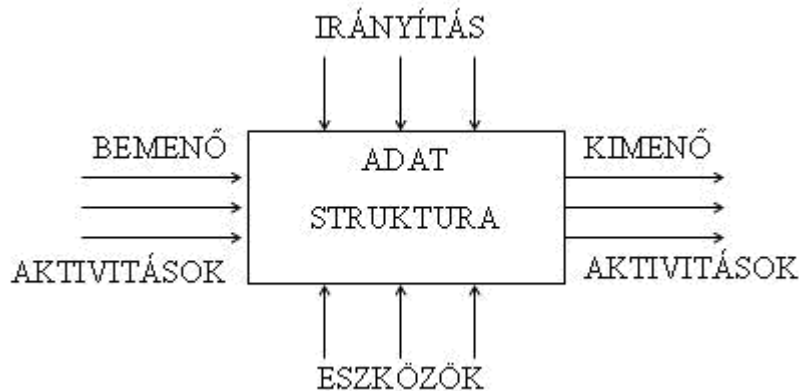
1. Tevékenység-modell
2. Adat-modell

A tevékenység-modellekben a modell objektumok (modulok) anyagi, energetikai vagy információs természetűek lehetnek. A *modellezett tevékenység* bemenő objektumokat alakít át kimenő objektumokká és ehhez különböző *eszközöket, erőforrásokat* használ. A tevékenység *irányító jeleket* és *adat-struktúrákat* is kap, de ezeket a tevékenység nem alakítja át, csak felhasználja.



Tevékenység modell

Az adat-modellekben a modellezett objektum mint adatstruktúra jelenik meg, melyre *bemeneti aktivitások* (tevékenységek) hatnak, és a modellezett funkciók szerinti *kimeneti aktivitások* (tevékenységek) keletkeznek. Az eszközök és az irányító jelek szerepe hasonló a tevékenység-modellekéhez.



Adatmodell

Egy SADT modell felépítése a következő főbb lépésekből áll:

1. A modellezendő funkciók elkülönítése, definiálása.
2. A tevékenységek és adatstruktúrák meghatározása.
3. A modell hierarchiai szintjeinek meghatározása.
4. A modellelemek és kölcsönhatások, a bemenetek és kimenetek, az eszközök, az irányító jelek meghatározása.
5. A 3. és 4. pont iteratív ismétlése a végső megoldás eléréséig.
6. A modell kritikai felülvizsgálata.
7. A modellezendő adatstruktúra hierarchiájának megkonstruálása.
8. Az adatstruktúra elemek és az aktivitások meghatározása.
9. A 7. és 8. pont iteratív ismétlése a végső megoldás eléréséig.
10. A modell kritikai felülvizsgálata.
11. A tevékenység és az adatdiagram egybevetése, módosítása.
12. A végső modell dokumentálása.

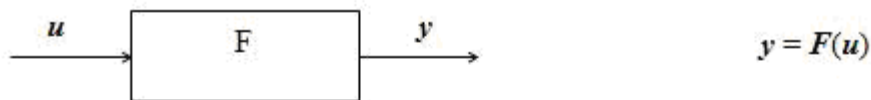
A SADT modellezési módszert (is!) gyakran számítógépes szoftverek támogatják. Ilyen értelemben, gyakran találkozunk ilyen szolgáltatásokkal a file kezelés, a grafikus szerkesztők, a táblázat szerkesztők, a modul-modul kapcsolat kereszt referenciás táblázatok, a

modul-adat kapcsolat kereszt referenciás táblázatok, a kereső, lapozó böngésző funkciók, az elemző, értékelő szolgáltatások, a könyvtári szolgáltatások területén, de bármilyen más, akár műszaki területen.

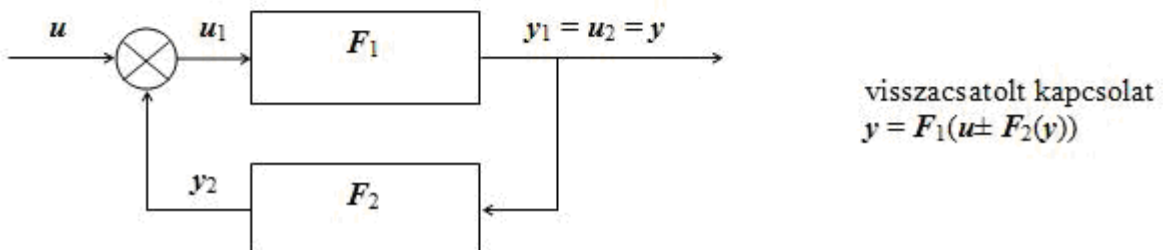
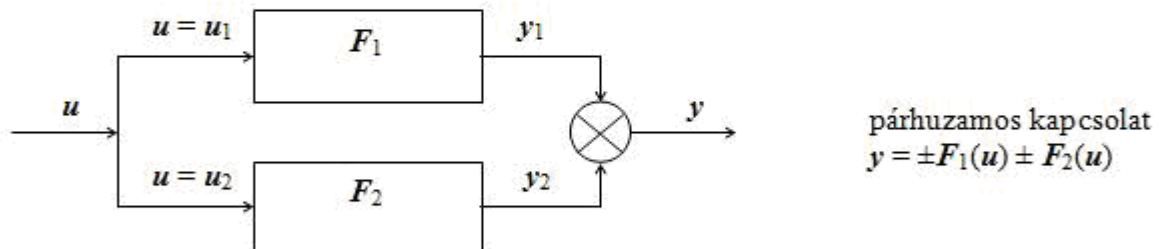
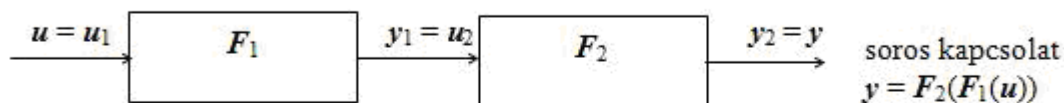
A funkcionális rendszermodellezés módszere

A funkcionális rendszer-modellezés a hangsúlyt a *rendszerfunkciókra* és az adott rendszerben lejátszódó *folyamatokra* helyezi. Ezért, a funkcionális modellezés módszere a rendszermodellt az egymással kapcsolatban lévő egyszerű funkcionális alrendszerekből (*modulokból*) építi fel. A funkcionális modellezés tehát egy tipikusan alulról felfelé (angolul *bottom-up*) haladó eljárás, amelyhez viszont a fizikai rendszer funkcionális részegységekre (modulokra) való előzetes lebontása szükséges. Az egyes funkcionális modulokat a *rendszerváltozók* kapcsolják össze. Egy funkcionális modul kimenete több másik modul bemenete is lehet.

Egy funkcionális modul tipikus grafikus megjelenítése:



Funkcionális modulok alapkapsolási lehetőségei:



Funkcionális modulok

A funkcionális modulok száma elvben nem korlátozott, de a gyakorlatban a modulok számát ésszerűen korlátozni kell. A modulok számának megválasztását a ki- és bemeneteket összekapcsoló, az adott modult leíró F (állapot vagy funkcionális) egyenletek (függvények)

bonyolultsága is befolyásolja. A funkcionális modulokkal felépített rendszermodell grafikus megjelenítését *hatásvázlat*nak is nevezzük.

A funkcionális modellezésben a funkcionális modul kiegészítéseként (esetileg helyett!) gyakran használjuk a *funkcionális tag* elnevezést, mint önálló funkciót megvalósító szerkezeti egységet. Így, például a számos irányítástechnikai alkalmazáshoz szükséges matematikai modellek kidolgozásában az arányos, az integráló és a differenciáló hatásokat vagy az alap logikai függvényeket megvalósító tagok jelentik a funkcionális modellezés alapköveit. A teljes rendszer funkcionalitása ezen alaptagok egymással való egyszerűbb vagy bonyolultabb kapcsolatából fog adódni.

A funkcionális modellezés szempontjából tehát nem a tag fizikai megvalósítására helyezük a hangsúlyt, hanem az általa megvalósított funkcióra, és ezen belül a jelek által rajta keresztül közvetített információra.

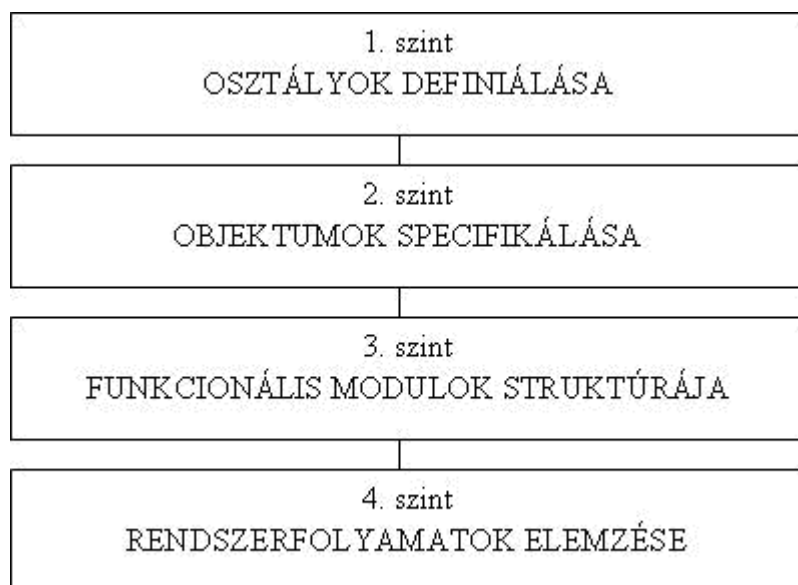
Az objektum-orientált rendszermodellezés módszere

Az objektum-orientált rendszermodellezés a rendszerek alrendszerekre történő *lebontását* (dekompozícióját) és a rendszer struktúrában *ismétlődő elemek*nek hasonlóságát egyszerre szem előtt tartja a modell építésében. A dekompozíciónál a felülről lefele (*top-down*), míg a struktúra elemzésénél az alulról felfele (*bottom-up*) megközelítési módszereket használja.

Az objektum orientált modellezés olyan rendszermodellt eredményez, amely egymással hierarchikusan (különböző, alá- vagy fölrendelt modell-sík szinten) és heterarchikusan (azonos modell-sík szinten) elhelyezkedő, *együtműködő objektumok*ból áll.

Minden objektum egy absztrakt *osztály* specifikált példánya, ahol az osztályok valamilyen hierarchikus struktúrát alkotnak. Minden objektumnak azonosítója, viselkedése és valamilyen tulajdonság-rendszere van. A rendszer funkcionális moduljai együttműködő objektumokból tevődnek össze.

Az objektum orientált modellezés az alábbi szintek szerint valósul meg:



Objektum orientált modellezés szintjei

Az adott rendszer állapota a specifikált objektumainak pillanatnyi állapotától függ, ezek összességüként határozható meg. Az objektumok "viselkedése" azt jelenti, hogy hogyan reagál az objektum a vele kapcsolatban álló objektumok állapotváltozásaira. Az objektumok állapotváltozásait akár grafikusán is meg lehet jeleníteni (lásd példa).

Az objektumoknak négy fontos sajátossága van:

1. Elvontság (*Abstraction*)
2. Tulajdonságok öröklődése (*Inheritance*)
3. Elzárttság (*Encapsulation*)
4. Viselkedés változatosság (*Polymorphism*)

Az objektum orientált modellezés előnye, hogy a különböző fizikai, információs és logikai objektumok (elemek) a modellben egységes absztrakt adatstruktúra elemekre képződnek le, és ezek az absztrakt elemek fogják jelenteni az építő köveket, amelyekkel ezután a teljes modellt a hierarchikus struktúrában alulról felfele haladva fel lehet építeni.

Könnyen következtethető, hogy ezen alapokra építve, az objektum orientált modellezési eljárás lehetőséget ad akár a nagyméretű, bonyolult és komplex rendszerek modellezésére is. Az elvi megoldás lehetősége természetesen nem azt jelenti, hogy az objektum orientált modellezés alkalmazása minden esetben a megoldást is jelenti.

A felsorolt három modellezési módszer mindegyike nagyon általános. Együttes alkalmazásuk, a tudás és a gyakorlat valamint a műszaki „érzék” mentén válnak igazán alkalmas eszközökké a modellalkotó kezében.

3.3.3. Gyártó- és logisztikai rendszerek modellezése

Bevezetés

A gyártórendszer egy funkcionális alrendszerekből álló komplex technológiai objektum, amelynek hierarchikus felépítésű alrendszerei között összetett anyagi, energia és információs kapcsolatok vannak. A gyártórendszer alrendszereiben zajló fő, mellék és segédfolyamatok, tevékenységek (*aktivitások*) célja a gyártási rendelések teljesítése.

A gyártórendszerek elemi összetevői (objektumai) a *gépek*, amelyeknek elsődleges feladata az adott gyártási (anyag transzformációs) folyamatok végrehajtása. A gyártási folyamatok és a gépek között nagyon szoros a kapcsolat: a gyártási folyamatokat, annak adottságait és határait közvetlenül befolyásolja a gépek konstrukciója és működőképessége. Többek között a rugalmasság, az automatizáltság foka, az integráltság foka vagy éppenséggel a rendelkezésre állás ideje ilyen jellemzők. Természetesen, ebben az értelemben elengedhetetlen egyfelől a megfelelő *gépi konstrukciós tervezés* (rugalmasság, automatizáltság, például számítógépes irányítás megléte), másfelől egy megfelelő *technológiai folyamattervezés* alkalmazása, amelynek szerepe az egyes alkatrészek konstrukciós tervezése és előállítása közötti legjobb kapcsolat megteremtése, az adódó gyártási problémák feloldása.

A gyártórendszerek maguk sem önálló egységek, műhely vagy üzemszintű (al)rendszerekbe csoportosulnak, együttesen alkotva a végtermék(ek) előállításához szükséges struktúrákat. Ezekben a szinteken a gyártórendszerekben lezajló anyag és információ áramlási

folyamatok optimális tervezése és ütemezése a fő feladat. Az optimálás célja(i) közvetlenül ráhat(nak) az egyes gyártórendszerek architektúrájára, és egyértelműen meghatározza a gépek kiválasztását, térbeli elhelyezését, a gyártó kapacitás tervezését.

Természetesen, a gyártórendszerek, és ezen belül az elemi alkotó objektumok, azaz a gépek megfelelő működtetése a gyakorlati oldalról jelent elsősorban kihívást. A gépek jó kihasználtságát, tehát a gazdaságosságot a működtetés biztosítja, amelyet egyfelől egy optimális ütemezéssel, munkaadagolással, másfelől egy lehetőleg hibamentes vagy magas rendelkezésre állási idejű működéssel lehet elérni.

Gyártórendszerek osztályozása

A gyártórendszerek osztályozását többféle szempont szerint is elvégezhetjük. Egyik osztályozási szempont az adott *terméktípusból* havi vagy éves szinten gyártott *termékegyedek száma*, mint a gyártás egyik fő jellemzője. (A termék típus változatlanága nem definiálható teljes pontossággal!) Ezek szerint az alábbi gyártási formákat különböztethetjük meg:

1. **Tömeggyártás:** Ilyenkor az adott termék típusból stabil és tartós a piaci kereslet, a havi (éves) gyártott darabszám nagy, a termelés raktárra történik. A termékegyed darabszámhoz viszonyított értéke nagyon alacsony.
2. **Sorozatgyártás:** Ilyenkor a termék típus piaca változó igényű, a gyártott darabszám közepes nagyságú és változó sorozatnagyság a jellemző. A termelés részben raktárra, részben a vevők közvetlen megrendelésére történik. A termékegyed darabszámhoz viszonyított értéke közepes nagyságú. Általában megkülönböztetünk kis-, közepes- és nagysorozatgyártást.
3. **Egyedi gyártás:** Ilyenkor a termék típusból csak néhány, esetleg csak egy példány gyártásáról beszélünk. A termelés (gyártás) teljesen a piaci igény változásának alárendeltje, a termék egyedi vevői megrendelésre történik. A termékegyed darabszámhoz viszonyított értéke nagyon magas.

A gyártórendszerek osztályozása történhet más szempontok szerint is, mint például a gyártórendszer automatizáltság foka, rugalmasság foka vagy integráltság foka. Az *automatizáltság* foka a működés közbeni emberi jelenlét szükségességével függ össze: az egyszerű kézi irányítást igényléstől a teljesen önműködő változatig, számos szintet különböztethetünk meg.

A *rugalmasság (flexibilitás)* értelmezése már nem olyan egyszerű. Alapvetően kétféle rugalmasságot különböztetünk meg: *gép (gyártóberendezés) rugalmasságot* (termék, gyártási folyamat és működési flexibilitást), illetve *technológiai útvonal rugalmasságot* (volumen és a kiterjeszhetőség flexibilitást), melyek együttes jelenléte maga a *termelés rugalmasságát* meghatározóan biztosítja. Az *integráltság* foka szintén nehezen definiálható, mert nem egy egyszerű összegzése azoknak a képességeknek, kapacitásoknak, amelyek egy adott gyártórendszerben fellelhetők, hanem inkább annak a képességnek a megléte, amely adott gyártórendszer alrendszerének *optimális együttműködés* feltételeit biztosítja.

Ha az automatizáltság, rugalmasság és integráltság szintjeit nagyon egyszerűen, csak két változatban gondolkodva, az „alacsony” (L - low), illetve „magas” (H - high) kategóriákba osztjuk, akkor is nyolc osztályba sorolhatjuk a gyártórendszereket (lásd ábra).

		Az automatizáltság foka	
		Alacsony (L)	Magas (H)
Az integráltság foka	Alacsony (L)	1 (LLL)	3 (LLH)
	Alacsony (L)		
	Alacsony (L)	2 (LHL)	4 (LHH)
Magas (H)			
A rugalmasság foka	Magas (H)	5 (HLL)	7 (HLH)
	Alacsony (L)		
	Magas (H)	6 (HHL)	8 (HHH)
Magas (H)			

Gyártórendszerek kategorizálása

A. Alacsony integráltság fokú gyártórendszerek

- 1 (LLL) Egyszerű, univerzális anyagmozgató eszközökkel kiszolgált, kézi irányítású célgépek rendszere. Az olcsó munkaerő viszonyai között, egyszerű termékek tömeggyártására szolgálnak.
- 2 (LHL) Univerzális anyagmozgató eszközökkel kiszolgált, kézi irányítású univerzális gépek rendszere. Elsősorban az egyedi és a sorozatgyártás céljait szolgálja. Viszonylag jól képzett szakmunkásokat igényel, de alacsony tőkeigényű rugalmas gyártást eredményez.
- 3 (LLH) Automatizált célgépek alacsony integráltság fokú csoportját jelenti. Viszonylag egyszerű termékek (pl. csavarok) tömeggyártására szolgál.
- 4 (LHH) Általában számítógépes (például NC vagy CNC) irányítású gépek rendszere, csoportja, amely rugalmasságával a kis- és közép nagyságú sorozatok gyártására alkalmas, nem túl magas tőkeigény mellett.

B. Magas integráltság fokú gyártórendszerek

- 5 (HLL) Egyszerű anyagmozgató eszközökkel összekapcsolt, kézi irányítású célgépek vagy munkahelyek rendszere. Az olcsó munkaerő viszonyai között, egyszerű termékek tömeggyártására és szerelésére szolgál. „Futószalag” rendszerű gyártást jelent.
- 6 (HHL) Univerzális anyagmozgató eszközökkel összekapcsolt, kézi irányítású univerzális gépek rendszere. Elsősorban a nagysorozatok gyártási céljait szolgálja. Jól képzett szakmunkásokat igényel, és nagyobb tőkeigényű rugalmas gyártást eredményez.

- 7 (HLH) Automatizált célgépek magas integráltság fokú, gyártósor jellegű csoportját jelenti. Általában komplex termékek (pl. autók) gazdaságos nagysorozat és tömeggyártására szolgál egy viszonylag magas tőkeigény mellett.
- 8 (HHH) Számítógépes (például NC, CNC, PLC) irányítású gépek rugalmas rendszere (FMC, FMS). Nagyon komplex termékek, nagyon gazdaságos közép- és nagysorozatainak gyártására alkalmas, nagyon magas tőkeigény mellett.

A gyártórendszerek osztályozása történhet az anyagáramlás *logisztikai struktúrája* szerint is. Ezek szerint az alábbi 5 fő típust (osztályt) különböztetjük meg:

1. **Műhely struktúra** (angolul *job-shop*): Ez a legegyszerűbb elrendezésű, homogén gépcsoportokból álló gyártórendszer. A legrugalmasabb gyártást biztosítja, de a legkisebb termelékenységet eredményezi.
2. **Cella struktúra** (angolul *cell*): Ez a struktúra gépek zárt termelési csoportjából alkotja és biztosítja általában egy alkatrész készre gyártását. Magasabb szervezettséget, csoporttechnológiai előkészítést és csoporttechnológiát igényel, viszont magasabb termelékenységet biztosít.
3. **Gyártóvonal struktúra** (angolul *flow-line*): Ez a technológiai sorrend szerinti gépsorrend elrendezést és anyagmozgatást jelent. Magas szervezettségi szintet (pl. egyenletes műveleti időkiosztást) és automatizálást igényel. Kevésbé rugalmas, de nagysorozatú és tömeggyártásra kiválóan alkalmas.
4. **Projekt struktúra** (angolul *project*): Általában az egyedi és kissorozatú gyártásban alkalmazzák. Általában a termék előállításának technológiájára a statikus logisztika a jellemző (a gyártandó termék egy helyben marad, a gépek „mozognak”, például hajógyártás, útépités). A gyártás költsége jellemzően a projekt menedzsment eszközei segítségével optimálható.
5. **Áramló anyagtechnológia struktúra**: Csak ömlesztett vagy folyékony anyagok esetén alkalmazható. A technológiai műveletek általában tartály jellegű edényekben („gépekben”) zajlanak, amelyeket rögzített anyagáramlási struktúra (cső és vezetékrendszer) csatol össze. A gyártás általában folyamatos, esetileg kötegelt, viszont viszonylag könnyen automatizálható és magas integráltság fokot lehet elérni.

Természetesen, a fentebb említett osztályozási elvek mellett számos más lehetőség is adódik. Ezek között talán a legfontosabb a *gyártási folyamatok* szerinti osztályozás lehetősége. A gyártási folyamatok eredményeképp az anyag (nyersanyag) valamilyen fizikai

átalakuláson megy végbe, amely lehet alaki (formai) vagy kompozíciós transzformáció. Ugyanakkor a gyártási folyamatokat tovább lehetne osztályozni a *folytonos gyártási folyamatok*, illetve a *diszkrét gyártási folyamatok* kategóriájába.

A folytonos gyártási folyamatokban az anyag feldolgozása folyamatos anyagáramlással, de ugyanakkor jól elkülöníthető technológiai műveletekre tagolhatóan valósul meg. A folyamatos gyártási folyamatok két alapvető technológiai folyamatátípusa a következő:

1. **Anyag átalakítás, anyagszintézis:** Általában tartály típusú eszközökben valósul meg az anyag transzformációja (fizikai, vegyi, biológiai, stb), a folyamatműveletek időben folytonosak, irányításukban az önműködő szabályozások a jellemzőek.
2. **Adagképzés, kiszerelés:** A gyártási folyamatok e fázisai a diszkrét gyártási folyamatok jellegzetességeit mutatja (lásd lennebb!). Az anyag adagokban, kötegelten (angolul *batch*) kerül feldolgozásra. A technológiai folyamatműveletek vezérlési funkciók beépítésével (például PLC-kkel) irányíthatók, automatizálhatók.

Folytonos gyártási folyamatokkal találkozunk elsősorban a vegyiparban, élelmiszeriparban, kőolajiparban, gyógyszeriparban, szilikátiparban, stb.

Egy fizikai rendszerben történő állapotváltozások (folyamatok) elméletileg csak folytonosan valósulhatnak meg (az ugrásszerű változáshoz végtelen energiaforrásra lenne szükség!). A gyakorlatban, az egyszerűsítés és az ésszerűség miatt nagyon sokszor eltekintünk az állapotváltozás folytonos jellegétől, és csak a jelentős, illetve a jól elkülöníthető állapotokat, állapotváltozásokat vesszük figyelembe (például csak a kezdeti és végső állapotot, figyelmen kívül hagyva az átmenetet, a tranzienst). Ilyesmi jellemzi a diszkrét gyártási folyamatokat is, amelyekre az egymástól fizikai állapotban (pl. alakilag) jól elkülönülő anyag (munkadarab), a szakaszos idő, és az eseményekkel jól elhatárolhatóság jellemző. A diszkrét gyártási folyamatok két alapvető technológiai folyamatátípusa a következő:

1. **Alkatrészgyártás:** Az alkatrészgyártási folyamatokban a geometriailag általában jól definiált monolit anyag (munkadarab) (legtöbbször alaki, formai) átalakulása, transzformációja folyik, időben egymást követően (szekvenciálisan), jól definiált technológiai műveletek (operációk) elvégzésével. Az anyag (munkadarab) kezdeti és végső állapota meghatározott.
2. **Szerelés:** A szerelési folyamatokban az alkatrészek (félkész termékek), normáliák (szabványos alkatrészek) és az esetlegesen a beszállítóktól vásárolt szerelvények összeállítása folyik, szekvenciálisan sorba rendezett szerelési műveletek elvégzésével. A szerelés eredménye a termék.

A diszkrét gyártási folyamatok jellemzőek a fémfeldolgozó iparban, a szerszámgépiparban, stb. Természetesen, a valós gyártórendszerekben (bármilyen iparágról is

legyen szó) a folytonos és diszkrét technológiai folyamatok széles skálájával, legtöbbször sokféle változat különböző keverékével találkozunk. A rendszerszemléletű megközelítés azonban mindig rendet tud teremteni az első pillanatra nagyon összetett, bonyolult struktúrákban is.

A diszkrét alkatrész gyártási folyamatokat további öt alapvető osztályba lehet sorolni:

- 1. Alakformáló folyamatok:** Az alakformáló folyamatokban folyékony (olvadt) vagy gázállapotban levő, illetve szilárd, de szemcsés (por) alakú anyagok vesznek részt és kohéziós technológiai műveletek felhasználásával valósulnak meg a kívánt szilárd halmazállapotú termékek. Tipikus ilyen folyamatok az öntés vagy a szinterizálás.
- 2. Alakdeformáló folyamatok:** Az alakdeformáló folyamatokban az eredetileg szilárd halmazállapotú anyag egy alaki (formai) átalakuláson megy át, amelynek során az anyag tömege és összetétele nem változik. Tipikus ilyen folyamatok a hajlítás, a húzás, az extrudálás, a kovácsolás.
- 3. Leválasztási folyamatok:** Ezek során az eredeti (alap)anyag egy része elkülönítésre kerül, az anyag tömege változik. Tipikus ilyen folyamatok az esztergálás, a marás, a fúrás, a honolás, a köszörülés.
- 4. Egyesítési folyamatok:** Ezekben a folyamatokban egyedi alkatrészek (munkadarabok) egyesítése valósul meg, szerelvények vagy akár a késztermék előállítása céljából. Az egyesítési folyamatokban anyaghozzáadás történik, növelve az anyag részecskéi közötti kohéziós erőket. Tipikus ilyen folyamatok a hegesztés, forrasztás, szegecseles, ragasztás.
- 5. Kezelési folyamatok:** A kezelési folyamatok során az (alap)anyag fizikai tulajdonságainak megváltoztatása a cél, anélkül, hogy az anyag alakját változtatnánk. Tipikus ilyen folyamatok a hőkezelés vagy felületi kezelés, de az újrakristályosítási folyamatok vagy a feszültségoldó folyamatok is ide tartoznak.

A fenti folyamatokban felhasznált alapanyagok tekintetében szintén nagy a változatosság. Az alábbi táblázat a különböző technológiai folyamatoknak a legismertebb anyagokra történő alkalmazhatóságát mutatja be:

Anyagok	Folyamatok				
	Formálás	Deformálás	Leválasztás	Egyesítés	Kezelés
Fémek	XX	XX	XX	XX	XX
Kerámiák	XX	--	X	--	--
Polimérek	XX	X	X	X	--
Kompozitok	XX	--	X	X	--

Technológiák alkalmazhatósága

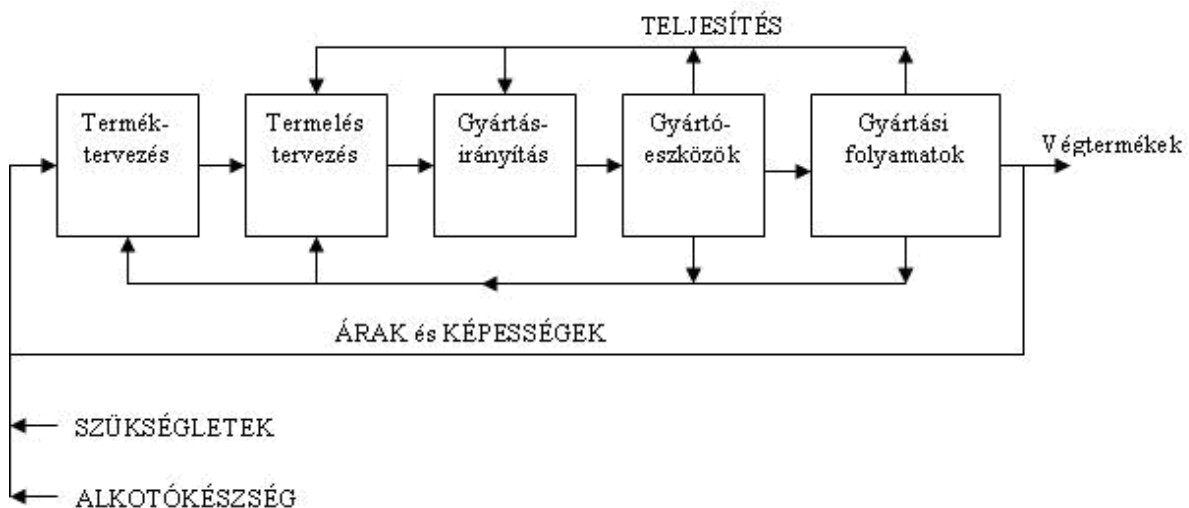
Azt hogy egy adott gyártási folyamatban milyen anyagot használunk az nagyon sok tényező függvénye. E tényezők közül talán a két legfontosabb a következő:

- *A gyártandó mennyiség (darabszám) nagysága:* A kisorsozatokban történő gyártás nagyon nagy rugalmasságot feltételez, amelyet például a leválasztási folyamatok tudnak biztosítani. Az alakformáló folyamatoknál alkalmazott szerszámok nagyon költségesek így csak a nagysorozatoknál vagy nagymennyiségű darabszámnál teszi ezeket a folyamatokat gazdaságossá.
- *Az anyag fizikai tulajdonságai* (például az olvadási pont értéke): A *fémek*nek általában magas az olvadási pontjuk, ezért ezeket szilárd állapotban dolgozzuk fel (leválasztási vagy alakdeformáló folyamatok). A *polimér* és *kompozit* anyagok olvadáspontja alacsony, ezért az alakformáló folyamatok alkalmazása javasolt. Igaz, hogy a megfelelő méretpontosság és felület elérése végett utólagos leválasztási folyamatoknak vannak kitéve. Ez utóbbi műveletek általában magasabb szerszám költségeket vonnak maguk után. A *kerámiák* nagyon törékenyek, ezért szilárd állapotukban hagyományos módszerekkel nehéz azokat feldolgozni. A kerámiák első alakját formáló folyamatokkal valósítjuk meg, majd esetleges utólagos megmunkálásnak vetjük azokat alá, hogy a megfelelő méretpontosságot elérjük.

Természetesen más jellemzők is adott esetben jelentősen befolyásolhatják az alkalmazandó gyártási folyamat típusát.

Gyártó és logisztikai rendszerek működtetése

A gyártórendszereket és a bennük lezajló folyamatokat, mint rendszert és folyamatokat többféleképpen is meg lehet közelíteni. Az egyik, talán leggyakoribb változatban a gyártórendszer működésében a termék tervezése jelenti a kiindulópontot, míg a végtermék kiszállítása a végső tevékenységet (lásd ábra).

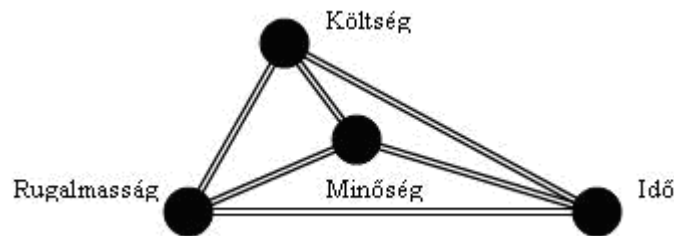


Gyártási és logisztikai aktivitások

A gyártás, mint aktivitások sorozata, a műszaki-mérnöki valamint a gazdasági tevékenységeknek számos területét integrálja. Indokolt tehát a felmerülő kérdések és feladatok megfelelő azonosítása és szakértők általi megoldása. Ez nem egy könnyű feladat, és emiatt sokszor javasolt a gyártást több területre megosztani. A *gyártási folyamatok* a formát, az alakot, az anyag fizikai tulajdonságait módosítják, a *gyártóeszközök* (gépek) a gyártási folyamatok szinterei, a *gyártórendszerek* pedig a gyártóeszközök és az emberek olyan kapcsolata, amelyet az anyagi és információs folyamatok tartanak össze. A gyártórendszerek nagyon „nyitottak”, amely nyitottságot nem csak a piaci igények és szükségletek határoznak meg, hanem annak a szükséglete, hogy megfelelő *interfészek* segítségével az *integráltságot* szolgálják. Ilyen értelemben a *Számítógéppel Integrált Gyártás* (továbbiakban CIM – Computer Integrated Manufacturing) paradigma megvalósítása irányában folynak a fejlesztések.

A gyártórendszerek tervezéséhez és működtetéséhez egyfelől megfelelő műszaki feltételek és szakértői tudás megléte szükséges, ugyanakkor üzleti célok meglétét is feltételezi. Ezért a döntéstámogatáshoz úgy a műszaki, mint a menedzsment ismeretek megléte nélkülözhetetlen.

Általában négy gyártási jellemzőt szoktak figyelembe venni a döntések meghozatalánál. Ezek rendre a *költség*, a szükséges *idő*, a *minőség* és a *rugalmasság*. Legegyszerűbb ezt a négy jellemzőt egy tetraéder négy sarkaként elképzelni (lásd ábra), amelyet a döntés szerint lehet egyik vagy másik irányban „nyújtani”, vagy „zsugorítani”.



A gyártás jellemzői

A gyártás nevezett jellemzői (minőség, idő, rugalmasság és költség) természetesen célokat vonnak maguk után, illetve célfüggvények szélső értéktartományait határozzák meg, azaz *optimálási feladatokhoz* vezetnek. Ezekben a feladatokban tipikusan jelentős számú változó jelenik meg (a gyártási folyamatok állapotváltozói), amelyeket *döntési változóknak* nevezünk. A döntéshozatali folyamatot pedig egy olyan függvénykapcsolatnak lehet elképzelni, amely a gyártási jellemzőknek a döntési változók értékeit felelteti meg. Ezt a leképezést csak megfelelően megalapozott *műszaki-gazdasági modellek* felhasználásával lehetséges.

A gyártás nevezett jellemzőinek együttes optimalálása egy gyakorlatilag lehetetlen feladat. Ezek a jellemzők egymást ellenkező irányban befolyásolják, bármelyik javítása a többi jellemző rontásával jár, így csak egy kompromisszumos megoldásban lehet gondolkodni. Az esetleges kompromisszumos döntések eredményeinek kiértékeléséhez azonban minden egyes jellemző mennyiségi megjelenítése szükséges, ami nem mindig könnyű. Általában az idő

illetve a költség számszerűsítése egy könnyebb feladat, a minőség és a rugalmasság mennyiségi szempontjai már nehezebben foghatók meg. Ezeknek a szempontoknak a jelentőségét a „történelem” mutatja be leginkább: a 60-as években az Egyesült Államokban az alacsony költség illetve a rövidebb kiszolgálási idők a tömeggyártás jellemzőivé váltak, a 70-es években Japán és Németország jelentős gazdasági szereplőként való előrenyomulásával a minőség volt a kiemelkedő húzóerő, míg a 90-es évekre és azokat követően a rugalmasság kapott nagyon fontos, illetve egyre fontosabb szerepet.

A továbbiakban röviden ismertetjük az egyes jellemzők általános vonásait.

A. Költség

A gyártás összköltségét jelentős számú tényező befolyásolja, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

- *Eszközök, kapacitások, felszerelések költsége.* Ez a költség a gyártáshoz szükséges eszközök (gépek), az épületek, az infrastruktúra, stb. költségeit jelenti.
- *Anyagköltség.* Ez a költség magába foglalja az alapanyagok, a szerszámok, készülékek, kiegészítők, segédanyagok (például kenőanyagok) költségeit.
- *Munkaköltségek.* A gyártórendszer működéséhez szükséges bér és gépi munka költségei.
- *Energiaköltségek.* A működtetéshez szükséges energia (villamos, hőenergia, pneumatikus energia, stb) költsége. Bizonyos gyártórendszereknél ez a költség elhanyagolható vagy a munkaköltségekbe van belefoglalva, más esetekben jelentős összetevője az összköltségeknek.
- *Karbantartási költségek.* Ezek a költségek a gyártóeszközök karbantartásához, üzemeltetéséhez szükséges pótalkatrészek, munka, stb. költségei.
- *Képzési költségek.* Az új gyártási eszközök vagy technológiák, illetve a működtetéshez szükséges ismeretek elsajátításához szükséges képzések, továbbképzések költségei.
- *Dologi költségek.* Ezek a költségek nem kapcsolhatók közvetlenül a gyártórendszer működéséhez, de annak infrastruktúrája működésének támogatásához szükséges.
- *Tőke költségek.* A legtöbb gyártórendszer működéséhez jelentős induló tőkére van szükség, amit legtöbbször csak hitelfelvétellel lehet biztosítani. Ennek költségeit (törlesztés, kamatok, egyéb díjak) jelenti ez a tétel.

A fenti tényezők csak egy általános keretet jelölnek ki arra vonatkozóan, hogy hogyan lehetne a költségekkel foglalkozni egy gyártási környezetben, és hogyan lehetne a gyakorlatban összehasonlítani a különböző költségcsökkentő megoldások eredményeit, amelyek akár egymásnak ellentétes eredményeket is produkálhatnak.

B. Idő

A gyártórendszerek dinamikus rendszerek, tehát az idő egy nagyon jelentős optimalizációs tényező tud lenni a működésük során. A gyártórendszereknél az időt, mint gazdasági tényezőt általában annak két vetületében lehet leginkább megjeleníteni:

- Milyen hamar tud egy gyártórendszer válaszolni a változásokra (termék típusváltás, volumenváltozás, stb.). Ezt a kérdést a rugalmasság tényező esetében fogjuk részletezni. (lásd lennebb!)
- Milyen gyorsan tud egy gyártórendszer egy adott terméket előállítani. Ez utóbbit a szakirodalom *termelési intenzitás* vagy *termelési ráta* névvel ismer (angolul *production rate*), és az időegység alatt legyártható termékek számát jelöli.

A termelési intenzitás közvetlen vagy közvetett módon, de egyértelműen befolyásolja a gyártás jellemzőit. Így a magasabb termelési ráta valószínűleg alacsonyabb költségekhez vezet, de az is valószínű, hogy a minőség rovására megy. A magasabb intenzitás elérésének egyik feltétele az automatizáltság fokának növelése, amely valószínűleg a rugalmasságra is kihat. Például a gyártóvonal jellegű gyártási struktúra (például egy transzfer vonal) nagyon magas intenzitást és automatizáltságot feltételez, de ugyanakkor nagyon rugalmatlan.

A termelési ráta, mint az időegység alatt legyártható termékek száma a gyártórendszer 100%-os hatékonyságának (termelékenységének) kihasználását jelenti, azaz nem számol az esetleges késésekkel vagy folyamat megszakításokkal. Az intenzitást jellemzően a gyártási folyamatok fizikai korlátjai és a gépek robusztussága behatárolja. A *valós termelési intenzitás* mindig alacsonyabb értékeket mutat: ez végül is a *gyártórendszer teljesítménye* vagy eredménye, amit az időegység alatt legyártott minőségileg *elfogadható termékek számaként* határozunk meg. Ez az utóbbi ráta magába foglalja úgy a gyártásban rendszeresen előforduló késéseket mint az előre nem várt (például géphiba miatti) megállásokat.

A gyártórendszerekben az elérhető legnagyobb termelési intenzitást a legjelentősebben az eszközök (gépek) *megbízhatósága* és a gyártórendszer általános felépítése határozza meg. A kijelentés magyarázathoz néhány fogalom bevezetésére van szükség. Egy eszköz meghibásodásának gyakoriságát egy meghatározott időtartam alatt előforduló hibák számaként értelmezzük. Legyen λ ennek a jelölése. A meghibásodás gyakoriságának inverzeként a *meghibásodások közötti átlag időt* fogjuk érteni (angolul *MTBF – Mean Time Between Failure*). *Megbízhatóság* (angolul reliability, jelölése R) alatt annak a valószínűségét értjük, hogy az illető rendszer, gép, eszköz egy megadott t időintervallum alatt hibátlanul végzi feladatát. Ezt a valószínűséget legtöbbször egy exponenciális függvényvel közelítjük meg: $R=e^{-\lambda t}$. Adott λ esetében az idő (t) előrehaladásával a megbízhatóság egyre kisebb (például, ha $\lambda=0.001$ egy egyórás időegységre vetítve, akkor egy nyolcórás műszakra vetítve a megbízhatóság $R(8) = 99\%$, míg egy heti (168 órás) folytonos időszakra ez $R(168) = 84\%$). Egy gyártórendszer eredő megbízhatósága a gyártórendszer struktúrájától, objektumainak egyedi megbízhatóságától, valamint az anyagáramlás módjától is függ. Például egy transzfer sor esetén az anyag soros megmunkáláson megy át, és a transzfer sor (gyártórendszer) eredő megbízhatósága az egyes gépek megbízhatóságának egyszerű szorzata: $R = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$

A *felhasználhatóság* vagy *rendelkezésre állás* (angolul *availability*) egy olyan arány, amelyet a meghibásodások közötti átlag idő (MTBF) egyfelől, valamint a meghibásodások közötti átlag idő (MTBF) és a javítások átlag ideje (angolul *MTTR-Mean Time To Repair*) összege másfelől ad, azaz $A=MTBF/(MTTR+MTBF)$. A felhasználhatóság az esetleges meghibásodásoknak sokkal kifejezőbb jellemzője, mint a megbízhatóság, mert magába

foglalja a javítások átlagidejét is. Egy viszonylag nagy MTBF értékkel bíró gyártórendszer kevésbé érzékeny a javítások idejére, míg fordított esetben nagyobb érzékenység jellemző.

C. Minőség

A termék minőségét a vevői elégedettség szintje határozza meg. Ezt sokszor nagyon nehéz mennyiségileg kifejezni, mert a vevői elégedettség a maga nemében is sok minden más jellemző függvénye: termékjellemzők, megbízhatóság, karbantarthatóság, de ugyanakkor számos szubjektív tényező is közre játszik, amelyeket végérvényesen nehéz mennyiségi adatokba foglalni. Ennek ellenére, a vevői elégedettség kiszolgálásához két jellemző a legfontosabb: a *terméktervezés* illetve a *termékgyártás*, mindkettőt a termék eredeténél kell keresni. A termék gyártásánál a minőséget általában a tervspecifikációknak való hiánytalan megfelelésként értelmezik. A termék minőségét az azt alkotó összetevők minősége határozza meg, azaz általában a méreti és a fizikai tulajdonságok biztosítása a cél.

A gyártórendszerek szintjén a minőség már sokkal több vetületet mutat. Tömeggyártás esetén például a gyártási folyamatok ismétlődő azonossága a fontos, amit általában a *statisztikai minőségbiztosítás* fogalomköre tárgyal. Amint a gyártás egyre inkább tolódik el a kis- és közepes sorozatok, valamint a termékváltozatosság felé, úgy a statisztikai módszerek alkalmazhatósága korlátozódik, illetve átértékelést igényel.

A minőség másik vetülete a *termék életciklushoz* kapcsolható. A piacra került, meghibásodott és emiatt eladhatatlan termék minősége valószínű nem a gyártásban, hanem a tervezésben keresendő. Ugyanakkor, gyakori az a megközelítés, hogy olyan gyártott termékminőség legyen, amely a normál felhasználást csak a jótállási időre biztosítsa. Ez legtöbbször már a gyártás minőségére utal. Miután a gyártás minősége legtöbbször csak bizonyos tűréshatárok betartását jelenti, a toleranciák helyes megválasztása a minőségbiztosítás egyik eszköze.

A *minőség mérése* a gyártási folyamatok egyik kritikus pontja, amely a gyártórendszerek teljesítményét tükrözi, és amely legtöbbször egy kompromisszumként jelentkezik a minőség és a gyártási folyamatok egyéb attribútumai között. A minőséget a végterméktől a gyártási folyamatok fordított irányába mérik. Minél összetettebb módon próbáljuk a minőséget értelmezni, annál nehezebb és szubjektívabb annak mennyiségi tükrözése, minél elemibb jellemzőket veszünk figyelembe, annál könnyebb a minőség mennyiségi kifejezése.

A minőséget legtöbbször két általános mértékkel szoktuk mérni, kifejezni. Az egyik a *hibás termékek százalékos aránya*, a másik pedig a *garanciaköltség*. Az elsővel a gyártás során találkozunk, a másikkal a vevői termékfelhasználás során. Ezeket a mennyiségeket viszonylag egyszerű kifejezni, kiszámítani, és könnyen megteremthetőek a kapcsolatok a költségek egyéb jellemzőivel. Sajnos ezek a mutatók egyáltalán nem jelentenek betekintési lehetőséget a gyártási folyamatokba. A gyártási folyamatok minőségbiztosítása már sokkal összetettebb feladat, és nagyon sokszor folyamat specifikus.

D. Rugalmasság

Az emberiség fejlődésével, életszínvonalának növekedésével együttesen jelentkezett a tömeggyártásról az egyedi piaci igények kiszolgálása felé való eltolódás. A változatos vásárlói elvárások a termékskála szélesítéséhez, változatosságához vezetett, amelyet csak a *rugalmas gyártórendszerek* tudnak kiszolgálni gazdaságosan és megfelelő minőségben. A rugalmasság tehát egy egyre növekvő jelentőségű tényezője a gyártásnak.

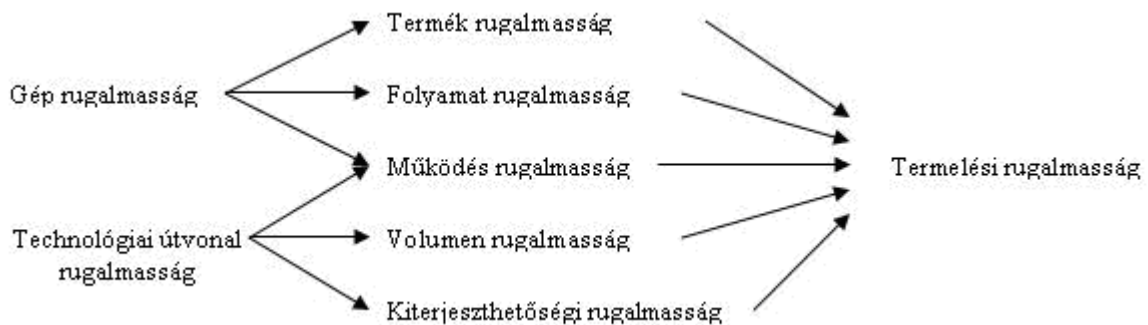
A rugalmasság számszerű, mennyiségi kifejezése szintén nem egyszerű. Ezzel általában csak a kutatói, akadémiai világ foglalkozott inkább, mint az ipar. A megközelítések általában a terméktípusok számát az éves előállított darabszámmal állítják szembe, hiszen a rugalmasságot úgy definiálták, mint a gyártórendszer azon képességét, hogy változatos terméktípusokat tudjon gyorsan és gazdaságosan előállítani.

A szakirodalom nyolcféle rugalmasságot különböztet meg. Ezek a következők:

1. **Gép (gyártóberendezés) rugalmasság.** Ez a képesség megkönnyíti a gépnél (berendezésnél) a változtatásokat (például szerszámcsere, NC program csere, stb.), amelyek egy adott alkatrésztípus halmaz legyártásához szükségesek. Mindezt részben fejlettebb technológiával, részben a gépre való megfelelő művelet(ek) kijelölésével (ütemezéssel) lehet megvalósítani.
2. **Gyártási folyamat rugalmasság.** Azt a képességet jelenti, hogy a gyártórendszer különböző alkatrésztípusok különféle műveleteket igénylő és anyagokat felhasználó változatos halmazát tudja előállítani egyidejűleg. Ez részben a gép rugalmasságát feltételezi.
3. **Termék (gyártmány) rugalmasság.** Azt a képességet jelenti, hogy a gyártórendszer képes gazdaságosan és gyorsan átállni új termék vagy termékcsoporthoz gyártására. Ezt részben a gép rugalmassága, részben egy hatékony termelésstervezési és irányítási rendszer tudja biztosítani.
4. **Technológiai útvonal rugalmasság.** Ez a képesség lehetővé teszi, hogy a gyártórendszerben bekövetkező esetleges kiesés (pl. géphiba, anyagkésés) esetén is a gyártórendszer folytatni tudja az adott alkatrészhalmaz gyártását előre adott technológiai változatok vagy helyettesítő gépek révén. Ezt a képességet részben technológiailag ekvivalens gépek homogén csoportokba való összevonásával, technológiai variánsok felkínálásával, esetleg egy-egy műveletnek duplikált géphez rendelésével vagy egyéb (például anyagmozgatási vagy kooperációs) lehetőség kihasználásával lehet elérni.
5. **Gyártási volumen rugalmasság.** Azt a képességet jelenti, hogy a gyártórendszer képes különböző (akár kis) volumenek (darabszámok) mellett is a gazdaságos gyártásra. Ezt részben a többcélú gépek, részben a gyártási folyamathoz nem kötött térbeli műhelyelrendezés, részben az automatizáltság, részben pedig a rugalmas technológiai útvonalak határolják be.

6. **Kiterjeszhetőségi rugalmasság.** Ez a rugalmasság típus feltételezi a gyártórendszer fokozatos, moduláris kiépítését és kiterjesztését. Mindezt elősegíti a gyártási folyamathoz nem kötött műhelyrendezés, a rugalmas anyagellátó és mozgó rendszerek megléte, a moduláris gyártócellákból való építkezés és a technológiai útvonalak rugalmassága.
7. **Működési rugalmasság.** A gyártórendszer számára ez egy részben nyitott technológiai útvonalat, részben pedig a műveletek sorrendjének a felcserélhetőségét jelenti, amely részben technológiai, részben gépi képességek meglétét jelenti.
8. **Termelési rugalmasság.** A gyártórendszer azon integrált képessége, hogy a meglévő technológiai színvonalnak megfelelően a rendszerben egyáltalán gyártható változatos alkatrésztípusok minél szélesebb halmazát biztosítsa.

Az alábbi ábra az egyes rugalmasságok közötti összefüggéseket tárja elénk.



Rugalmasságok kapcsolata

A gyártó- és logisztikai rendszerek modellezési entitásai

A továbbiakban elsősorban a diszkrét gyártási folyamatokhoz kapcsolódó modell objektumokról lesz szó. Ezeket az entitásokat (objektumokat) különböző osztályokba sorolhatjuk. Egy lehetséges ilyen besorolás az alábbiak szerinti:

1. A GYÁRTÁS TECHNOLÓGIAI ERŐFORRÁSAINAK ENTITÁSAI

Minden termék gyártási folyamata a technológiai erőforrások által elvégzett operációk (műveletek) sorozatából áll. Az alkatrészgyártási és szerelési műveletek lehetnek kézi vagy gépi műveletek. Ennek megfelelően a gyártórendszer erőforrás struktúrája az alábbi összetevőkből épül fel:

A) *A munkahelyek halmaza:*

$$\mathbf{M} = \{m_{ij}\} = \{m_{11}, m_{12}, \dots, m_{1j_1}, \dots, m_{n1}, m_{n2}, \dots, m_{nj_n}\},$$

ahol a munkahelyek j -edik osztályába tartozó elemei akár egymást helyettesíthetik.

A munkahelyek száma legyen tehát:

$$\sum_{i=1}^n J_i = N.$$

B) A szerszámok halmaza:

$$\mathbf{T} = \{T_{ij}\} = \{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1j1}, \dots, T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{njn}\}.$$

A szerszámok, jellegzetességeik szerint, további különböző alosztályokba sorolhatók.

C) A paletták halmaza:

$$\mathbf{P} = \{p_i\} = \{p_1, p_2, \dots, p_P\}.$$

A paletták halmazához különböző készülékek halmazai is kapcsolódhatnak. A készülékeket akár külön entitás osztályba is lehet sorolni.

2. A GYÁRTÁS LOGISZTIKAI ERŐFORRÁSAINAK ENTITÁSAI

A gyártás logisztikai erőforrásai végzik el az anyagkezelési (anyagtárolás, anyagmozgatás) műveleteket. Ezek az erőforrások a következők:

A) A tárolók halmaza:

$$\mathbf{B} = \{b_k\} = \{b_1, b_2, \dots, b_K\}.$$

A tárolók lokálisak vagy központiak, valamint funkcionálisak is lehetnek.

B) Az anyagmozgató gépek halmaza:

$$\mathbf{E} = \{E_l\} = \{E_1, E_2, \dots, E_L\}.$$

Ebbe a kategóriába tartoznak a robotok, a kocsik és targoncák, az önműködő járművek, valamint az anyagkezelő személyzet entitásai is.

3. A GYÁRTANDÓ TERMÉKEK ENTITÁSAI

A gyártandó alkatrészek, a szerelvények és a félkész termékek állapotukat (kondíciójukat) a gyártás során változtatják. A vállalatnál lokálisan gyártott alkatrészek (ún. rajzszámos alkatrészek vagy tételek) nyersdarabként lépnek be az alkatrészgyártó rendszerbe, majd a szereldében, a szerelési művelet(ek) eredményeként szűnnek meg önálló entítások lenni. A szerelvények és kész termékek általában a szerelési munkahelyeken keletkeznek.

Ha csak az alkatrészgyártást modellezzük, akkor az alkatrészek halmaza:

$$\mathbf{A} = \{a_{rs}\} = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1S_1}, \dots, a_{R1}, a_{R2}, \dots, a_{RS_R}\}.$$

Ugyanakkor, az egyes alkatrészekhez jellemzően sorozatnagyságok társulnak, az alábbiak szerint:

$$\mathbf{S} = [S_1, S_2, \dots, S_R].$$

Az alkatrészekhez technológiai műveleti sorrendtervek, műveletek (operációk), szerszámok, alkatrész (pl. NC) programok, műveleti utasítások, stb. tartoznak. Az operációk halmaza (vektora) szintén az alkatrészekhez kötődik:

$$\mathbf{O} = \{O_{rk}\} = \{O_{11}, O_{12}, \dots, O_{1K_1}, \dots, O_{R1}, O_{R2}, \dots, O_{RK_R}\}.$$

4. A GYÁRTÁSI RENDELÉSEK ENTITÁSAI

Adott termék gyártása műhelyszintű gyártási rendelések (szükségletek kielégítése céljából hozott döntések) alapján folyik. Egy gyártási rendelés ún. *munkák* (JOB-ok) halmazát fogja össze:

$$\mathbf{J} = \{J_c\} = [J_1, J_2, \dots, J_c].$$

A munkákhoz (Job-okhoz) számos dokumentum (pl. darabjegyzékek, művelettervek, munkalapok, raktári kivét lapok, stb.), valamint számos adat, adatstruktúra kapcsolódik. Egy adott *munka indítása* (gyártásba helyezése) jellemzően a magasabb szintű vállalatirányítás (termelésirányítás) feladata. Ezt napjainkban a számítógéppel segített termelésstervezés (PPS – Production Planning System) támogathatja.

A gyártásba adott (indított) munkákhoz időbeni *ütemterv* kapcsolódik.

Ütemterv

Az ütemterv az elindított (munkába, gyártásba vett) operációk (műveletek) sorrendi listájának olyan változata, amely valamennyi gyártási, logisztikai és irányítási korlátozásnak eleget tesz.

Egy adott munkához több lehetséges (megvalósítható) ütemterv is kapcsolódhat. A lehetséges ütemtervek halmaza általában igen nagy is lehet. Legyen tehát a lehetséges (megvalósítható) ütemtervek halmaza (vektora):

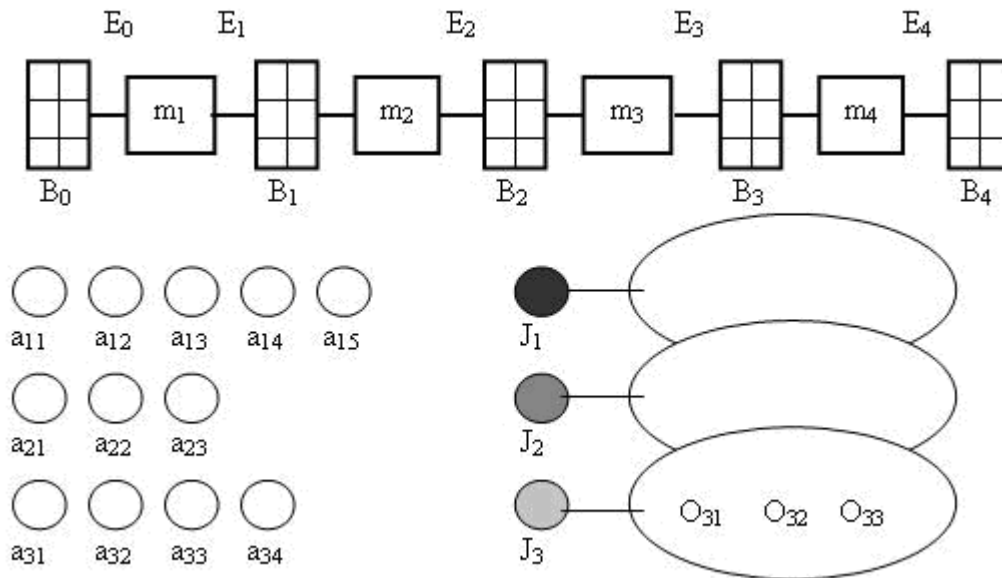
$$\mathbf{U} = \{U_c\} = [U_1, U_2, \dots, U_U] \quad \text{ahol} \quad \{\forall U_c \in \mathbf{O}\}$$

A megvalósítható ütemtervek száma függ az egy időben indított munkák (job-ok) számától, az alkatrészekhez rendelt operációk számától és az egyes korlátozásoktól. A munkák és műveletek számának a növelésével a lehetséges ütemtervek száma nő (jellemzően kombinatorikus robbanásszerűen), míg a korlátozások ezt a számot csökkentik (akár jelentősen is).

A korlátozások között a logisztikai és a technológiai korlátozások a legfontosabbak. A logisztikai korlátozások a gyártórendszer logisztikai struktúrájának a függvénye. A lehetséges ütemtervek száma nő a logisztikai struktúra rugalmasságának függvényében, az alábbiak szerint:

Gyártóvonal \rightarrow Cella \rightarrow Műhelyszintű gyártás

Példa: Négy gépből álló gyártóvonal modellje



Gyártóvonal modell

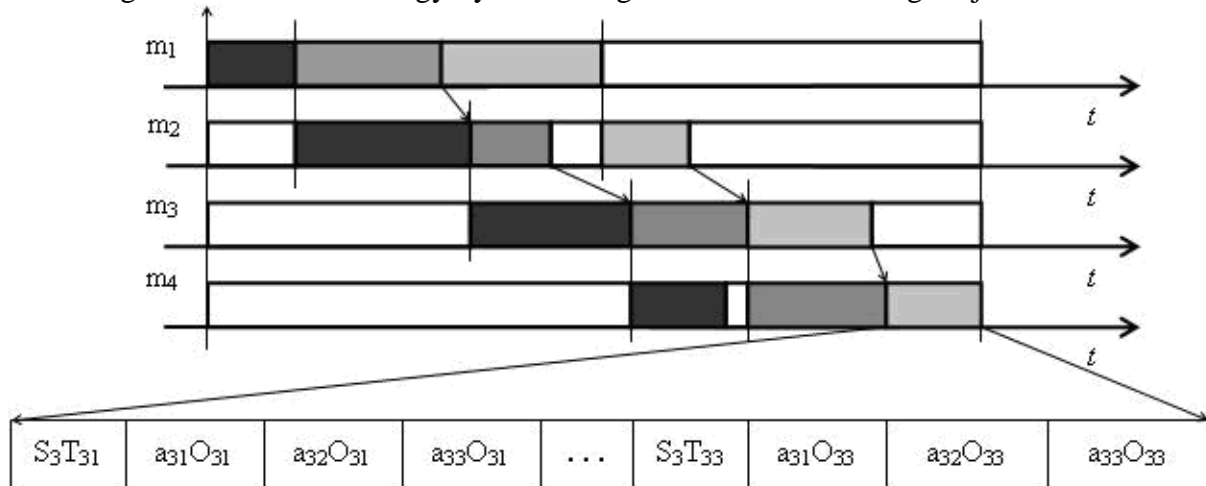
Jellegzetességek, kezdeti adatok, feltételek, korlátok:

- A gyártóvonal négy, egymást helyettesíteni nem tudó gépből áll, azaz: $N = 4$, $\mathbf{M} = \{m_1, m_2, m_3, m_4\}$. A logisztikai sorrend kötött, azaz: $m_1 \rightarrow m_2 \rightarrow m_3 \rightarrow m_4$
- A gyártási rendelés szerint összesen három munka adott, azaz: $\mathbf{J} = [J_1, J_2, J_3]$
- Az egyes munkákhoz változó nagyságú sorozatok tartoznak, azaz $\mathbf{S} = [S_1, S_2, S_3]$, ahol a munkáknak megfelelően $S_1 = 5$, $S_2 = 3$, $S_3 = 4$. Összesen tehát $5 + 3 + 4 = 12$ munkadarabot kell legyártani.
- Feltételezzük, hogy mindegyik gépen külön-külön három különböző műveletre kerül sor, azaz $\mathbf{O} = \{O_{rk}\}$, $r = 1, \dots, R$, $k = \{K_1, K_2, K_3\}$, ahol $R = 3$, $K_1 = 1, \dots, S_1$, $K_2 = 1, \dots, S_2$, $K_3 = 1, \dots, S_3$. Az egyes műveletek elvégzési ideje ismert.
- A műveletek sorrendje mindegyik gépen kötött és az egyes munkák műveletei nem kombinálhatók. Ezért összesen csak 12 lehetséges művelet van (azaz 4 gép x

3 művelet)

- A gyártóvonal struktúrában az (adott tárolási kapacitással) rendelkező B_0, \dots, B_4 puffer tárolók és az (anyagmozgatás időkkel jellemezhető) E_0, \dots, E_4 anyagmozgató egységek is jelen vannak.

Figyelembe véve a munkák számát, valamint a feltételeket (korlátozásokat), összesen $3! = 6$ lehetséges ütemterv adódik. Egy ilyen lehetséges ütemterv Gantt diagramja az alábbi:



Gantt diagram

Az ábrán kinagyítva található a negyedik gépen megmunkált utolsó munkadarab műveletekre bontott sorrendisége, azzal a megjegyzéssel, hogy a ki- és betárolási, valamint az anyagmozgatási idők a műveleti időkbe vannak beépítve.

A fenti példához kapcsolódóan, a modellezés célja lehet a hat lehetséges ütemtervből kiválasztani azt, amelyik valamilyen szempont (pl. a minimális átfutási idő) szerint optimális.

4. A VÁLLALATI LOGISZTIKA INFORMÁCIÓS RENDSZEREI (Nehéz Károly)

4.1. Bevezetés

Egy nagyvállalaton belül az informatikai (információs) rendszerek (IR) és az információs technológia (IT) kétszereplős piaci viszonyban vannak egymással. Az IR a „vevőt” szimbolizálja az informatikai alkalmazások iránti kereslet feltárásával és fejlesztési igényeinek megfogalmazásával. Ezzel szemben az IT a kereslet iránti igények kielégítését célozza meg. Egy jól működő vállalatnál az IT szervezet megoldásokat kínál az IR által állított igények kielégítésére vagy úgy is fogalmazhatunk, hogy az IR rendszeresen igényeket fogalmaz meg az IT részére. Amennyiben ez a viszony nem működik megfelelően, akkor az informatikai fejlesztések kudarcra vannak ítélve. Például irreális igények merülnek fel, vagy a bevezetett informatikai rendszereket egyszerűen nem tudják megfelelően alkalmazni mivel nem voltak az igények megfelelően felmérve és a szoftverbevezetés sem járt sikerrel.

IR-t és IT-t stratégiai és taktikai összetevőik szerint is érdemes megvizsgálni. Mind két szint hosszabb távú (stratégiai) és rövid távú (taktikai) célokat tűzhet ki, amelyekhez különböző gyakorlati feladatok társulnak:

- **Stratégiai IR:** minden nagyobb szervezet vezetőségének meg kell bizonyosodnia arról, hogy az egyes üzleti egységek menedzserei képesek az információs technológiát felhasználni az egység versenyhelyzetének, versenyképességének a folyamatos javításához.
 - Tegyük fel, hogy egy nagykereskedő kulcsszállítója internetes megrendelési rendszerre tér át, hogy a kapcsolattartást fejleszteni tudja. Stratégiai kérdés, hogy milyen módszerrel legyen megvalósítva a rendszer?
- **Taktikai IR:** az egyes üzleti egységek vezetőinek fel kell tárniuk, melyek azok a rendszerek, amelyeknek az egységeikben feltétlenül működni kell.
 - A rendszerkövetelmények pontos meghatározása.
 - Az egyes rendelkezése álló informatikai alrendszerek funkcióinak pontos ismerete.
- **Stratégiai IT:** Hogyan kezeljük az alkalmazások kínálatát? Vékony kliens vagy vastag kliens, esetleg „okos telefon” alkalmazás?
 - Milyen rendszerintegrációs megoldások a legmegfelelőbbek?
 - Nyílt forráskódú rendszert alkalmazzanak-e? Ki legyen a szoftverbeszállító? Ki legyen a hardverbeszállító?
 - Hogyan alkalmazzanak pl. virtuális szervereket?
- **Taktikai IT:** Eszközök beszerzése és használatának minden részletének nyomon követése. Tesztelés, monitoring.
 - Hogyan készítsünk biztonsági másolatot az egyes rendszerekről? Hiba esetén mi a megfelelő hibakezelési protokoll?
 - Esetleges szűk keresztmetszetek keresése (lassú, hibás hardver) és megszüntetése.

Az informatikai rendszerek mai közkezdvelt elnevezése az *Enterprise Resource Planning System* azaz vállalati erőforrás tervező rendszer, amelynek elsődleges feladata a vállalatok folyamatos működtetéséhez szükséges erőforrások folyamatos tervezése. Erőforrás lehet egy gép, anyagmozgató eszköz, ember, tárgyalóterem stb. A kapacitások kihasználása szempontjából ezek a különböző objektumok egyszerűen csak erőforrásnak tekinthetők. Az ERP-k úgynevezett sztenderd szoftverek, ami azt jelenti, hogy egy elképzelt modell alapján vannak megvalósítva, a telepítésük és üzembe helyezésük során szükséges egy testre szabási folyamat (customization), amely során alakul ki a végleges működés. Az ERP-k egy adott

vállalat valamennyi adatfeldolgozását megvalósító egységes információs rendszerek, így az egész vállalatra kiterjedő informatikai integrációt képesek megvalósítani, bennük integrálódnak a különböző vezetői információs funkciók, vezetői döntéstámogató -, valamint az alrendszerben keletkező üzleti tranzakciókat feldolgozó funkciók. Az utóbbi időben a vállalati informatikai rendszerek piacán előtérbe kerültek a nyílt forráskódú szoftverrendszerek is. Ezek széleskörű alkalmazása megkönnyíti a szoftverbeszállítóktól való függés csökkentését, mivel a minden fejlesztő számára elérhető forráskód és a működés tanulmányozása lehetővé teszi, hogy a fejlesztésbe kisebb szoftvercégek is bekapcsolódjanak. A nyílt forráskódú rendszerek előnye a megbízhatóság, mivel a szoftvertesztelés hatékonyabb módon oldható meg, mint a hagyományos zárt forráskód esetén. A tulajdonlás teljes költsége (Total Cost of Ownership) amibe nemcsak a kifejlesztés, hanem a tesztelés, üzemeltetés, frissítés, technikai támogatás is beletartozik, egyértelműen lecsökken.

Az említett testre szabás költsége helyi vállalkozások bevételeit növeli, ezzel a globalizáció káros hatásai hatékonyan csökkenthetőek. A vállalatvezetők, informatikai döntéshozók manapság nem félnek az informatikai rendszereket nyílt alapokra helyezni.

Az integrált rendszerekben nincs többszörös adatbevitel, a tevékenységek nem duplikálódnak, a rendszer káros redundanciája csökken. Az ERP-k integráltsági foka folyamatosan növelhető különböző külső alkalmazások beépítésével például CAD/CAM rendszerek felhasználásával. Az ERP-k alapvető fontosságú elemei az úgynevezett adatraktározási, valamint adatbányászati technológiák, amelyek megkönnyítik az operatív vállalati folyamatok során keletkező adatok sok szempontú tárolását, csoportosítását, lekérdezését.

Az ERP-k a vállaltoknál kialakult vertikális és horizontális munkamegosztásnak megfelelően funkcionális részekre oszlanak. Vertikális felosztás szerint: vezetői információs és döntéstámogató funkciók, tranzakciós funkció. Horizontális felosztás szerint: funkcionális modulokra történő bontás (ilyen modulok lehetnek: pénzügyi, anyaggyártási, értékesítési, ellátási láncal összefüggő, gyártástervezési, projektvezetési, karbantartási, minőségbiztosítási modulok.)

Az utóbbi években egy új fogalom is kialakult az úgynevezett üzleti intelligencia rendszerek (business intelligence) néven. Az ilyen rendszerek jelentik a vállaltirányítási információs rendszerek legmagasabb elérhető integrációs szintjét, amely adattárházon alapuló intelligens rendszer, ami valamennyi vállaltirányításkor felmerülő „mi lenne ha? típusú kérdéseinkre „válaszolni tud”.

A vállaltirányítási rendszerek bevezetése komoly, összehangolt feladat, amely az üzleti folyamatok újragondolásától a projekttervezésen, igényfelmérésen át, a szoftverrendszer telepítése utáni oktatási, továbbképzési, sőt szoftverkövetési feladatokat is magában foglalja. Ez a folyamat semmiképpen nem szekvenciális, általában a rendszereket forgalmazó cégek komplex bevezetési szolgáltatás csomagot és különböző szintű terméktámogatást kínálnak. Ilyen ismertebb rendszerek az SAP, Oracle Applications, Inforcom, Compiere.

4.2. A logisztikai irányítás informatikai rendszerei

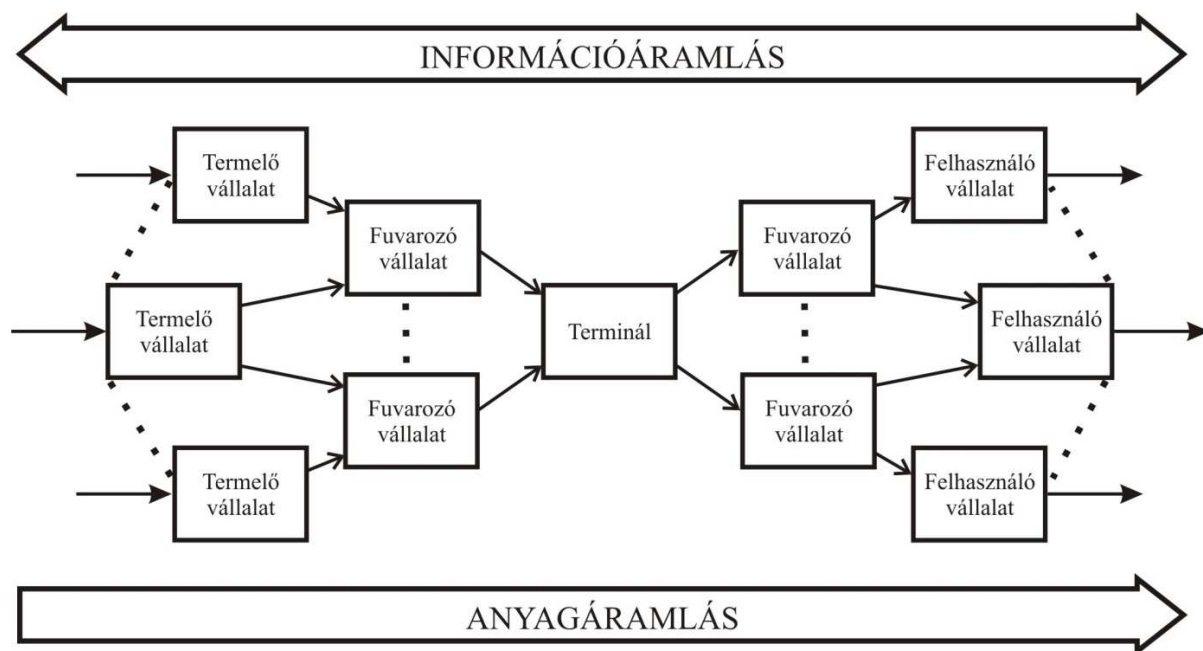
Az információs rendszerek alapvető feladata az, hogy a különféle vállalatok között megteremtsék a hatékony együttműködést. Ehhez az szükséges, hogy az alapfolyamatok és a hozzá kapcsolódó anyagáramlási folyamatokról folyamatosan információ álljon rendelkezésre minden tagvállalat saját alrendszerében. Az összehangolt működéshez a résztvevő

vállalatoknak folyamatosan figyelemmel kell kísérniük saját belső folyamataikat és szükség esetén célszerű beavatkozásokat kell végezniük. Az információs rendszer a belső és külső környezet elemei lépéseit (tranzakcióit) rendszerezi és információként hozzájuk az egyes döntéshozók rendelkezésére. A vállalatok logisztikai rendszerekben létrejövő tranzakciók döntő többsége az alapfolyamatokban keletkezik, így átalakítás nélkül csak adathalmaznak tekinthető. Az informatikai rendszer egyes komponenseinek feladata a „nyers” adatok aggregálása (összegzése), átalakítása, képi megjelenítése (vizualizálása). Olyan rendszer tekinthető logisztikai információs rendszernek, amely a logisztikai folyamatokhoz kapcsolódó anyag és információáramláshoz kapcsolódnak.

A logisztikai információs rendszerek kiszolgálására olyan adatfeldolgozó és kommunikációs eszközöket kell alkalmazni, amelyek minden résztvevő számára egyaránt hozzáférhető információt szolgáltatnak valamilyen kommunikációs hálózat alkalmazásával.

A *helyzet nyilvántartási rendszer* követi, az áruk, járművek, rakodó gépek, általánosságban: a termeléshez szükséges eszközök tartózkodási helyének és állapotának módosulásait. Egy ilyen rendszerre alapozva sikeresen alkalmazhatók egzakt és heurisztikus algoritmusok és olyan optimalizáló modellek, amelyek a hatékonyság mellett a minőség növelését is támogathatják.

A *vállalati jellegű irányítási feladatok* elsődlegesen a pénzügyi, számviteli, elszámolás, az eszköz és munkaerő gazdálkodási funkciók területén jelennek meg.



Információ és anyagáramlás

4.3. A logisztikai információs rendszerek kialakítása

Logisztikai irányítási feladatok csak a résztvevő vállalatok információs rendszereinek szoros és állandó együttműködésével oldhatók meg. Ez a kijelentés az integrált információs rendszer elvének tekinthető és úgy kivitelezhető, hogy a résztvevők közös belső és külső informatikai kapcsolatokat alakítanak ki. Belső kapcsolatként a logisztikai rendszer vállalatait, külső résztvevőként más intézményeket (pl. bank, állami szervek - APEH -) rendszereit értjük. Hatékony integrált rendszer csak abban az esetben jöhet létre és szolgálhatja a teljes értékteremtési folyamatot, ha létrejön egy adatbusz, amely az ellátási háló működéséhez

szükséges adatokat valamennyi partner számára elérhetővé teszi. Az „Enterprise Service Bus” ESB koncepció, és hozzá tartozó információtechnológiai eszközök lehetővé tesznek ilyen jellegű integrációt. Ennek alkalmazásával létrejön a virtuális vállalat. A buszra szabványosan kapcsolódó informatikai rendszerek egyenrangú félként vesznek részt a kommunikációban.

A gyakorlatban arra is számos példa figyelhető meg, hogy közös információs központot alakítanak ki, ha a hálózat többi részvevője a magas informatikai költségeket ilyen formában csökkenti. Ekkor is hatékonyan működhet az információcsere akkor, ha megrendelés kezelési adatoknak valamennyi partner által való hozzáférhetősége biztosított.

A fejlett logisztikai hálózatok vizsgálatából kiderül, hogy a megrendelések átfutási ideje egy nagyságrenddel, a termékek piaci ára pedig 10%-al csökkenthető. Ezek a tényezők a piacon döntő versenyelőnyt jelentenek.

Az utóbbi néhány évben egyre több nagyvállalat alkalmaz úgynevezett magán felhőt (private cloud), amely segítségével az IT infrastruktúra (szerverek) egy központi „felhőbe” kerülnek és az alkalmazások nagy része virtualizált kiszolgálókon fut. Ezzel a megoldással a rendszerfelügyelet, villamosenergia felhasználás és a kapacitáskihasználtság is jelentősen javítható. Nem logisztikai témakörben mindenki ismeri a *gmail.com* alkalmazásait, ami jelentős szerepet töltött be a technológia megalapozásában, tesztelésében, elterjesztésében. A privát felhők előnyeinek ismertetéséhez elég csak utalni a gmail előnyeire, így ez is növeli az ilyen rendszerek elterjedését a nagy iparvállalatoknál is.

Az integrációs feladat elvégzésnek legproblémásabb pontja a régi úgynevezett „Legacy Systems” beilleszthetősége egy modern architektúrába. Ezek a szoftverrendszerek általában jól bevált részfeladatokat oldanak meg, kódfrissítés, terméktámogatás már sok esetben nincsen hozzájuk, egyszerűen használják őket az adott feladatra. A privát felhőkben való működtetésük a legtöbb esetben viszonylag könnyen megoldható teljes szoftveres virtualizációval, de nyilvánvalóan teljes rugalmasságot csak a kód újraírással lehet elérni. Mivel ezt a költséget csak ritkán tartalmazzák az integrációs projektek költségvetései, ezért köztes megoldásként az input és output adataikhoz manapság könnyen fejleszthető webszolgáltatások alkalmazása jelenthet megoldást. Példaként elképzeljünk el egy olyan alkalmazást, ami egy raktári készletezési folyamatot évtizedek óta sikeresen old meg, de nem rendelkezik illeszthető felhasználó és jogosultságkezeléssel. Azaz a szoftvert csak az tudja futtatni, aki fizikailag a számítógép „elé ül”. A szoftver virtuális gépre való telepítése (egyszerű felhőbe való áthelyezése) és távoli használata megoldhatja a problémát és a szoftver szöveges kimenetének elérése egy megfelelően fejlesztett webszolgáltatás segítségével a futtatások eredményét adattárházba is el tudja helyezni, amivel az integráció újrafejlesztés nélkül konfigurációmenedzsment feladatokkal megoldható.

4.4. A logisztikai irányítás integrált adatfeldolgozó rendszere

Az adatok térben és időben való eljuttatásához integrált adatbázis kezelés szükséges. Elvben két megoldást alkalmazhatók:

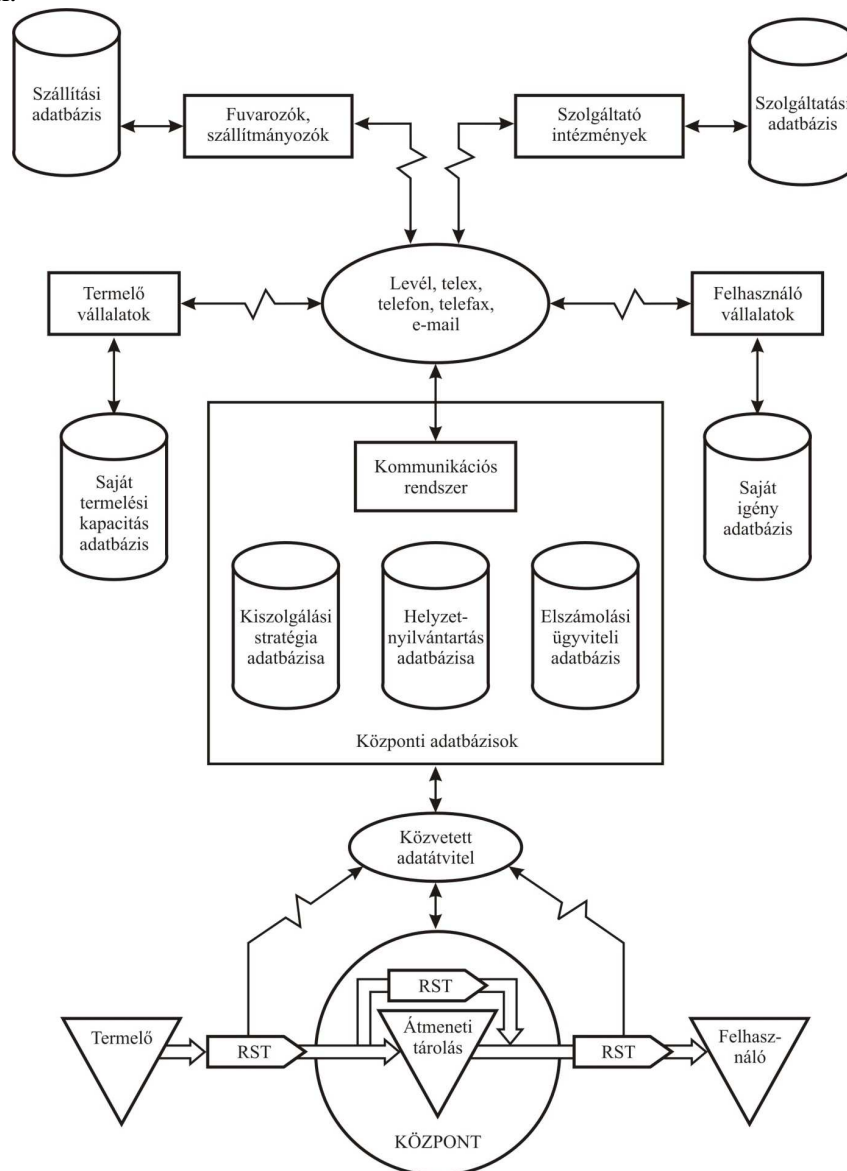
- központi adatbáziskezelő rendszer közvetett adatbevitellel
- osztott adatbáziskezelő rendszer közvetlen adatbevitellel

Az első kiépítés esetében a logisztikai központ önálló lokális hálózattal rendelkezik. Itt tárolják a körzetre vonatkozó kapacitások, igények és feladatok adatait. Ezek a pillanatnyi adatok a termelők árukészleteiből, a szállítók szállítókészségéből, a vevők igényéből állnak, melyek inputja fax-on, email-ben vagy telefonon is érkezhethet, amit operátorok egy

kezelőfelületen rögzítenek. Nem minden esetben automatizálható a beérkező adattömeg. Ebben az esetben a számítógépes rendszer lényegében logisztikai elveken alapuló, integrált adatbázis kezeléssel végzett nyilvántartás.

A második kiépítés esetében a termelők, szállítók és fogyasztók lokális hálózatai össze vannak kapcsolva egy központi rendszerbe. Ebben az esetben a központi rendszerben nem kell tárolni az említett igény, kapacitás adatokat, hiszen a hálózat segítségével bármikor elérhetőek, hozzáférhetőek. A központi rendszerre ebben az esetben főleg a vevőkkel való kapcsolattartás feladata hárul. Az anyagmozgató gépek a közvetlen adatbevételnél saját adatrögzítő berendezéssel rendelkeznek, sok esetben a kezelő személyzetnek is utasításokat adnak és visszavárják azok teljesítését. Ebben az esetben az irányítás optimáló eljárásai is előtérbe kerülnek.

A Tracking & Tracing rendszerek alkalmasak az áru és az őket mozgató rendszerek folyamatos nyomon követésére és manapság már alapkövetelményként jelennek meg. Ezekhez az alkalmazásokhoz elengedhetetlen a rakományok, megrendelések egyértelmű azonosítása megfelelően kialakított kódrendszerekkel pl. egy- és kétdimenziós vonalkódok, traszponderek.



4.5. Információs rendszerek működési elve

A logisztikai információs rendszerek alapvetően hálózatos, kliens-szerver architektúrára épülnek. Képesek a teljes ellátási láncot a vállalati határok átlépésével átfogni. Általában minden vállalati informatikai rendszerre igaz, hogy egyidejűleg több felhasználó, a vállalatvezetés különböző funkcióiban használja ugyanazt a többnyire osztott adatbázist. A rendszerintegrációt manapság modern eszközökkel „adatbusz” biztosítja, amely hatékonyabbá teszi a tetszőleges partnerek összekapcsolását.

4.5.1. Adatátviteli technikák

A mai napig nem létezik egységes adatátviteli szabvány és ehhez tartozó technológia. A hatékony integráció alapfeltétele, hogy az integrált információs rendszer kiépítésében érdekelt szervezetek ne önálló adatkommunikációs megoldásokat alkalmazzanak, hanem törekedjenek egy közös technikára az integrációs folyamatban. Az Electronic Data Interchange – EDI szabvány egy ilyen lehetőséget kínál a rendszerintegrátorok számára, amely a teljesen papírmentes adattovábbításra helyezi a hangsúlyt valamint több száz dokumentumtípust definiál pl. megrendelés, szállítólevél, számla, amivel egységes formát ad tisztán programok általi feldolgozáshoz.

4.5.2. Szabványosított jármű- és küldeménykövető rendszerek

Az ilyen rendszerek lényege, hogy a helymeghatározó rendszerek által szolgáltatott adatokra támaszkodva képesek megjeleníteni a térben mozgó objektumok pillanatnyi helyzetét és mozgását a diszpécser központban. A járműkövető rendszerek tartalmazzak: egy szabványos helymeghatározó rendszert, hardver elemeket a diszpécser központban és a mozgó járműveken, online követés esetén a mozgó járművön elhelyezett mobilszámítógép által működtetett terminál és a diszpécser központ közötti kommunikációt megvalósító GSM rendszert, grafikus megjelenítés esetén rendelkeznek vektorgrafikus digitális térképpel is.

4.5.3. Integrált operatív szolgáltatások

A vállalatirányítási rendszerbe integrált operatív irányítási szolgáltatások magukba foglalhatják az összes olyan funkciót, amely a logisztikai rendszerek operatív üzemeltetése szempontjából felmerülnek és hozzájárulhatnak a megrendelések kezelési folyamatának hatékonyságnöveléséhez. Ezek a rendszerek lehetőséget nyújtanak arra, hogy a korábban különböző szoftveres megoldások által kezelt funkciók optimalizálása egy egységes központosított adatbázis felhasználásával történjen meg. A rendszerek integráltsági fokát meghatározza az is, hogy milyen mértékben valósul meg a rendszerszintű integráció bizonyos operatív irányítási szolgáltatásokkal kapcsolatosan. Például a *készletgazdálkodásnál* az a cél, hogy biztosított legyen a termékszintű készletezési mechanizmus optimális működtetése. A *szállítási irányítás* segítségével lehet egy olyan matematikailag optimalizált eljárással, ami segíti a járműpark optimalizálását. Olyan kommissiózási rendszer kialakítása, amely a különböző megrendelések kigyűjtését különböző matematikailag optimalizált árukigyűjtési stratégiákkal biztosítja.

4.5.4. Adatbányászati technikák

A vállaltirányítási rendszerek alapvető építőköve az adattárház. A logisztikai folyamatok napi szinten nagymennyiségű adatot „termelnek” amelyek eltárolására és feldolgozására csak speciális eszközök és technológiák alkalmasak. Adatbányászati eljárásoknak nevezzük azokat a módszereket, amelyek lehetővé teszik a nagymennyiségű adatokon, több szempontot figyelembe vevő hatékony online adatelemzést. Ehhez úgynevezett multi-dimenzionális adatkezelő rendszert és ehhez tartozó speciális megjelenítő eszközöket használnak, amelyek biztosítják a különböző vezetői szinteken a rendszergazdák közreműködése nélkül is képesek legyenek az őket érintő adatokhoz hozzáférni, azokat kielemezni, majd az analízis eredményét különböző döntésekhez háttér információként felhasználni. Az adatbányászati eljárások segítségével a döntéshozók megpróbálnak közvetett információhoz jutni egy rendelkezésre álló adathalmazból, amelyről feltételezhető, hogy rejtett információt hordoz. A legismertebb adatbányászati technikák: klaszteranalízis, döntési fa, nemlineáris regresszió, neurális háló már korábban ismert eljárások. Klaszteranalízis segítségével egy adathalmaz egyedeit előre megadott tulajdonságok alapján, hasonlósági alapon csoportokba lehet rendezni és a csoportok vizualizációja segítségével a jövőbeli viselkedésük megjósolható. Logisztikai rendszerekben az egyes vevők korábbi megrendeléseit sikeresen elemezhetőek klaszteranalízis segítségével, így meghatározhatóak olyan rejtett összefüggések, amelyek tudatában a jövőre nézve fontos vevőstratégiai döntések hozhatóak. A döntési fa módszer segítségével jól optimalizálhatóak és vizualizálhatóak többparaméteres rendszerek mérési eredményei. A regresszió már régen ismert eljárás a matematikában, amely időben lejátszódó folyamatok jövőbeli előrejelzésére alkalmazhatóak. Ennek modernebb változata a neurális háló módszer.

4.6. Az integrált logisztikai információs rendszerek alkalmazásaival elérhető gazdasági eredmények, fejlődési irányok.

- gyors, biztonságos azonosítás (megrendelések, részegységek, termékek)
- bejárési útvonalak optimalizálása (ellátási láncokban, gyártási folyamatokban, gyártócellák esetén, raktározási folyamatokban)
- ügyviteli ráfordítások csökkenése (kevesebb redundáns adat keletkezik, hatékonyabb munkafolyamat kezelés lehetséges, manuális adatbevitel csökkentése vagy minimalizálása)
- jelentős termelékenység növekedés (készletszint csökkentése, szállítókészség növelése)
- munkaerő képzettségi színvonalának emelkedése

4.7. Informatikai rendszerek integrációja (a szolgáltatás orientált architektúra)

Az informatikai rendszerek alapfunkcióit szolgáltatásként is tekinthetjük. Egy szolgáltatás olyan ismételt funkció, amely végrehajtásakor elvégez valamilyen tevékenységet (általában valamilyen üzleti logikai műveletet). Ezeket fekete dobozként is tekinthetjük, mivel elrejtik az implementációs részleteket. Az interfészt protokoll függetlennek kell tekinteni az öt definiáló metódusokat, paramétereket és adattípusokat egyaránt. Egy szoftver komponens több interfészt is implementálhat. A végpontok kötik az interfészt a protokollokhoz, fizikai címekhez. A szolgáltatások használata (meghívása) nyílt szabványú mechanizmusokon keresztül történik.

A szolgáltatás orientált architektúra (SOA) újrafelhasználható komponensekre, modulokra, szolgáltatásokra támaszkodik. Definíció szerint: „különböző irányítás alatt álló szolgáltatások erőforrásainak használatára és rendszerezésére szolgáló minta. Egységes eszköztárat ad az

erőforrások kereséséhez, szolgáltatásához és használatához, hogy elérjük az előre definiált és mérhető feltételekkel meghatározott célt.”

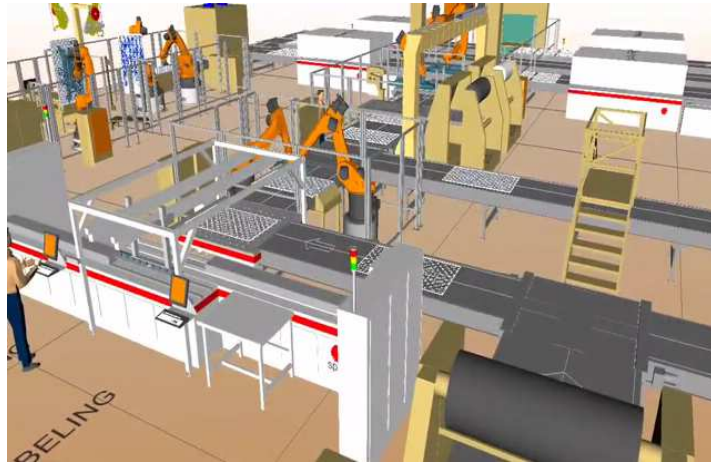
SOA alapú integráció alapelvei:

- egységbe zárttság: a szolgáltatások implementáció független interfésszel kapcsolódnak a környezetükbe
- laza csatolás: a különböző szolgáltatások nem foglalkoznak a velük kapcsolatban álló más szolgáltatások állapotával, kizárólag a létezésükkel kell tisztában lenniük. Előnye a modularitás, azaz minden szolgáltatás implementáció kicserélhető a többi „tudta nélkül”
- szolgáltatás szerződések: a laza csatoláshoz szolgáltatási szerződések szükségesek, amelyek megszabják az egyes szolgáltatásokkal való kommunikáció szabályait. A szerződés (service contract) közös, mindenki számára elérhető dokumentumból kérhető el.
- absztrakció: a szolgáltatási szerződésben rögzített információ érhető kizárólag el egy adott szolgáltatásról, az üzleti logika rejtve marad. Fontos szerepe van a laza csatolás megvalósításában valamint a szerzői jogok védelmében is.
- újrafelhasználhatóság: kiküszöbölhető a redundancia, ha változik az üzleti logika, nem kell az egész folyamatot újra implementálni, elegendő néhány szolgáltatás cseréje.
- autonómia: a szolgáltatások egymástól függetlenül működnek
- optimalizáció: két szolgáltatás közül a magasabb minőséget képviselő előnyt élvez az alacsonyabb minőséget nyújtóval szemben
- megtalálhatóság: megfelelő keresési módszerekkel el kell tudni érni a szolgáltatásokat, valamint el kell őket látni leírásokkal
- granularitás: az üzleti célokat megvalósító komplex folyamatok funkciói összetett szolgáltatások, amelyek elemi komponensekből és szolgáltatásokból épülnek fel.

A különböző szolgáltatások képesek összekapcsolódni és közösen egységes rendszerként működni. A SOA újszerű, szolgáltatás alapú megközelítés a vállalat üzleti működéséhez, elemzéséhez, javításához. Korszerű SOA rendszerekben egy ún. middleware valósítja meg az ESB (enterprise service bus) feladatait. Az ESB-n belüli mediáció a szolgáltatáshívások intelligens feldolgozását teszi lehetővé. A hívó és szolgáltató között áramló üzenetek összetett mediációs logikák, amelyek újrahasznosítható mediációs mintákból állnak. Az áramló adatstruktúrák leírása, kezelése meta modellek segítségével történik. A fizikailag megjelenő üzenetek leírására az XML Schema nyelv szolgál. Ezek a sémák iparág és vállalat specifikusak is lehetnek. Az ESB-k legalább egy metamodellt és több tartalommodellt támogatnak.

4.8. Korszerű szoftvereszközök a logisztika támogatására.

4.8.1. A számítógépes logisztikai szimuláció



Logisztikai szimuláció

A JIT (Just-In-Time)/JIS (Just-In-Sequence) technikákra, a Kaban-ra, új termelősorok tervezésére és építésére és a globális termelő hálózatokra jelentkező igények objektív döntési kritériumokat kívánnak, hogy segítsék a menedzsment kiértékelést és összehasonlíthatóak legyenek az alternatív megközelítési módok. A korszerű szoftvereszközök segítik a logisztikai rendszerek digitális modelljének felépítését, hogy feltárhassuk a rendszer karakterisztikáját és optimalizáljuk a teljesítményét. A digitális modell lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy kísérleteket folytasson, és "mi lenne ha" forgatókönyveket hozzon létre anélkül, hogy a létező gyártórendszert vagy - folyamattervezés esetében - ezeket a rendszer megvalósítása előtt tegye meg. Kiterjedt analitikai eszközök, statisztikák, diagramok lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy különböző gyártási forgatókönyveket készítsenek, ezeket gyorsan kiértékeljék, megbízható döntéseket hozzanak a folyamattervezés korai szakaszában.

- Felderíti és eliminálja az olyan problémákat, melyek egyébként költség- és időigényes mérésekkel lennének megoldhatóak
- Minimalizálja termelőeszközök befektetési költségét az elvárt kimenet veszélyeztetése nélkül
- Optimalizálja a létező termelő rendszerek hatékonyságát úgy, hogy az implementálás előtt ellenőrzött méréseket hajt végre

A számítógépes logisztikai szimuláció folyamata

1. *A problémák megfogalmazása:* a szimuláció megrendelőjével együtt a szimulációs szakértőnek meg kell fogalmaznia a szimuláció alapkövetelményeit. A megfogalmazott probléma eredménye egy írásos megállapodás (például technikai specifikáció) mely a szimuláció alatt tanulmányozandó konkrét problémákat tartalmazza.

2. *A szimulációra való érdemesség tesztelése:* a szimulációra való érdemesség megállapításához a következőket lehet megvizsgálni: az analitikus matematikai modell (például sok változó) hiánya; magas komplexitás, sok tényező, amit figyelembe kell venni; pontatlan adatok; a rendszer korlátainak fokozatos feltárása; a szimulációs modell ismételt használata

3. *A célok meghatározása:* minden vállalat célok rendszerét fogalmazza meg. Ez rendszerint tartalmaz egy fő célt (például haszonszerzés), amely több alcélra bomlik, melyek kölcsönhatásban állnak egymással. A célrendszer meghatározása egy fontos előkészítő lépés. Gyakori szimulációs célok lehetnek például:

- Átfutási idő minimalizálása
- Hatékonyság növelése

- Raktárkészlet minimalizálása

Az összes meghatározott célt össze kell gyűjteni, és a szimuláció végén statisztikailag analizálni kell, ez magában foglalja a szimulációs modell számára bizonyos elvárt szintek részletességét. Az eredmény meghatározza a szimulációs tanulmány hatókörét.

4. *Adatgyűjtés és analízis:* a szimulációs tanulmányhoz szükséges adatok a következőképpen lehetnek strukturálva: a rendszer alapadatai, szervezési adatok, technikai adatok. A következő táblázat az összegyűjtendő adatokra mutat példát:

Technikai adatok	
Az üzem strukturális adatai	Elrendezés A termelés eszközei Szállítási funkciók Szállítási útvonalak Területek Korlátozások
Gyártási adatok	Rendelkezésre állási idő Teljesítmény adatok Kapacitás
Anyagáramlási adatok	Topológia Szállítószalagok Kapacitás
Baleseti adatok	Gyakorlati balesetek Hozzáférhetőség
Szervezeti adatok	
Munkaidő adatok	Szünet összeállítás Műszak összeállítás
Erőforrás allokáció	Dolgozók Berendezések Szállítószalagok
Szervezet	Stratégia Korlátozások Incidens management
Rendszer alapadatok	
Termék adatok	Munka tervek BOM-ok
Job adatok	Termékrendelések Szállítási rendelések Mennyiség Határidők

Az adatgyűjtés során összegyűjtendő adatok

5. *Modellezés:* a modellezési fázis magában foglalja a szimulációs modell építését és tesztelését.

A modellezés általában két lépésből áll: 1.) ikonikus modell származtatása a konceptuális modelltől; 2.) a modell szoftver rendszerbe alakítása

a.) Az első modellezési lépés: először a szimulált rendszer egy általánosan érthető változatát kell fejleszteni. A tesztelt célok alapján döntést kell hozni a szimuláció pontosságáról. A pontosságon alapulva döntéseket kell hozni arról, hogy mely szempontokat kell egyszerűsíteni. Az első modellezési lépés a következő két tevékenységet foglalja magába: 1.) Analízis; 2.) Absztrakció (általánosítás): a rendszer analízis használatával, a rendszer komplexitása az eredeti céloknak megfelelően jelentéssel bíró részre válik szét. Az absztrakció által a specifikus rendszer attribútumok mennyisége csökken mindaddig, amíg ez elég praktikus ahhoz, hogy az eredeti rendszer egy lényegesen korlátozott képét adja. Az absztrakció tipikus lépései a redukálás (a nem releváns részletek eliminálása) és a általánosítás (a lényeges részletek egyszerűsítése).

b.) A második modellezési lépés: a szimulációs modell építése és tesztelése. A modellezés eredményét a modell dokumentációjába kell építeni, hogy a szimulációs modellen további módosítások legyenek lehetségesek. A gyakorlatban ez a lépés gyakran elhanyagolt, ezek a modellek a funkcionalitás dokumentációjának hiányában nem használhatók. Ennek következtében a modellt és a forráskódot célszerű kommentekkel ellátni a programozás során. Ily módon a funkcionalitás magyarázata a programozás befejezése után is lehetséges.

6. *Szimuláció végrehajtása*: a szimulációs tanulmány céljaitól függően a kísérletek egy teszt terv alapján lesznek végrehajtva. A teszt tervben, az egyes kísérletek kimeneti eredményei, a modell argumentumai, a célok, és elvárt eredmények vannak meghatározva. Továbbá fontos, hogy időtartamot határozzunk meg a szimulációs kísérleteknek, a teszt futtatások alapján. Nem ritka a mérések több órán át való futtatása, vagy a kísérletek gyakori ismétlése statisztika gyűjtésére. Ezekben az esetekben hasznos lehet ellenőrizni, hogy lehetséges-e, hogy a kísérleteket különálló programozott objektumokkal (köteget futtatás) végezzük. Az időigényes kísérletek részben elvégezhetők az éjszakai órákban, így az elérhető számítási kapacitást optimálisan lehet felhasználni. Az kimeneti, bemeneti adatokat, és a szimulációs modell meghatározó paramétereit minden kísérletnél rögzíteni kell.

7. *Eredmények elemzése és értelmezése*: az eredmények, melyek a rendszerben változnak, a szimulációs eredményekből származnak. A szimulációs eredmények megfelelő értelmezése a szimulációs tanulmány sikerességét alapvetően befolyásolja. Ha az eredmények ellentmondanak a meghatározott feltételezésekkel, akkor szükséges megvizsgálni, hogy mely hatások felelősek a váratlan eredményekért. Továbbá fontos megjegyezni, hogy a bonyolult rendszereknek gyakran van felfutási fázisuk. Ez a fázis másként működhet a valós életben, és a szimulációban. Ennek következtében a felfutási idő alatt kapott eredmények gyakran nem ültethetőek át a modell rendszerbe, és nincs hatásuk az értékelésre. (Kivéve, ha az eredeti rendszer felfutási fázisát is teljesen modellezni kell.

8. *Dokumentáció*: a szimulációs tanulmány dokumentációjához, a projektjelentés egy speciális formája javasolt. A dokumentációnak tartalmaznia kell egy áttekintést a tanulmány ütemezéséről, és a dokumentálni kell a teljesített munkát. Ebben az értelemben a dokumentáció hibás rendszer eltéréseket és konstellációkat tartalmaz. A projekt jelentés magja a szimuláció eredményeinek bemutatása kell legyen, amik a megrendelő specifikációján alapulnak. A szimulációs tanulmány eredményei alapján, a dokumentációban javaslatokat tehetünk. Végül, ajánlott a szimulációs modell struktúráját és funkcionalitását is leírni.

4.8.2. Szimulációs rendszerek összehasonlítása

A következő ábrákon ismert logisztikai szimulációs rendszerek összehasonlítását kíséreljük meg, a rendelkezésre álló nyilvános adatok alapján, különböző aspektusokból.

1. Gyártó, tipikus alkalmazások; a szoftver által elsősorban támogatott piacok; rendszerkövetelmények: RAM, operációs rendszer igények szerint:

Szoftver	Gyártó	A szoftver tipikus felhasználási területe	A szoftver által elsősorban támogatott piacok	RAM igény	Operációs rendszer
Auto Mod	Brooks Automation	Anyagkezelő és mozgató rendszerek, raktározás, csomagkezelés, és gyártás	Autóval kapcsolatos, légtér, repülőtéri műveletek, gyártás, raktározás és elosztás	512MB vagy több ajánlott	Windows Operációs rendszer
eM-Plant	Tecnomatix Technologies Inc.	Gyártás, anyagkezelés, üzleti folyamatok szimulálása, logisztika, elosztás, ütemezés, folyamat verifikáció, ellátási lánc	Diszkrét gyártás (autókkal kapcsolatos, elektronika, hajógyártás, gépgyártás, stb.), logisztika, elosztás, tanácsadás, egészségügy, bankok	Minimum 64MB, 512MB ajánlott	Windows NT, 2000 és XP
Flexsim	Flexsim Software Products, Inc	Gyártás, nyersanyag kezelés, raktározás, elosztás, valós idejű vizsgálatok, ellátási lánc, konténer szállítás	Gyártás, nyersanyagkezelés, raktározás, elosztás, valós idejű vizsgálatok, ellátási lánc, konténerszállítás	Minimum 128MB, 256MB ajánlott	Windows XP és 2000
GPSS World for Windows	Minuteman Software	Gyártás modellezése, telekommunikáció, számítógépes hálózatok, diszkrét esemény rendszerek szimulálása	Operációkutató intézmények. Szimulációs modellezést végző iparban dolgozó szakértők	32MB	Windows 98, ME, 2000, NT és XP
PIMSS	MJC2 Limited	Modellezés, optimalizálás, gyártó műveletek tervezése	Elelmiszer, italok, petróleum, cement, faanyag, vegyi anyagok, gyógyszerészeti anyagok, textil, lábbeli, bútor, kivitelezés, műanyag, telekommunikáció	Legalább 256MB , 512MB ajánlott	Windows 2000, XP, UNIX és Linux
SimCAD Pro	CreateASoft. Inc.	Gyártás, összeszerelő sor, robotika, labor automatizálás, gyár elrendezés, munka folyamat újratervezés, szállítószalag szimuláció	Gyártás, összeszerelő sor, robotika, labor automatizálás, gyár elrendezés, munka folyamat újratervezés, szállítószalag szimuláció	128MB	Windows NT, 2000 és XP

Gyártó, tipikus alkalmazások

Modellépítés módszere: Grafikus modell konstrukción (ikon vagy drag-and-drop), Modell építés programozással/ hozzáférés programozott modulokhoz, Futás idejű hibakeresés.

Szoftver	Grafikus modell konstrukción	Modell építés programozással/ hozzáférés programozott modulokhoz	Futás idejű hibakeresés
AutoMod	igen	igen	igen
eM-Plant	igen	igen	igen
Flexsim	igen	igen	igen
GPSS World for Windows	igen	igen	igen
PIMSS	igen	igen	igen
SimCAD Pro	i	i	i

Modell építés

Modellépítés módszere (folytatás): Bemeneti eloszlások (Részletezés), Kimeneti elemzés támogatás (Részletezés), Kötegelt futtatás vagy kísérleti tervezés (Részletezés).

Szoftver	Bemeneti eloszlások	Kimeneti elemzés támogatás	Kötegelt futtatás vagy kísérleti tervezés
AutoMod	Egyszerű metódusok	Erőteljes grafikus elemzés, determinisztikus és valószínűségi érzékenység vizsgálat, és számos statisztikai funkció	Véletlen vagy szisztematikus mintavételezés a kimenetek kiválasztására
eM-Plant	Szabványos adat elemző eszköz (DataFit)	Szabványos adat elemző eszköz (DataFit, például) Megbízhatósági tartomány	Kísérleti menürendszer, támogatja a kötegelt futtatást, szabály alapú kísérlet tervezés, neurális hálók, megbízhatósági tartomány számítás
Flexsim	29 különböző eloszlást támogat; a Flexsim-hez tartozik az ExpertFit eloszlás kezelő szoftverrel	29 különböző eloszlást támogat; a Flexsim-hez tartozik az ExpertFit eloszlás kezelő szoftverrel	Tartalmazza egy kísérleti modul konstrukcióját, ami a modell kötegelt futtatásának definiálásában segít
GPSS World for Windows	-	Eltérés elemzés	Szűrő és optimalizáló kísérletek automatikus konstrukciója és végrehajtása
PIMSS	Konfigurálható eszközkészlet a bemeneti változók leképezésének segítésére	A kimenet grafikus és/vagy táblázatos	-
SimCAD Pro	-	-	-

Modell építés (folytatás)

Modellépítés módszere (folytatás): Optimalizálás (Részletezés), Kód újrafelhasználás (például, objektumok, sablonok), Modell licenkek (például, átadható-e a modell másoknak, akiknek nincs meg a szoftver, vagy ki kell fejleszteniük a saját modelljüket?), Csomagolást segítő szoftverek (Részletezés), Van ennek többletköltsége?

Szoftver	Optimalizálás	Kód újrafelhasználás	Modell csomagolás	Csomagolást segítő szoftverek
AutoMod	Az optimalizáció evolúciós algoritmusokon alapul	igen	Futásidejű licence (fizetős) vagy AutoView player (ingyenes)	-
eM-Plant	Genetikus algoritmusok, neurális hálók	igen	Különböző csomagolási szintek: Könyvtárak (könnyű modellezés), Modell (paraméterváltoztatások), Nézőke (csak a szimuláció, nincsenek többlet költségek)	igen
Flexsim	A Flexsim-nek része egy kísérleti modul Konstrukciója, ami segíti a különböző futások és forgatókönyvek definiálását	igen	A Flexsim tartalmazza a Presenter modult, nincs szükség más extra szoftverre	-
GPSS World for Windows	A kísérletek megtervezhetőek, és automatikusan végrehajthatóknak	-	-	-
PIMSS	A PIMSS képes magas bonyolultságú termékek és gyártási műveletek optimalizálására	-	-	-
SimCAD Pro	-	-	-	-

Modellépítés (folytatás)

Animációs (prezentációs) lehetőségek: animáció, valós idejű követés, animáció exportálása (például, MPEG/ AVI verzió, ami a szoftvertől függetlenül futhat), kompatibilis animációs szoftver.

Szoftver	Animáció	Valós idejű követés	Animáció exportálása	Kompatibilis animációs szoftver
AutoMod	igen	igen	igen	igen
eM-Plant	igen	igen	igen	igen
Flexsim	igen	igen	igen	igen
GPSS World for Windows	nem	-	-	-
PIMSS	igen	igen	igen	-
SimCAD Pro	igen	igen	nem	-

Animáció jellemzők

4.9. Logisztikai információs rendszerek biztonságtechnikája

A logisztikai rendszerek biztonsági követelményei nem különböznek az általános informatikai rendszerekkel szemben állított biztonsági követelményektől. Egy informatikai rendszer üzembiztonsága olyan tulajdonság, ami a megbízhatósággal kapcsolatos. A megbízhatóság azt jelenti, hogy a rendszer felhasználója mennyire bízik abban, hogy a rendszer megfelelően fog működni vagy normális használat mellett nem romlik el. Ez a tulajdonság nehezen számszerűsíthető. Rendszerelméleti szempontból az üzembiztonság a következő 4 fontos összetevővel jellemezhető:

- **Elérhetőség:** milyen valószínűséggel működik a rendszer egy adott pillanatban?
- **Megbízhatóság:** milyen valószínűséggel hajt végre egy feladatot a rendszer egy adott pillanatban?
- **Biztonságosság:** mennyire képes a rendszer úgy működni, hogy ne okozzon kárt?
- **Védettség:** mennyire képes ellenállni véletlen vagy szándékos károkozásnak?

Az első két jellemző valójában számszerűsíthető fogalmak, a második 2 pedig megfelelő kategorizálással és vizsgálattal, teljességi szintekkel kifejezhetőek. Általában elmondható, hogy egy rendszer üzembiztonságának növelése jelentős költségnövekedéssel jár és a biztonság növelése a teljesítmény rovására megy (a tartalékkódok, tartalékeszközök miatt). Viszont az üzembiztonság általában fontosabb követelmény, mint a teljesítmény. Biztonságtechnikai szempontból érdemes megfontolni a következő megállapításokat:

1. A nem megbízható rendszereket általában nem használják.
2. Egy esetleges rendszerhiba költségei nagyon magasak lehetnek.
3. Az üzembiztonságot nehéz utólag növelni.

A *hibatűrő* rendszerek folytatják működésüket rendszerhiba esetén is. A hibatűrés négy vonatkozását lehet megkülönböztetni:

1. **Hiba felismerése:** a rendszer felismeri az olyan rendkívüli állapotokat, amely hibás működéshez vezet

2. Veszteség felmérése: meghatározhatóak a rendszer állapot azon részei, amelyeket a hibák érintenek
3. Helyreállítás: a rendszer korábbi állapotának helyreállítása
4. Hibajavítás: a rendszer lehetővé teszi a hibás alrendszerek javítását (szoftver és hardver).

Az informatikai rendszerek alrendszerei általában valamilyen távoli eljárásívási módszerrel használják egymás szolgáltatásait. Ezeknél fontos a jogosultság és az önigazolás kérdése. Biztosítani kell, hogy a kliens, aki a szolgáltatást használja „igazolja magát”, valamint a távoli szolgáltató is hitelesítse (igazolja) önmagát. A modern rendszerek általában a kommunikációra leggyakrabban a SOAP protokollt használják, ami képes a fenti kritériumok teljesítésére. A SOAP valójában a HTTP protokollra épül és az ott megszokott SSL titkosítási eljárás használható a kliens és a szerver kölcsönös azonosítására. Ha két kulcspár van, akkor a kapcsolatot eredetileg kezdeményező fél a másik fél saját kulcsával aláírt viszontválaszt tud kapni, ezt ennek a saját kulcsnak a nyilvános párjával ellenőrizheti, és így kölcsönös bizalom állhat elő. A logisztikai rendszerek nagyrészt a vállalat belső, zárt hálózatán üzemelnek ezért a hálózati forgalom ellenőrzésére behatolás védelmi eszközökkel és a hálózatba befelé, illetve a belőle kifelé irányuló forgalom tűzfalakkal való ellenőrzése sokat segíthet.

Irodalom

- [1] Knoll Imre: *Logisztika a 21. században* Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2000.

5. A VÁLLALATKÖZI LOGISZTIKA INFORMÁCIÓS RENDSZEREI

(Kulcsár Gyula, Tóth Tibor)

5. A vállalatközi logisztika információs rendszerei (Kulcsár Gyula, Tóth Tibor)

5.1. A virtuális vállalat (Virtual Enterprise, VE), digitális vállalat (Digital Factory) fogalma, információs alrendszere

Jelen alfejezet áttekintést ad a virtuális vállalat és a digitális vállalat koncepciójának ismertetésén keresztül a vállalat-fogalom általánosításáról, összefoglalja a tématerület elméleti hátterét és alapvető jellemzőit.

5.1.1. Bevezetés

A gyártó vállalatok erősen érdekeltek abban, hogy piaci versenyképességük megőrzése végett a nagyméretű, hierarchikus szervezeteket kisebb, decentralizált, részben autonóm és kooperatív egységekkel váltsák fel, amelyek gyorsan képesek reagálni a felhasználók igényeire. Az új, lazábban kapcsolódó autonóm egységek új információs architektúrákat is igényelnek. Ha autonóm egységek a termeléshez/szolgáltatáshoz számítógépes hálózat útján kommunikáló koordinált hálózatot alkotnak, ezt a szervezeti formát már „virtuális vállalatnak” (Virtual Enterprise, VE) vagy „kiterjesztett vállalatnak” (Extended Enterprise, EE) szokás nevezni.

Az információs technológia (Information Technology, IT) eszközeivel mind a termék, mind a vállalat modellezhető. A modellek az információt és a tudást különböző formákban reprezentálhatják, így kapcsolatuk vagy integrációjuk (ezen belül az adatok és a tudás megosztása) komoly problémákat vet fel. Azt a koncepciót, amely képes kezelni, integrálni a termék, a technológia és a vállalati modellek különböző típusait, párhuzamos mérnöki tevékenységnek nevezik (Concurrent Engineering, CE).

Az autonóm termelő/szolgáltató vállalatok rugalmasan együttműködő hálózatát a szakirodalomban különböző megközelítések alapján különböző elnevezésekkel illetik. A leggyakoribbak: „holonikus rendszer” (Holonik System, HS), „virtuális vállalat” (Virtual Enterprise, VE), „ellátási lánc”, (Supply Chain, SC), „kiterjesztett vállalat” (Extended Enterprise, EE) stb. A globális gazdaságban nagyfontosságú kooperatív szervezeti/működési módok vizsgálatára nagy nemzetközi projektek is indultak. Az ilyen, együttműködésnek fontos jellemzője, hogy (1) a vállalatok megőrzik autonómiájukat, önállóan hoznak döntéseket; (2) szervezetileg önállóak maradnak, de a rendelkezésükre álló erőforrásokat részben vagy egészében megosztják; (3) közös célok érdekében tevékenykednek, de megszüntetik a közösséget, ha ez a cél megszűnik; (4) a szervezett kooperáció támogatására információ technológiai (IT) eszközöket és módszereket alkalmaznak.

5.1.2. Elméleti háttér

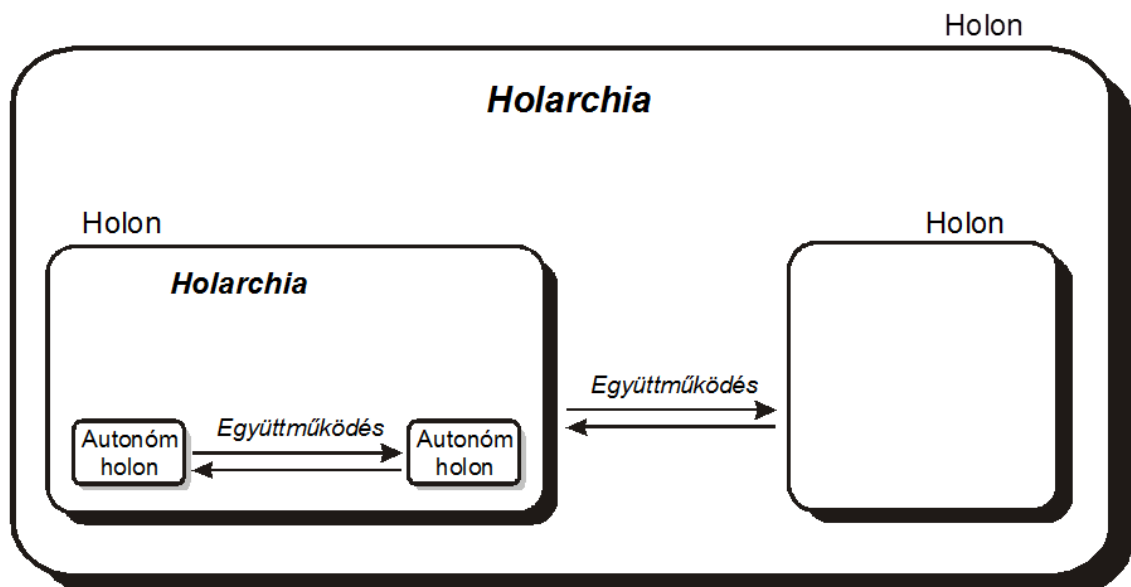
A legtöbb VE-kutató a holonikus rendszer fogalmából indul ki. A holonikus gyártási rendszer az autonóm és decentralizált gyártási szervezetek elméleti keretként tekinthető megközelítés.

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

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

Ezen túlmenően, a holon önmagában egész, ugyanakkor más egészek része. Ez a definíció a mikrobiológiából származik: miként a sejtekből épül fel az egész élő test, a holonok olyan önálló entitások, amelyek képesek koordinált viselkedésre. Gráfelméleti nézőpontból a holonikus rendszer olyan hálózati gráf (network graph), amelyben a csúcsok (nodes) reprezentálják a holonokat, az ívek (arcs) pedig interakciós kapcsolatokat hoznak létre a csúcsok között.

A holonok egymásba ágyazhatók. A holonokat az általuk végzett funkciók, feladatok alapján különítjük el. Autonómiájuknál fogva a holonok önálló feladatmegoldásra törekednek, de ha nem képesek a feladatot önállóan megoldani, akkor kapcsolatba lépnek más egységekkel és közös csoportba tömörülve oldják meg a problémát. A holonikus csoportokban ideiglenes hierarchia is kialakulhat. Ilyenkor egy holon feladatra orientált csoportot szervez maga köré és azt irányítja a feladat teljesítéséig. A kialakult szervezet tehát nem statikus, különböző feladatokra más-más csoportosulások jönnek létre; a feladat teljesítése után a csoport felbomlik. A részegységek ilyen módon egymásba ágyazott időleges strukturális hierarchiáját nevezik holarchiának.



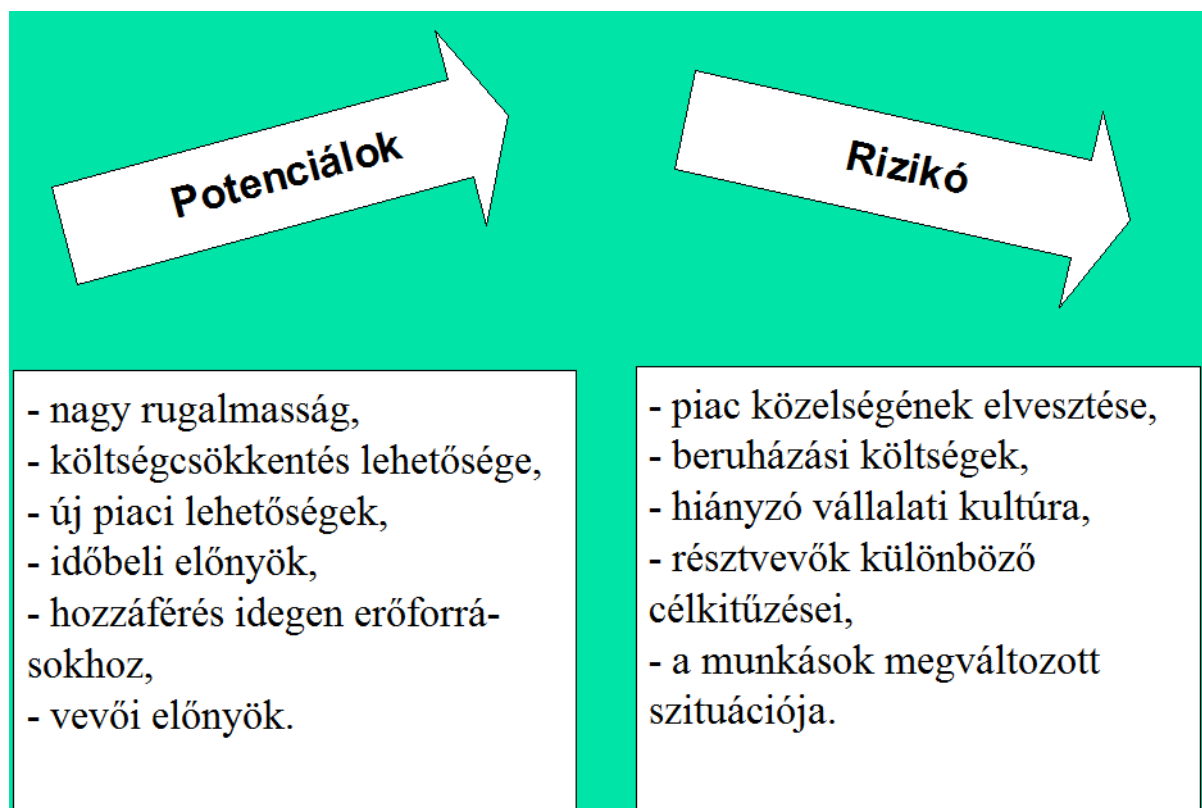
A rendszerben található holonok viselkedését kötött szabályok és rugalmas stratégiák irányítják. A kötött szabályok a rendszer konfigurációjára, az elemek közötti kapcsolatteremtésre, a kommunikációra vonatkoznak. A különböző stratégiák az autonóm holonok működésének konkrét céljaira, ezek paramétereire vonatkozó lehetséges változatait határozzák meg.

A kutatók a holonikus megközelítést a vállalati működés területére alkalmazva jutottak el a VE fogalmához. Ez az új szervezési paradigma azon az előfeltevésen alapszik, hogy a globális gazdaságban az üzleti-, értékesítési-, gyártási-környezet a vállalatokat automatikusan versenyző, de ugyanakkor holonikus, kooperatív rendszerekké transzformálja.

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

5.1.3. A VE főbb előnyei

A VE ma leginkább elfogadott definíciója szerint pénzügyi és műszaki szolgáltató cégek, gyártó, szerelő és elosztó tevékenységeket folytató vállalatok célorientált kooperációja. A VE egy olyan holonikus rendszer, amelynek alrendszerei időlegesen szerveződnek egyedi vállalatokból a közösen elérendő célra.



Érdemes megemlíteni néhány lényeges előnyt, amely a VE struktúrába szerveződött vállalatok számára vonzó lehet:

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

5.1.4. VE kialakításának lehetőségei

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

A gyakorlatban alapvetően kétféle irányzat létezik VE létrehozására:

(1) Egy nagyvállalat szétbontása kisebb egységekre; és/vagy

(2) kisebb cégek összevonása, kooperációja VE formába.

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

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

Amikor kis cégek egyidejűleg kívánják megtartani alapvető jellemzőiket és fejleszteni versenyképességüket, ellentmondások, problémák jelentkezhetnek. A csomópontok önállóságát és a VE hálózat stabilitását turbulens környezetben is fenn kell tartani.

5.1.5. A VE fogalmának lehetséges értelmezései

A VE egyidejűleg üzleti, menedzsment és termelési informatikai paradigma. Olyan minta, amelynek követése sikereket ígér a globalizált piaci környezetben, a versenyszférában működő vállalatok számára.

A VE fogalma az 1990-es évek közepén keletkezett. Előzményei közé tartoznak többek között például a következő paradigmák:

- Világháló koncepció (Internet).

- Számítógéppel Integrált Gyártás (CIM).
- Integrált számítógépes vállalatirányítás (ERP).
- Elektronikus vállalközi adatcsere (EDI).
- Számítógépes vállalati csoportmunka (Groupware).
- Elektronikus üzlet (e-Business).
- Elektronikus kereskedelem (e-Commerce).

A VE nem minden szempontból kiforrott koncepció. Több különböző nézőpontból is definiálható.

A VE független autonóm szervezetek (vállalatok, leányvállalatok) olyan, elektronikus információs rendszere és szervezett integrációra alapozott időszakos együttműködési rendszere, amely lehetővé teszi, hogy a résztvevő szervezetek képesek legyenek hatékonyan működtetni több erőforrást, mint ami az egyes szervezeteknél rendelkezésre áll, jelentős expanzió nélkül. Ebben a megfogalmazásban a VE főként a vállalközi integráció paradigmája.

A VE autonóm funkcionális szervezetek (telephelyek, osztályok, gyáregységek) olyan, elektronikus információs rendszere és szervezett integrációra alapozott folyamatos együttműködési rendszere, amely lehetővé teszi, hogy a résztvevő szervezetek képesek legyenek hatékonyan működtetni osztott erőforrásokat, az egyes szervezeteknél fizikailag rendelkezésre álló erőforrások jelentős bővítése nélkül. Ebben a megfogalmazásban a VE főként a vállalaton belüli integráció paradigmája.

A VE olyan, világhálóra alapozott, elektronikus információs rendszere és szolgáltatásokra épülő cégműködés, amely lehetővé teszi, hogy a partner szervezetek és vevők képesek legyenek hatékonyan hozzáférni adat- és szolgáltatás jellegű erőforrásokhoz, üzleti folyamatokat kezdeményezni és biztonságosan lefolytatni az erőforrások fizikai felkeresése, elérése nélkül. Ebben a megfogalmazásban a VE főként a vállalat és üzleti környezete elektronikus integrációjának átfogó paradigmája.

Jan Hopland nyomán egy további VE értelmezés: „Nyilvánvaló, hogy olyan korba léptünk, amikor a versenyszférában gazdálkodó szervezeteknek képeseknek kell lenniük, ha kell, egyik napról a másikra, ugrásszerű fejlődést felmutatni és viszonyaikat gyökeresen megreformálni. Ennek eszköze a „Virtuális Vállalat” paradigmája. A virtuális szó itt egy metafora. Azt jelenti, valami létezik, de egyidejűleg mégsem létezik.”

Szakirodalmi elemzés alapján a VE-vel szemben támasztott legfontosabb követelmények a következőképpen foglalhatók össze: A VE szervezet támogassa

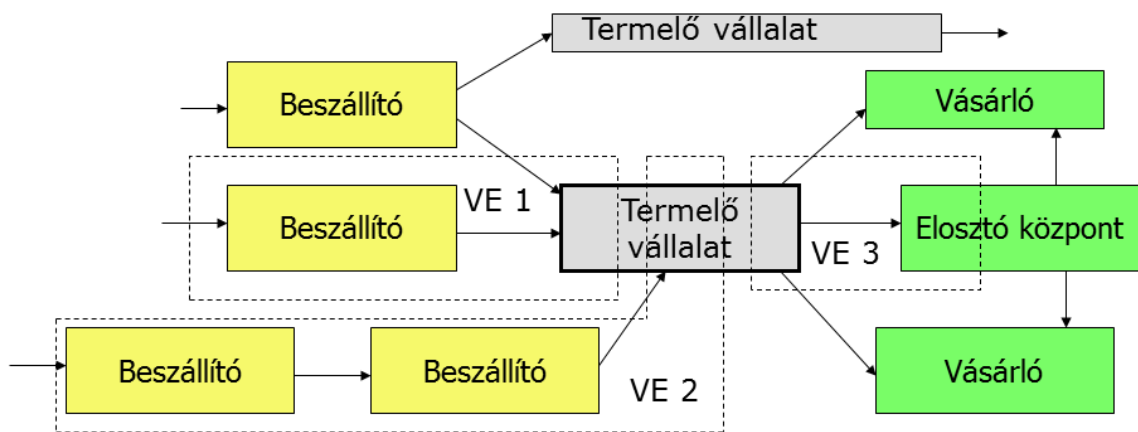
- dinamikus társulások, csoportosulások, kooperációk létrejöttét;
- a szervezeti és földrajzi megosztottságok létezését;
- a kommunikáció különböző módozatait;
- a csoportmunka minden fajtáját, és a különböző szerepek vállalását;
- minél több, különböző formájú információ cseréjét;
- a szervezeti keretek változtatását, a csoportok különböző élettartamát;
- az erőforrások megosztott használatát;
- a létező munka-eszközök és munka-módszerek integrálását;

- a jogosultságok és a felelősség biztonságos megállapíthatóságát;
- a biztonságos adat- és üzenetcserét.

A VE nem csupán egy új szervezési és irányítási technológia. Majdnem minden vállalat szembekerül azzal a lehetőséggel, hogy lényegesen megváltoztassa üzletmenetének módját az Internet miatt vagy kockáztatja piaci részesedésének elvesztését és profitját azokhoz a versenytársakhoz képest, akik ezt megteszik. Számos iparág, mint a Pénzügyi Szolgáltatások, az Egészségügy és a Közszükségleti Termékek és Szolgáltatások alapvető rekonstrukción megy át, mivel struktúrájuk egyik lényeges komponense a változás Internetes közegén alapszik: az univerzális elektronikus információ. És ez gyorsan megy végbe.

A VE jellemzőit a rugalmasság, adaptálhatóság, agilitás, kooperáció és integráció követelményei határozzák meg. A VE rendelkezik több olyan jellemzővel, amely megkülönbözteti a hagyományos vállalattól.

- A legkevésbé szokványos jellemző a virtualitás. A VE esetében hiányzik a hagyományos üzleti vállalkozás sok irányítási és ügyviteli papír alapú struktúrája, még akkor is, ha a VE úgy működhet, mint egy hagyományos üzleti vállalkozás.
- Egy másik fontos jellemző a vállalati tevékenységek alkalmazkodó képessége. A virtuális vállalatnak gyorsabban kell alkalmazkodnia a piaci és vásárlói igények változásaihoz.
- A VE-t ideiglenes szövetség alapján hozzák létre, ezért annak már rövidebb távon is költséghatékonyan kell lennie. A személyzeti és eszköz-jellegű beruházások optimalizáltak. A VE fejlődik, majd idővel megszűnik. A VE azért alakul meg, hogy kidolgozzanak egy projektet és megszűnik, amikor a projekt teljesül.
- Az információs és kommunikációs technológiák (Information and Communication Technology, ICT) alkalmazásának létfontosságú szerepe van a VE működésében. Ez földrajzilag nincs korlátozva. A munkavállalók a világ bármely pontján elhelyezkedhetnek és mégis hatékonyan támogathatják a szerveződést. A VE használja az ICT eszközöket és módszereket, kliens munkahelyeket, szervereket, adattárházakat, együttműködési platformokat, szolgáltatásokat és az Internet-bázisú egyéb technológiákat.



Összefoglalva megállapítható, hogy a virtuális vállalat legbensőbb jelentése egy korszerű szervezeti paradigma cégek vagy szervezetek közötti ideiglenes, de zárt kooperáció kiépítéséhez és működtetéséhez, hogy azok új üzleti célokat érjenek el komplex és dinamikus feltételek és követelmények között.

5.1.6. Digitális vállalat

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

A digitális vállalat kialakításának fő célja a vállalatot érintő (üzleti, modellezési, tervezési, végrehajtási, irányítási és egyéb) folyamatok informatikai eszközökkel történő megvalósítása. A paradigma alapvető iránymutatása az, hogy a korszerű információs és kommunikációs technológiák hatékony alkalmazásával a vállalati tevékenységekkel kapcsolatos összes adat a felhasználó jogosultságának megfelelően egyszerűen és gyorsan hozzáférhetővé váljon. A vállalat sikeresebb működtetése és bonyolult kapcsolatrendszerének hatékonyabb menedzselése intelligens döntéstámogató rendszerek alkalmazásával fokozható.

5.1.7. Információs rendszer

A számítástechnika és a hálózati technológiák gyors fejlődése új lehetőségeket nyújt az osztott és kooperatív rendszerek számára. A hálózati technológiák területén megfigyelhető „technológiai konvergencia” lehetővé teszi, hogy különböző kommunikációs és számítógépes hálózatok működjenek együtt. Ez az áttörés-erejű fejlődés (breakthrough) a hálózatok hardver és szoftver eszközeiben nagymértékben elősegíti a VE-k informatikai környezetének kialakítását.

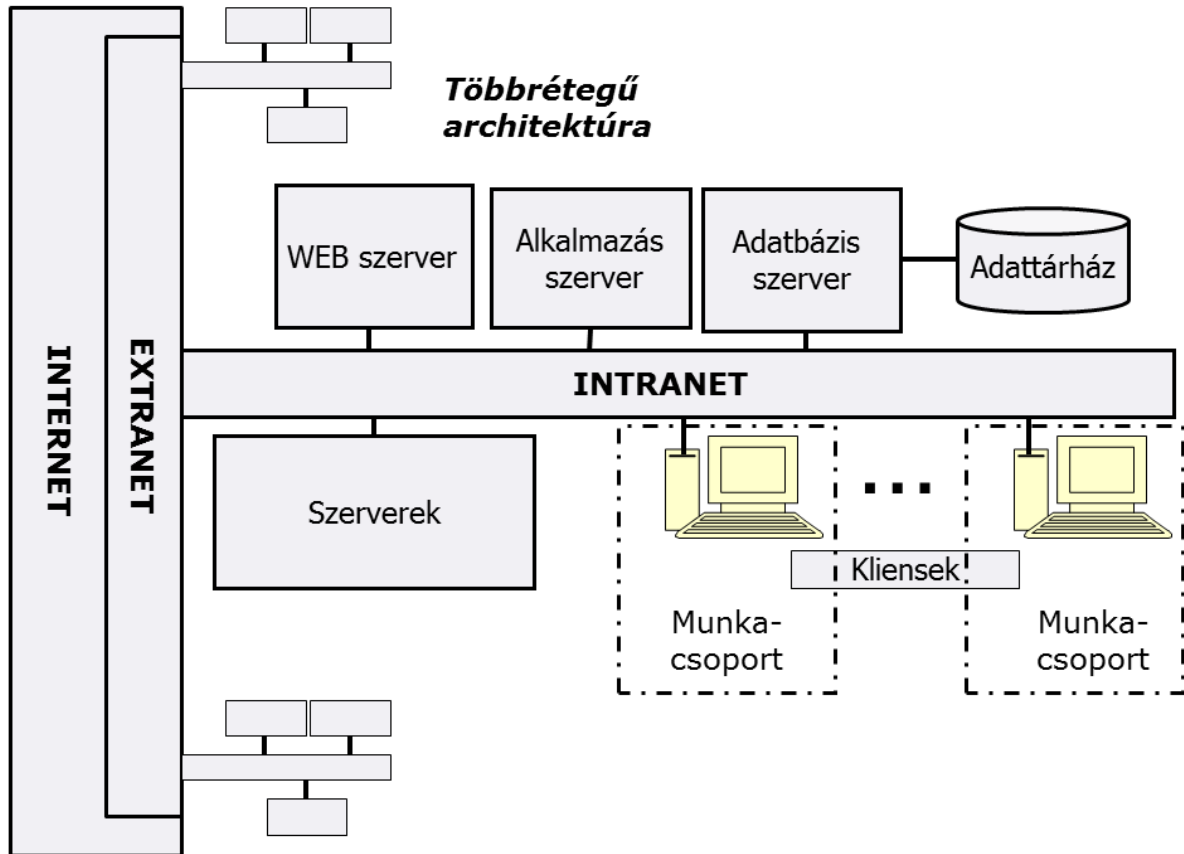
Az „információs rendszer” fogalma általános megközelítésben úgy értelmezhető, mint olyan elemek halmaza, amely valamilyen információ-forrásokból származó információk elérésére, visszanyerésére, manipulálására, használatára szerveződött. Az információs rendszer célja az, hogy a felhasználót összekapcsolja egy megfelelő információ-forrással úgy, hogy a felhasználó képes legyen elérni az aktuális igényeinek megfelelő információt.

VE létrehozásának egyik alapfeltétele egy hatékony információs rendszer (Information System, IS) kialakítása, amely biztosítja a résztvevő szervezetek különböző rendszereinek együttműködését a szükséges adatok és erőforrások megosztásával és jogosultságok alapján történő hozzáférés menedzselésével [1]. Erre azért van szükség, mert a VE heterogenitása egyébként gátolja a hatékony működéshez szükséges valós idejű adatok megosztását.

Egy megbízható, életképes információs rendszer tervezésekor számos speciális technikai szempontot kell figyelembe venni. A VE szempontjából a legfontosabb követelmények a következőképpen foglalhatók össze:

- Elosztott adatfeldolgozás és alkalmazások közötti együttműködés (DBMS, PDMS, Client/Server, Middleware, Data warehouse, stb.)
- Csoportmunkát támogató technológiák a résztvevők folyamatainak integrációjához (Groupware, Workflow management, Document Management System and Process warehouse, stb.)
- Kommunikáció a résztvevő szervezetek szakemberei és számítógépes rendszerei között (Inter-enterprise networking technologies, Internet/Intranet/Extranet, ISDN, ATM, stb.).

A vállalatok szervezeti változásai szükségessé teszik az IS infrastruktúrák folyamatos fejlesztését a mindenkori korszerű információ-technológia lehetőségeinek minél jobb kihasználásával. VE-k számára kifejlesztett általános és innovatív IS infrastruktúra vázlatát szemlélteti az alábbi ábra.



A modell integrált módon tartalmazza mind a három lényeges fentebb felsorolt ICT csoport elemeit, ennek következtében támogatja rugalmas és integrált VE keretrendszer kialakítását. A VE résztvevő szervezetei ellenőrzött módon hozzáférhetnek egymás rendszereihez az Extranet szolgáltatásain keresztül. A vázolt Web-alapú VE infrastruktúra koncepciója sokféle, különböző típusú hálózatra alapozott IS logikával támogatja a VE partnerek adatcseréjét, kommunikációját, erőforrás-megosztását és kooperációját. Az Extranet egy közös, kiterjesztett platformot biztosít az információ hozzáféréséhez, a teljes VE-ra kiterjedő (globális) információs rendszer közvetítő közegének szerepét tölti be (middleware). A koncepciónak köszönhetően a VE szervezetei számára biztosított a saját belső (lokális) szolgáltatási rendszer önálló, független fejlesztése.

Mivel a VE jellemzően rövid időtávú konzorcium vagy szövetség valamilyen közös cél elérése érdekében, különösen fontos, hogy az aktuálisan résztvevő partnerek a különböző feladataikat olyan együttműködési környezetben tudják végrehajtani, mintha egyetlen szervezet részeként működnének. Az IS infrastruktúra feladata a bonyolult konfigurálás nélküli („plug and play” elvű) bekapcsolódás lehetőségének biztosítása, ezáltal az együttműködő vállalatok kooperációjának felgyorsítása és hatékonyságának javítása. Ennek alapfeltétele, hogy az infrastruktúra tegye lehetővé a korszerű technológiákra alapozott, széles körben elfogadott és elterjedt protokollok használatát.

5.2 A VE működtetéséhez szükséges integrált informatikai infrastruktúra

VE létrehozásának és működtetésének egyik alapkövetelménye egy rugalmas, jól konfigurálható informatikai infrastruktúra gyakorlati megvalósításának lehetősége. Ebben az alfejezetben áttekintjük azokat a jelenlegi megoldásokat és fejlesztési irányzatokat, amelyek megalapozzák az ilyen infrastruktúrák kialakítását.

A szakirodalomban nagyszámú beszámoló olvasható olyan kutatási projektekről, amelyek a VE-k nyújtotta potenciális előnyök kihasználásának megalapozására irányulnak. A javaslatok többsége a dinamikus, kooperatív, hálózat-orientált szervezési formákra alapozott intelligens üzleti módszereket helyezi előtérbe. A közös alap gondolat egy dinamikus szervezet létrehozása, amely a piaci igényeknek és lehetőségeknek megfelelően képes saját magát formálni, rugalmasan átalakítani. Az informatikai infrastruktúra rendszerint közvetítő szerepet játszik, lehetővé téve a különböző rendszerkomponensek együttműködését. Ebben a megközelítésben, alapvető elvárás tehát a résztvevők közötti biztonságos és jól koordinált interakciók támogatása. Más megközelítésben, az integrált informatikai infrastruktúrának kell betöltenie a VE „operációs rendszere” szerepkört, elrejtve az együttműködő termelő/szolgáltató vállalat-hálózat részleteit vagyis a „számítógép-architektúrát”.

A széles körben alkalmazott, korszerű szabványok és technológiák elősegítik a szerepkör sikeres betöltését, ilyenek például [2]:

- nyílt, hálózati együttműködést támogató protokollok (TCP/IP, CORBA-IIOP, HTTP, RMI, SOAP, stb.),
- nyílt, elosztott, objektum-orientált, többretegű szolgáltatások, keretrendszerek (J2EE, CORBA, ActiveX, stb.),
- adat/információ/objektum cserét támogató módszerek és eszközök (XML, ebXML, WSDL, stb.),
- szabványosított üzleti komponensek, eljárások és objektumok (EJB, OAG, OMG, stb),
- üzleti folyamatok modellező eszközei és nyelvei (UML, UEML, WfMC XML-based Business Language, PSL, stb.),
- nyílt és szabványos üzleti- és munkafolyamat menedzselő rendszerek (WfMC, OMG-JointFlow, XML-WfMC szabványok, kereskedelmi termékek, stb.),
- adatbázis interfészek (ODBC, JDBC, stb.),
- intelligens mobil ágensek (intelligent mobile agents, FIPA, OMG-MASIF, Mobile Objects, stb.),
- nyílt és elosztott üzenetközvetítő rendszerek (JMS, MS-Message Server, MQSeries, FIPA-ACC, stb.),
- XML-alapú E-commerce protokollok (BizTalk, CBL, OASIS, ICE, RosettaNET, OBI, WIDL, stb.),
- web-technológiák (Servlets, JSP, MSASP, XSL, stb.).

Meg kell itt jegyezni, hogy ezeknek a technológiáknak a többsége ma még folyamatos fejlesztési szakaszban van, így azok nem teljesen letisztultak, ezért meglehetősen nagy erőfeszítés igénylő munka pusztán ezekkel megvalósítani és konfigurálni hatékony és átfogó informatikai támogatást nyújtó VE infrastruktúrát. Valójában, még a nagy kutatás-fejlesztési projektek eredményeként létrejött korszerű infrastruktúrák is összetett konfigurációt és testreszabást igényelnek. Az infrastruktúrák rendszerint különböző technológiákat és különböző gyártóktól származó összetevőket foglalnak magukba, ezért nehéz meghatározni,

hogy melyik összetevő (vagy gyártó) felelős az összetett rendszerekben jelentkező hibákért vagy váratlan eseményekért. Az IT tehát – sajátosságai révén – egyrészt elősegíti, ugyanakkor részben fékezheti is a VE paradigma eredményes gyakorlati kibontakozását.

A VE paradigma gyakorlati előnyeinek eléréséhez kellően rugalmas és általános informatikai infrastruktúra szükséges. A rugalmasság ennek a rendszernek azt a képességét fejezi ki, hogy gyorsan tudjon alkalmazkodni különböző üzleti és kommunikációs folyamatokhoz. Az általános jelző arra utal, hogy képes legyen a rendszer egyidejűleg kielégíteni a különböző alkalmazási területek igényeit. Az informatikai infrastruktúrának kell biztosítania a különböző résztvevők együttműködését és integrációját. Ez a feladat több szinten is értelmezhető, úgy mint:

1. szint: alapvető kommunikáció és információcsere (üzleti és technikai tranzakciók különböző vállalatok között),
2. szint: alkalmazások integrációja (különböző vállalatoknál működő alkalmazások, alkalmazási rendszerek együttműködésének támogatása),
3. szint: üzleti integráció (elosztott üzleti folyamatok koordinációja),
4. szint: csapatmunka integrációja (különböző szervezetek által delegált tagokból álló szakmai csoportok együttműködése).

A VE informatikai infrastruktúrájával szemben támasztott általános követelmény, hogy a résztvevő szervezetek képesek legyenek – koordinált és biztonságos módon – különböző típusú információk on-line cseréjére azért, hogy a rendszer integrált egységeiként együtt dolgozzanak a közös célok elérésén, miközben fenntartják függetlenségüket és autonómiájukat. Fontos szempont az is, hogy azokat az informatikai rendszereket, amelyek az adott vállalatoknál már használatban vannak, ne kelljen áttervezni vagy módosítani más partner vállalatok megfelelő rendszereihez való közvetlen kapcsolódás érdekében. IT nézőpontból vizsgálva a VE követelményeinek kielégítésére kidolgozott infrastruktúra modelleket, a továbbiakban két nagy irányzatot ismertetünk [2]:

- réteg-alapú keretrendszer megközelítés (layer-based framework approach),
- ágens-alapú keretrendszer megközelítés (agent-based framework approach).

5.2.1. Réteg-alapú keretrendszerek

A réteg-alapú keretrendszerek csoportjába sorolható infrastruktúra megoldások egy új, ún. kooperációs réteget (cooperation layer) adnak hozzá a meglévő vállalati IT-plattformokhoz. A vállalatok közötti kooperáció ennek az új rétegnek köszönhetően tranzakció-orientált módon, interakciók formájában valósítható meg. Ennek a szemléletnek megfelelően készültek a VE kezdeti informatikai infrastuktúrái, példaként említhetők az NIIP [3], a PRODNET II. [4] és a VEGA [5] projektek. A fő célja ezeknek a projekteknek az volt, hogy nyílt platformokat tervezzenek az alapvető információcserével és koordinációval kapcsolatos ipari VE-k követelményeinek támogatására. Az ilyen fejlesztések lefedték az integrációs követelmények 1. és 2. szintjét.

A vállalatok közötti információcserével kapcsolatos követelmények szemléltetése érdekében egy illusztratív példán keresztül mutatjuk be a réteg-alapú keretrendszerek legfontosabb jellemzőit. Egy VE két résztvevő vállalatát jelölje E1 és E2. Tétélezzük fel,

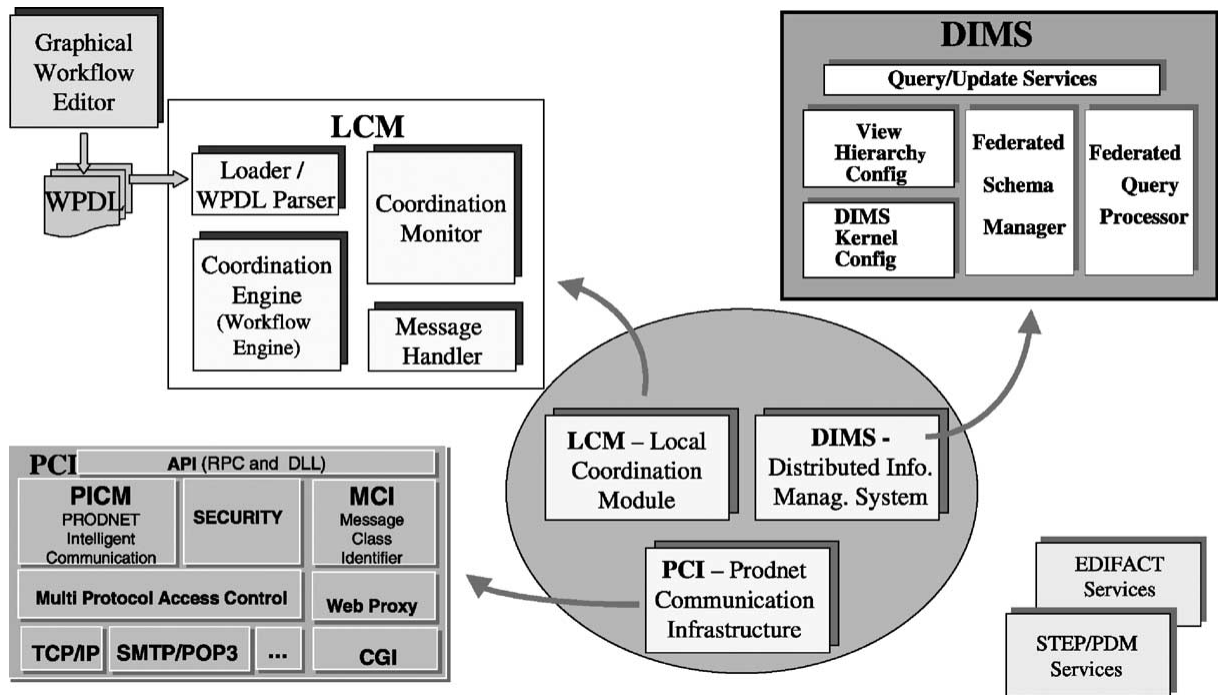
hogy E1 egy speciális alkatrész vagy termék (P) kifejlesztésére és gyártására keres partnert. Ebben az egyszerűsített példában az üzleti folyamat a következő lépésekből tevődik össze:

1. E1 partnert keres a feladat megoldására.
2. E1 azonosítja E2-t mint lehetséges beszállítót.
3. E1 elküldi az igényét E2-nek.
4. E1 és E2 interaktívan elemzik a projektet STEP modellek cseréjével.
5. E1 megfelelőnek tartja a konstrukciós terveket és „elfogadva” jelzést küld E2-nek.
6. E2 elküldi a P gyártására vonatkozó javaslatát E1-nek.
7. E1 elemzi és kiértékeli a javaslatot, majd „jóváhagyva” üzenetet küld E2-nek.
8. E1 és E2 szerződést köt, megfogalmazzák a beszállítás teljesítésének részleteit.
9. E1 megrendelést generál, és elküldi E2-nek.
10. E2 a rendelés elfogadásáról megerősítést küld.
11. E1 ellenőrzési, visszajelzési kérelme(ke)t küld E2-nek.
12. E2 elküldi a terméket és annak dokumentációját E1-nek.
13. E1 fogadja és megvizsgálja a terméket.
14. E1 jelentést küld az esetleg előforduló hibákról.
15. Pénzügyi elszámolás.

Ez az erősen leegyszerűsített példa is jól mutatja, hogy szükség van különböző – például üzleti (EDIFACT) és technikai (STEP) – adatok cseréjére. Egy VE üzleti folyamataiban a partnerek akkor tudnak megfelelő módon részt venni, ha a különböző vállalatok alkalmazási rendszerei (pl. ERP, CAD, CAM, CAL, MES, stb.) között alkalmas koordináció és interakció valósítható meg. Ehhez legalább 2. szintű integrációra van szükség.

Fontos követelmény a biztonságos kommunikáció. Garantálni kell a partnerek hitelességét, az üzleti interakció tartalmi integritását és titkosságát. Mind a vállalaton belüli mint a vállalatok közötti információs rendszerrel szemben alapvető elvárás, hogy az információ megjelenítését, megosztását és hozzáférését jogosultsági-rendszer szabályozza (pl.: aktuális konstrukciós, minőségbiztosítási, termelési, pénzügyi stb. adatok).

A kooperációs réteg feladata a együttműködéssel kapcsolatos események kezelése. Ennek megvalósítására rendszerint egy koordinációs kernelt hoznak létre, amely további funkcionális egységekből áll. Ilyenek lehetnek célszerűen a következők: elosztott információ-menedzsment rendszer, munkafolyamat alapú koordinációs motor és biztonságos kommunikációs infrastruktúra. A PRODNET javaslatban például a következő rövidítésekkel jelölik ezeket a funkcionális egységeket: Distributed Information Management System (DIMS), Local Coordination Module (LCM), Prodnnet Communication Infrastructure (PCI).



Az ilyen réteg-alapú VE keretrendszerek tipikus szolgáltatásai közé tartoznak – egyebek között – a következők:

- kereskedelmi adatok üzenetküldésen alapuló elektronikus cseréje (pl.: EDIFACT);
- műszaki adatok cseréje (pl.: STEP);
- osztott információs rendszer a VE közös adminisztrációs információinak és a résztvevők saját belső információinak megosztására;
- koordinációs modul a kooperációkhoz kapcsolódó események kezelésére (a partnerek belső folyamatainak tervezését támogatja);
- konfigurációs modul, amely lehetővé teszi különböző VE-k definiálását és paraméterezését, valamint az egyedi vállalatok (csofópontok) viselkedésének meghatározását;
- biztonságos kommunikációs szolgáltatások (kriptográfia, digitális aláírás, hitelesítés, intergritás-védelem stb.);
- felügyeleti szolgáltatások (pl.: rendelések, erőforrások, stb. státuszai valamint tervezési, gyártási, szállítási stb. folyamatok nyomonkövetése);
- minőségbiztosítással kapcsolatos információk cseréjét támogató szolgáltatások;
- kiterjesztett vállalatirányítási rendszer szolgáltatásai VE környezetben.

Nem minden vállalat számára egyformán fontosak az elérhető funkciók, és nem minden résztvevő szervezet igényli ugyanazokat a szolgáltatásokat. Ezért a VE keretrendszerek támogatják a különböző funkciókörök vállalatunkénti engedélyezését/letiltását különböző konfigurációs paraméterkészlet segítségével. Ezen túlmenően a kooperációs réteg komponenseinek működése, viselkedése hozzáigazítható a VE-k és a résztvevők

irányelveihez. A rugalmas informatikai infrastruktúrákkal szemben számos követelmény megfogalmazható, amelyek olyan gyakorlati jellemzőkön alapulnak mint például:

- változatos VE típusok és formák alakíthatók ki,
- egy vállalat vagy cég egyidejűleg több VE partnere is lehet,
- egy vállalat különböző VE-k partnereként eltérő szerepkört tölthet be,
- a partner vállalatok változatos belső irányítási politikával és szervezési struktúrával működhetnek,
- eltérő információ-hozzáférési jogosultságok használata,
- VE-tagokra jellemző változatos jogok és kötelezettségek (eltérő jogszabályi, törvényi és egyéb háttér),
- különböző szerződések,
- információs technológia folyamatos fejlődése.

A keretrendszer kiépítéséhez a kooperációs réteget megvalósító modulokat rendszerint a partner vállalatoknál külön-külön telepíteni, konfigurálni és megfelelően integrálni kell. A vállalatok kooperációs rétegei közötti kommunikációs közvetítő közeget az Internet szolgáltatja.

5.2.2. Ágens-alapú keretrendszerek

Az ágens-alapú keretrendszerek közös jellemzője, hogy a VE részvevő vállalatait ágensok (agents) reprezentálják és a vállalatok közötti kooperáció az ágensok interakciójaként értelmezhető (Multi-Agents System, MAS). Bár absztrakt szinten vannak hasonlóságok az ágens-alapú és a réteg-alapú megközelítések között, azonban a mögöttes információ-technológiai és szoftverfejlesztési szempontból eléggé különböznek egymástól. A mesterséges intelligencia oldaláról megközelítve az ágens fogalmát, azt mondhatjuk, hogy az ágens egy beágyazott rendszer, amely rugalmas, autonóm, reaktív és szituáció-függő viselkedésre képes céljai elérése érdekében.

Napjainkban nagy számban léteznek olyan fejlesztési platformok és informatikai környezetek amelyek ágens-alapú rendszerek fejlesztését támogatják. Ezek többsége Java technológiára épül. Ilyen rendszer például a FIPA OS, a JADE, a ZEUS. Az ágens-alapú keretrendszerek általában a FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) specifikációra épülnek és legtöbbjük nyílt forráskódú (open source).

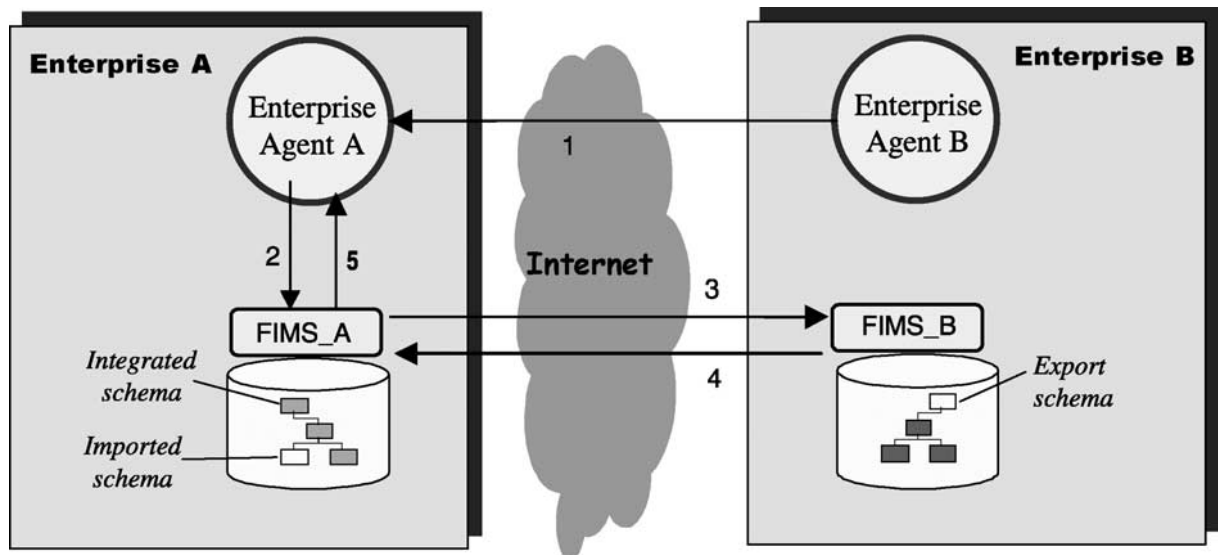
A szakirodalomban számos kutatási beszámoló olvasható olyan projektekről, amelyek ágens-szemléletű VE keretrendszerek kifejlesztésére irányultak. A kezdeti MAS fejlesztések főként a VE életciklusának létrehozási szakaszára helyezték a hangsúlyt. Sok esetben azt feltételezték, hogy az ágensok közötti kooperációt megvalósító elemi technikák elegendőek a VE működési fázisának támogatásához. A VE alkalmazási rendszereit mélyebben vizsgáló tanulmányok azonban feltártak olyan specifikus jellemzőket és aspektusokat is, amelyek támogatása már nem valósítható meg a kezdeti MAS szemlélettel. Világossá vált, hogy VE környezetben a partnerek együttműködését/kooperációját szabályozni kell. Ennek a legfontosabb követelményei a következők:

- Meg kell kötni azokat az együttműködési megállapodásokat és szerződéseket, amelyek meghatározzák az általános működési feltételeket és lehetővé teszik a VE keretrendszer kialakítását.
- Létre kell hozni azokat az elosztott üzleti eljárásmodelleket és szerkezeteket, amelyek definiálják a feladatok megfogalmazását, szétosztását és végrehajtását.
- Biztosítani kell a résztvevők számára a hatékony adatcserét és kommunikációt biztosító szolgáltatásokat, a különböző szolgáltatások elosztott menedzselését támogató funkciókat, az autonóm működés lehetőségét, a szerepköröknek megfelelő jogosultságokat stb.

A felismert igényeknek megfelelően a fejlesztések egyik fontos tématerülete, a szerződések és az elektronikus szerződéskötési folyamatok modellezése. A kutatók különböző megoldási javaslatokat dolgoztak ki, melyek közül érdemes kiemelni az XML-alapú modelleket és IT megoldásokat (e-contracting process) [6],[7].

VE környezetben a döntéshozatal bonyolult és összetett folyamat, amelyben igen fontos az emberi- és az automatizált-döntési funkciók megfelelő kombinálása. A rendszerek fejlődése során az automatikus döntések száma és szintje általában emelkedik. A döntések meghozatalának módjától függetlenül szükség van a folyamatok koordinációjára, felügyeletére, a vezérlő információk megosztására. Tipikus példaként említhető az ütemezés, mint összetett döntési feladat. A VE működési szakaszában fontos szerepet kap az ütemezés, melynek során az ágensek egyaránt reprezentálhatják a kooperáló vállalatokat a VE szintjén, és a belső erőforrásokat a vállalatok szintjén. A feladatok ágensekhez rendelése megvalósítható koordinációs hálózati protokollon keresztül (contract-net). A tervezési, előkészítési és végrehajtási fázisokban esetlegesen fellépő konfliktusok, váratlan események kezelése hatékonyan támogatható „tárgyalási” módszerrel (negotiation method) mind a vállalatok közötti, mind a vállalatokon belüli szinteken. Ezt a megközelítési módot követték például a MASSIVE projektben [8].

Az ágensek egy szövetségi információs menedzsment rendszerhez (Federated Information Management System, FIMS) kapcsolódnak, amelyen keresztül kooperálhatnak, információt cserélhetnek egymással. Az ágensek autonómiájának megőrzése érdekében a szükséges információkhoz való hozzáférés erősen kontrollált módon, előzetesen meghatározott információ-hozzáférési jogok alapján megy végbe. Ennek megfelelően a MASSIVE ágensek architektúrája két részből tevődik össze: a normál ágens-funkciót megvalósító részből és a FIMS részből. Ennek a megoldásnak az alapgondolata az, hogy az adatelemeket az ágensek nem magas szintű protokollon küldik közvetlenül egymásnak (ú.n. „nyomó”-típusú stratégia), hanem az ágens saját FIMS részén keresztül fér hozzá a kívánt adatokhoz (ú.n. „húzó”-típusú stratégia). Így a magas szintű protokollt csak irányítási/koordinációs célokra használják. A vázolt megoldási koncepció egy illusztratív példáját jeleníti meg az alábbi ábra.



Egy adott ágens (Agent B) valamely folyamata előállít valamilyen eredményeket (pl.: egy P termék gyártási folyamatának aktuális befejezési időpontját és státuszát), amelyeket egy másik ágensnek (Agent A) meg kell kapnia a VE szerződésében vagy megállapodásában, előzetesen rögzített felügyeleti szabályoknak (supervision clauses) megfelelően. A vonatkozó konvenciókat követve a B ágens küld egy üzenetet az A ágensnek („1”) jelezve ezáltal, hogy az adat hozzáférhetővé vált („P termék aktuális befejezési időpontja és státusza lekérdezhető”). Ez a kontroll üzenet értesíti az A ágensről, hogy a szükséges adatok elérhetők az FIMS-en keresztül. A szereplők között megosztott adatokhoz való hozzáférési jogosultságok az ágensek együttműködésben betöltött szerepköreinek és igényeinek megfelelően dinamikusan és kétoldalúan konfigurálhatók és import/export sémák formájában rögzíthetők. Miután az A ágens megkapja az értesítő üzenetet, megszerezheti az aktualizált adatokat a B ágenstől, valahányszor csak akarja. Ez a folyamat a következőképpen játszódik le: Az A ágens kéri az adatokat a saját FIMS-étől az integrált séma alapján („2”). Létrejön egy automatikus kapcsolatfelvétel FIMS_A és FIMS_B között. FIMS_A lekérdezi a szükséges információkat („3”) az információcsatornán keresztül, majd az engedélyezett információkat megkapja FIMS_B-től („4”). Végül az igényelt aktuális információk az FIMS_A-tól átkerülnek az A ágenshez („5”) belső felhasználásra/feldolgozásra.

Az FIMS lehetővé teszi, hogy az ágens egy belső komplex lekérdezést fogalmazzon meg, amelyet az FIMS értelmez és a szükséges információkat az ágens számára transzparens módon összegyűjti az érintett különböző kooperációs partnerek FIMS-étől, majd a megszerzett információkat egy egységes válasszá formálja és eredményül azt adja át az ágensnek.

Az ilyen elven működő rendszerek tartalmaznak egy „elektronikus katalógust”, amely a VE-hez és a résztvevő vállalatokhoz/szervezetekhez kapcsolódó információkat tárolja. A VE-n belül rendelkezésre álló (adat/információ, hardver/szoftver stb.) erőforrások a VE szerződéseiben/megállapodásaiban meghatározott jogosultságok alapján a szövetségi információs keretrendszer szolgáltatásain keresztül érhetőek el. Ez a keretrendszer menedzseli a dinamikusan változtatható szerepekhez rendelt feladat-végrehajtási, ellenőrzési és egyéb jogosultságokat a VE teljes életciklusában.

5.3 A VE logisztikai rendszere tervezési és irányítási feladatainak modellezése

Az utóbbi két évtized során a logisztika szerepe az értékalkotási láncban meglehetősen átértékelődött. A vállalatok felismerték a logisztikai rendszerek alapvető fontosságát, és világossá vált, hogy a logisztikai rendszerek korszerű elméleti alapokon nyugvó üzemeltetése révén meglehetősen nagy megtakarításokat érhetnek el, ezáltal versenyelőnyökhöz juthatnak a piacon. Különböző elméletek alakultak ki, amelyek gyakorlatba való átültetésének és hatékony alkalmazásának alapvető feltételei többek között a következők:

- fontos, hogy a rendszerekben zajló folyamatokkal kapcsolatban folyamatosan naplózott, megfelelő mennyiségű és minőségű adatok álljanak rendelkezésre,
- elérhetők kell legyenek a folyamatokat jellemző adatok elemzését megvalósító megfelelő módszerek és eszközök,
- az adatok elemzésének eredményei a folyamatba visszavezethetők kell hogy legyenek, vagyis biztosítani kell a logisztikai szabályzó kör zártságát.

Manapság a logisztikai folyamatok tervezése, irányítása, lebonyolítása és ellenőrzése megfelelően kiépített és üzemeltetett informatikai rendszerek nélkül elképzelhetetlen lenne. Az informatika eszközzel jelenti a logisztika számára azt a mozgásteret, lehetőséget, amelynek segítségével a fent leírt feltételek maradéktalanul megvalósíthatók.

Egy VE hatékony működése érdekében komplex logisztikai szoftvereket kell üzemeltetni. Ezek a szoftverek különféle informatikai technológiákra épülhetnek. Olyan alkalmazás specifikus rendszerek, amelyek informatikai szempontból támogatják az operatív logisztikai folyamatokat. A komplex logisztikai szoftvertől elvárható, hogy a teljes ellátási láncot, a rendszer- és vállalati határok átlépésével fogja át az információk átvitele és feldolgozása területén. A logisztikai adatátviteli és információs rendszerek fontos ismertetőjegye éppen ezért a logisztikai lánc átfogó integrációja. A korszerű logisztikai szoftverek a teljes vállalati kapacitástervezést, a komplex áruelosztási koncepciót, valamint a logisztikai kontrolling tevékenységet támogatják. A logisztikai rendszerek működéséhez szükséges legfontosabb alkalmazott technológiák a következők:

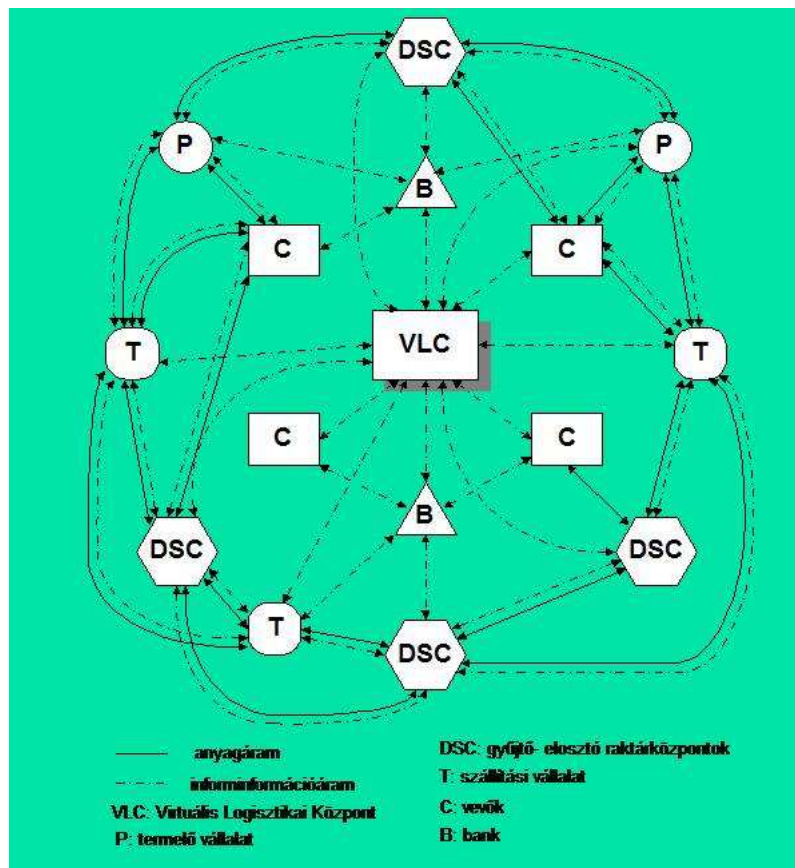
- egységes tárolóhely- és rakományazonosítási eljárások (pl. European Article Numbering, EAN);
- automatikus és szabványosított helymeghatározó rendszerek (pl. Global Positioning System, GPS);
- szabványosított adatátviteli technológiák (pl.: Electronic Data Interchange, EDI);
- műholdas, internetes vagy intranetes szabványosított jármű- és küldeménykövetési rendszerek (pl. Tracecare);
- a vállalatirányítási rendszerbe integrált operatív irányítási szolgáltatások a megrendelés kezelés komplex logisztikai irányításának támogatásához (készletgazdálkodás, szállításirányítás, ellátási–elosztási lánc irányítása, áruátvitel, kommissiózás stb.);
- közvetlenül az adatok beérkezésekor végzett interaktív előszűrésen alapuló adatelemzés (pl.: Relational On-Line Analytical Processing, ROLAP), valamint korszerű adatbázis kezelés (pl.: Relational Data Base Management System, RDBMS);

- az operatív döntéshozatalt támogató keresési (Data Mining, DM), rendezési, jelentéskészítési és tervezési funkciókkal (Data Warehousing, DW) támogatott vezetői információs szolgáltatás (Management Information System, MIS);
- a logisztikai rendszer kapacitásának, működési paramétereinek, vezetési módszereinek meghatározására szolgáló szimulációs alkalmazások (pl.: Plant Simulation, WITNESS stb.);
- a megrendelők, a beszállítók, a termelők, a szállító és a kereskedelmi vállalatok logisztikai információs rendszereit integráló logisztikai adatbusz, logisztikai platform.

A VE-k hatékony működésében az információáramlás mellett az anyagáramlás játszik meghatározó szerepet. Ezért fontos a VE-k logisztika-orientált modelljének megfelelő kialakítása [10], [11].

5.3.1. A VE logisztikai modellje

A virtuális vállalat logisztikai modelljében szereplő elemek a következők: Virtuális Logisztikai Központ (VLC), termelő vállalat (P), gyűjtő-elosztó raktárközpontok (DSC), szállítási vállalat (T), vevők (C) és bankok (B). A rövidítések célszerűen az angol szakkifejezésekből származnak.



A VE logisztikai modelljének legfontosabb jellemzői a következők:

- minden elemnél megjelenhetnek a belső és a külső logisztikai feladatok;

- belső logisztikai feladatok a termelési (gyártási) vagy szolgáltatási logisztikán túlmenően kiterjednek a hulladékkezelési és újrahasznosítási, a beszerzési és az elosztási logisztikának a belső vállalati szférában jelentkező részeire;
- a külső logisztika a beszerzési, elosztási és újrahasznosítási logisztikának a vállalaton kívül megoldandó feladatait jelenti, amit megosztva kell ellátni a VE logisztikai centrumával;
- a VE elemei között anyag és információ (ennek része az érték és pénzforgalom is) áramlik, kivéve a VE logisztikai centrumát és a bankokat, mert ezek és a többi elem között - ha az okok eltérnek is - csak információáramlás jön létre;
- a bankok és a VE elemei közötti információáramlás az anyagáramláshoz kapcsolódó pénzforgalmat vezérli és regisztrálja, így anyagáramlás a dolog természetéből adódóan nem fordulhat elő;
- a VLC koordinálja, hatékonyabbá teszi a kooperáló vállalatok közötti anyagáramlást;
- a VLC fokozza a logisztikai kapacitások kihasználását és összevon olyan logisztikai feladatokat, amelyek a közvetlenül kooperációs kapcsolatban nem lévő vállalatokra is kiterjednek;
- mindezeknél a logisztikai tevékenységeknél az anyagáramlás fizikai lebonyolítását (pl. szállítás, tárolás, rakodás, csomagolás stb.) nem a VLC végzi, hanem azokat a termelő-, szállító-, raktározó-elosztó vállalatok bármelyike teheti;
- a VLC éppen a fizikai folyamat leválasztása következtében nagyobb mértékű globalizációt tesz lehetővé;
- a VE esetében fontos a logisztikai kapcsolatok kiterjesztése a vevőkre (lakosságra), mert így válik lehetővé a pontonkénti (családonkénti) eladás (Point of Sale, POS) és a gyártó és vevő teljes integrációja (Home-Order and Receive-Market, HORM);
- a VLC a diszponálást, az irányítást és a regisztrálást végzi, így ehhez csak az információáramlás működtetése szükséges;
- a VLC helyett valóságos anyagáramlási feladatot is lebonyolító logisztikai szolgáltató központ, esetleg valóságos vagy virtuális alközpontok alakulnak csak ki.

A VE logisztikai tervezési és irányítási modelljei csak a VE egészét érintő problémákra terjednek ki, de illeszkedniük kell a VE egyes elemeinek belső logisztikájához. A globális logisztikai tervezési és irányítási modell fontosabb típusai a következők:

- termelő vállalatok beszállítói rendszerének kialakítása;
- szállítási módok, szállítást végző vállalatok megválasztása termékcsopontonként;
- közvetlen, termelővállalattól vagy raktárból beszállítás meghatározása termékenként, termékcsopontonként;
- rendelések lebonyolítási rendjének kialakítása;
- kiszállítások ütemezése, szállító-rakodó eszközök, egységgrakomány-képző eszközök feladathoz való hozzárendelése;
- eszközök feladathoz való hozzárendelése;
- beszállított áruk készlet szintjének meghatározása;
- gyűjtő- és elosztó raktárak optimális telepítése, készletkapacitások meghatározása;

- kiszállítandó termékek ütemezése, szállító-rakodó eszközök, egységirakomány-képző eszközök megválasztása;
- kiszállítást végző vállalat, kiszállítás célállomás (termelő üzem, gyűjtő-elosztó raktár, közvetlen vevő) megválasztása;
- gyűjtő-elosztó raktárakba történő be- és kiszállítások ütemezése, eszközök és szállító vállalatok megválasztása;
- az anyagáramhoz kapcsolódó információáramlási rendszer létrehozása.

A VE logisztikai rendszerének kialakításakor és működtetésekor fontos döntés, hogy mely logisztikai feladatokat kell megoldani autonóm módon a kooperáló vállalatoknak, és mely feladatok tartoznak a VLC hatáskörébe. Különösen előnyössé válhat VLC alkalmazása bizonyos anyagok, áruk közös beszerzése, megrendelése, közös elosztása, raktározása esetén, valamint bizonyos logisztikai feladatokhoz (szállítás, rakodás, csomagolás stb.) logisztikai kapacitás biztosítása során.

A globális logisztikai rendszer irányítási modelljében meghatározó fontosságú az irányítási stratégiák megfelelő megválasztása, a VE együttműködő elemei közötti információs kapcsolat mélysége, kiterjedtsége, és az információáramlás formája.

Az irányítási stratégiáknak a következő kérdésekre kell választ adni: Milyen elvek érvényesüljenek

- a beszerzéseknél, beszállításoknál a partnerek kiválasztásánál,
- a szállítási, fuvarozási és egyéb logisztikai feladatokat ellátók kiválasztásánál,
- a logisztikai eszközöknek az egyes feladatokhoz való hozzárendelésénél,
- a kiszolgálási sorrendek, útvonalak megválasztásánál,
- a gyűjtő-elosztó raktárak készletszintjének áruszintenkénti meghatározásánál.

A VE logisztikai feladatainak egy része az ismert determinisztikus és sztochasztikus matematikai modellekkel, szimulációs módszerekkel és szakértői rendszerekkel jól modellezhető, bizonyos feladatok esetében viszont olyan új módszerek és technikák, mint fuzzy logika, párhuzamos programozás, genetikus algoritmusok, neurális hálók, stb. vezetnek eredményre. Ezek mellett a gyakorlatban, sok esetben heurisztikus algoritmusokat alkalmaznak. A továbbiakban a VLC feladatai közül a VE beszerzési rendszerének irányításával foglalkozunk.

5.3.2. A VE beszerzési rendszerének irányítása

A VE-k beszállítási rendszere általában egy többlépcsős, több-felhasználós rendszer. A következőkben példaként arra az esetre szorítkozunk, amikor az alapanyagot a beszállítók először közbenső raktárakba szállítják, és innen megy végbe a felhasználók JIT-elv (Just-In-Time) szerinti ellátása.

A VE tagjai és a VLC közötti gazdasági elszámolásnak a következő két változata képzelhető el:

A) A VLC megveszi az alapanyagot a beszállítótól és amikor a felhasználóhoz beszállításra kerül, akkor számlázza le. A VLC a logisztikai szolgáltatásért díjazásban részesül.

B) Az alapanyag nem kerül a VLC tulajdonába, hanem az alapanyag árát a felhasználó fizeti ki a beszállítónak az alapanyag beérkezését követően. A VLC az általa nyújtott szolgáltatásért díjazást kap, figyelembe véve a szolgáltatás minőségét.

Mindkét változat esetén a VLC ösztönözve van arra, hogy a be- és kiszállítást a megfelelő legrövidebb idő alatt, a legkisebb költségfordítással hajtsa végre, a raktárkészletek minél kisebbek legyenek, a tárolási idők minimálisak legyenek, és a logisztikai szolgáltatásokat maximális megbízhatósággal hajtsa végre.

A VLC feladata a beszállítási rendszer optimális irányítása és felügyelete, melynek során a VLC a következő feladatokat látja el:

- a felhasználók igénye alapján meghatározza a rendelési mennyiséget és a rendelési időt alapanyagokként,
- az adott beszállítói struktúra mellett meghatározza, hogy az egyes beszállítók mely raktárakba szállítsanak be,
- ütemezi a raktárakba történő beszállításokat, ütemezi a raktárakból a felhasználókhoz történő beszállításokat.

A következőkben egy matematikai modell kerül bemutatásra, melynek segítségével a fent ismertetett feladatok megoldhatók [11]. A kitűzött feladatok megoldása során adottnak tekintjük a felhasználók igényét, a rendelkezésre álló raktárak kapacitását, felhasználónként és alapanyagokként az optimális beszállítókat, valamint az egyes beszállítók által szállítható mennyiséget (alsó és felső korlát) és a beszállítók képességét kifejező minimális szállítási ütemidőt. A feladat megoldása során alkalmazott célfüggvény egy költségfüggvény, amely a VLC nyereségét adja meg.

Legyen $B_{i,j}$ a VLC bevétele az i . alapanyag és a j . felhasználó esetén, $K_{i,k}$ a VLC kiadása az i . alapanyag és a k . beszállító esetén, így a maximális haszon:

$$H = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p K_{ik} \Rightarrow \max .$$

A VLC bevétele az A) típusú elszámolási rendszer alkalmazása esetén a felhasználóknak eladott alapanyag árából és az elvégzett logisztikai szolgáltatások díjából származik. A VLC kiadása a beszállítóktól megvásárolt alapanyag árának és az elvégzett logisztikai szolgáltatások során felmerülő költségeknek az összege.

Természetesen arra ügyelni kell, hogy csak korlátozott mértékben növelhetők a bevételek, hiszen ha a VLC a szolgáltatásaiért túl nagy összeget kér, akkor a virtuális vállalat számára nem fog előnyt jelenteni a VLC alkalmazása, ami végső soron a VLC feladatainak és ezáltal bevételeinek csökkenésével fog járni.

A VLC kiadásai a beszállítóktól megvásárolt alapanyag vásárlási költségéből, a beszállítók és a felhasználók közötti szállítási költségből és a raktárakban jelentkező tárolási költségből adódnak:

$$K_{ik} = KB_{ik} + KS_{ik} + KT_{ik},$$

ahol

$KB_{i,k}$ - a k . beszállítótól vásárolt i . alapanyag beszerzési költsége,

$KS_{i,k}$ - a k . beszállítótól vásárolt i . alapanyag szállítási költsége,

$KT_{i,k}$ - a k . beszállítótól vásárolt i . alapanyag tárolási költsége a VLC raktárában.

Az egyes alapanyagok beszerzési költségének meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a beszerzési költség a rendelési idő és a rendelési mennyiség függvénye. A beszerzési költség feltételezve, hogy a felhasználó igénye időben állandó, egy T_0 vizsgálati időre a következő képlettel határozható meg:

$$KB_{ik} = \frac{T_0}{t_{ik}} \cdot q_{ik} \cdot \alpha_{ik}(\tau_{ik}; q_{ik}),$$

ahol

$\alpha_{i,k}$ - a fajlagos beszerzési költség a k . beszállítótól vásárolt i . alapanyag esetén, ami a rendelési idő és a rendelési mennyiség függvénye,

$t_{i,k}$ - a k . beszállító az i . alapanyagot ilyen időközönként szállítja be,

$\tau_{i,k}$ - a k . beszállítótól megrendelt i . alapanyag rendelési ideje,

$q_{i,k}$ - a k . beszállítótól megrendelt i . alapanyag rendelési mennyisége.

A beszerzési költség szakaszonként állandó, de a rendelési mennyiséggel és a rendelési idővel változhat. Ez azzal magyarázható, hogy az egyes beszállítók termékeiket olcsóbban adják, ha a felhasználó egyszerre nagyobb mennyiséget rendel meg, ugyanakkor a beszerzési költség megnő, ha a felhasználó rövidebb rendelési időt kíván alkalmazni mint általában.

A szállítási költség két részből tevődik össze, a beszállító és a raktárak közötti szállítási költségből (KS^1) valamint a raktárak és a felhasználók közötti szállítási költségből (KS^2):

$$KS_{ik} = KS_{ik}^1 + KS_{ik}^2.$$

Az egyes viszonylatok közötti szállítási költség meghatározása ugyanazon az elven történik:

$$KS_{ik}^1 = \frac{T_0}{t_{ik}} \cdot \left(\text{ent} \frac{q_{ik}}{M_i} + 1 \right) \cdot (k \cdot s_k + C),$$

ahol

KS_{ik}^I - a szállítási költség a k . beszállítótól vásárolt i . alapanyag esetén a beszállító és a raktár között,

M_i - a szállítójármű kapacitása az i . alapanyagra vonatkozóan,

k - fajlagos szállítási költség, ami függvénye a rendelési időnek,

s_k - a k . beszállító és a számára kijelölt raktár közötti távolság,

C - a szállítás alapköltsége.

A raktár és felhasználó közötti viszonylatban is ugyanezen az elven határozható meg a szállítási költség.

A VLC raktáraiban jelentkező tárolási költség a fajlagos tárolási költség, a tárolt mennyiség és a tárolási idő szorzataként adódik. Meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a tárolt mennyiséget a felhasználó folyamatosan dolgozza fel, azaz a tárolt mennyiség T_{ij} időközönként $Q_{i,j}$ mennyiséggel csökken.

Ha $Q_{i,j}$ a j . felhasználó igénye az i . alapanyagból $T_{i,j}$ időközönként, CT_i az i . alapanyag tárolási költsége a VLC raktárában, b az ütemidők hányadosa ($b = t_{i,j,k} / T_{i,j}$, ahol $t_{i,j,k}$ a k . beszállító által a j . felhasználó részére az i . alapanyagból való beszállítás időperiódusa), továbbá $q_{i,j,k}$ a k . beszállítónak a j . felhasználó részére az i . alapanyagból szállított össz-mennyisége, akkor:

$$KT_{ik} = \sum_j \frac{T_0}{t_{ijk}} \cdot \left[\sum_{n=0}^b (q_{ijk} - n \cdot Q_{ij}) \cdot CT_i \cdot T_{ij} \right].$$

Miután rendelkezésünkre áll a célfüggvény, a következő feladat az optimalizálás során figyelembe veendő feltételek meghatározása. A feladat megoldása során a következő feltételeket kell figyelembe venni:

1. A beszállított mennyiségnek a beszállító által szállítható mennyiségi határon belül kell esni:

$$q_{ik}^{\min} \leq q_{ik} \leq q_{ik}^{\max}.$$

2. A beszállítási ütemidőnek nagyobbak kell lenni, mint a beszállító által biztosított minimális szállítási ütemidő. Ez azt fejezi ki, hogy a beszállító megadhat egy olyan ciklusidőt, amin belül újabb szállítást nem tud végrehajtani.

$$t_{ik}^{\min} \leq t_{ik}.$$

3. A beszállítók által beszállított mennyiségeknek fedezniük kell a felhasználók igényeit:

$$\sum_{k=1}^p q_{ik} = \sum_{j=1}^m Q_{ij} \quad \text{és} \quad \sum_{k=1}^p t_{ik} = \sum_{j=1}^m T_{ij}$$

Az ismerttetett matematikai modell (célfüggvény és feltételi egyenletek, egyenlőtlenségek) segítségével meghatározható a VLC által az egyes beszállítóktól megrendelendő alapanyagok rendelési ideje, rendelési mennyisége, mely adatok segítségével ütemezhetők a raktárakba és a felhasználókhöz történő beszállítások.

A VE beszerzési folyamatainak irányítása során egy fontos kérdés annak az eldöntése, hogy az egyes beszállítóktól beszerzett alapanyagokat, mely raktárakba szállítsuk be átmeneti tárolás érdekében. A beszállítások irányítása során a legcélszerűbb azt az elvet alkalmazni, hogy a beszállítók első sorban mindig a hozzájuk legközelebb eső raktárba szállítsanak be minden általuk előállított terméket és majd innen történik a felhasználók ellátása. Ez azt eredményezi, hogy sok esetben – mivel a beszállítótól általában nem csak egyfajta terméket szereznek be a felhasználók – ugyanazon beszállító termékeit egyszerre szállítja be a VLC az átmeneti raktárba, ezáltal is jelentős költségcsökkentést érve el. Amennyiben a legközelebbi raktár kapacitása kisebb mint a beszállítandó mennyiség, akkor kell csak a terméket egy másik közeli raktárba szállítani. Ebben az esetben azonban meg kell vizsgálni, hogy nem célszerűbb-e a potenciális felhasználóhoz közeli raktárba beszállítani a terméket.

A VLC nyeresége főként a szállítási és tárolási költség csökkenéséből származik, mivel több felhasználó ellátását végzi, így a beszállító-raktár viszonylatban nagyobb mennyiségek mozgatását végzi, ami a szállítási költséget jelentősen csökkenti.

Az ismerttetett módszer segítségével megadható a VE beszerzési folyamatainak irányítási algoritmusa és a VLC által elvégzendő feladatok megoldását segítő optimalizálási eljárás.

5.4 Nemzeti és nemzetközi logisztikai hálózatok információs rendszerei

A vállalati információs rendszernek jelentős szerepe van a belső és a kooperatív ellátási rendszerekben történő anyagkezelési folyamatok hatékony és gazdaságos kialakításában és működtetésében. Az anyagáramlás menedzselésének sajátossága és hálózati kiterjedtsége speciális megoldásokat és eszközöket igényel az informatikától.

Jelen alfejezetben – főként a [9] forrásmunka gondolatmenetét követve – röviden áttekintjük a logisztikai hálózatokban használatos informatikai módszereket. Az egyes megoldásokat terjedelmi okok miatt csak rendszerezési céllal, funkcionális szempontból mutatjuk be.

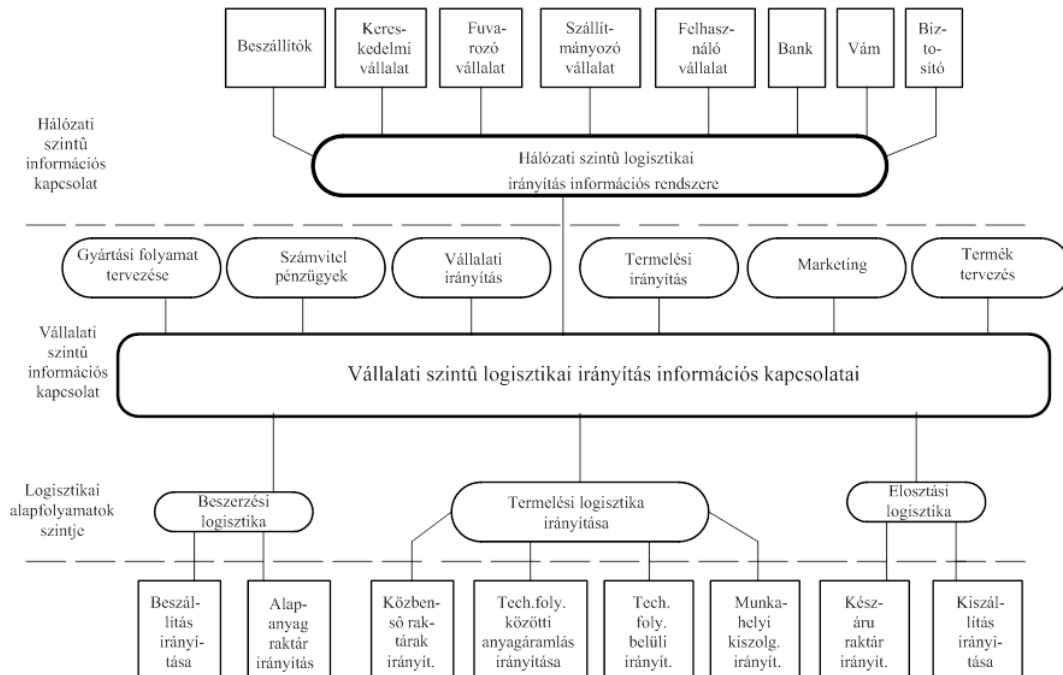
5.4.1. Az információs rendszerek szerepe a logisztikában

A logisztikai rendszerek nagymértékben támaszkodnak az információ-ellátásra és az informatikai eszközök használatára. Az anyagáramlás hatékony és gazdaságos irányítása csak releváns és aktuális információk birtokában valósítható meg. A megfelelő információ-ellátást támogató információs rendszerek szolgáltatásai kiegészítő funkcióként egyaránt szorosan kapcsolódnak a logisztikai hálózatok menedzseléséhez és a folyamatok végrehajtásához. Ezért célszerű az informatikai feladatokat egyrészt döntési szintek szerint (vertikálisan) másrészt a rendszer terjedelme szerint csoportosítani:

1. Döntési szintek szerint:
 - a. tervezési (menedzsment) szint,

- b. végrehajtási (operatív) szint.
2. Terjedelem szerint:
- a. belső ellátási rendszer: beszerzési, termelési és elosztási logisztika,
 - b. kooperatív, több szintű hálózati rendszer.

A továbbiakban a kooperatív logisztikai hálózatok végrehajtási feladataihoz kapcsolódó információs rendszerekre koncentrálunk.



5.4.2. Információs rendszerek a logisztikai hálózatokban

A vállalati hálózatok célja logisztikai szempontból a külső, azaz vállalatközi anyag-, információ-, és értékáramlás megvalósítása (ellátási láncok, hálózatok). Ilyen esetekben jogilag és gazdaságilag önálló vállalatokból felépülő rendszer tervezése és irányítása a feladat. A megoldás alapja a vállalatok közötti információ-megosztás és a koordináció. Kooperatív tervezésről, kereslet prognózisról, készletezési és irányítási politikáról kell gondoskodni.

A logisztikai hálózatok gazdasági szerepének növekedésével együtt erősödött a hálózaton belül áramló anyaghoz kapcsolódó információ megosztásának igénye és az információval szemben támasztott minőségi követelmény. Megnövekedett az információ áramlás intenzitása, nagyobb mennyiségű, részletesebb és pontosabb információra van szükség az anyagi folyamatok irányításához.

A logisztikai hálózatok alapvető sajátossága, hogy az anyagáramlás folyamata globális kiterjedésű. Az adatátviteli és kommunikációs rendszerek feladatát bonyolultabbá teszi a nagy távolság és az az igény, hogy térben mozgó, mobil objektumokról kell információt szerezni és továbbítani.

Ezeknek az igényeknek a kielégítésére alakultak ki az egyre korszerűbb nyomon követési és árukövetési rendszerek, amelyeknek alapját az automatikus adatgyűjtés és azonosítás valamint a helymeghatározás eszközei képezik. Az adatgyűjtés kiterjedhet a különböző termékekre, szállítmányokra, selejtes termékekre, hulladékokra, egységtrakomány-képző eszközökre, szállító-, anyagmozgató eszközökre, tároló- és gyűjtőhelyekre, logisztikai szolgáltató központok be- és kilépési pontjaira és egyéb objektumokra.

Tipikus logisztikai informatikai probléma az objektumok nyomon követése (track and trace). A nyomon követési funkció magában foglalja a földrajzi hely meghatározását, valamint ezen túlmenően a logisztikai objektumok (árúk, szállítóeszközök, személyek) állapotának távoli megfigyelését és követését, valamint a szükséges beavatkozások megtételét. A feladat egyik részproblémája a földrajzi hely meghatározása, amelynek egyik informatikai eszköze a Globális Helymeghatározó Rendszer (Global Positioning System, GPS). A GPS egy fejlett műholdas helymeghatározó rendszer, amellyel 3D-s helyzetmeghatározás, időmérés és sebességmérés végezhető valós időben földön, vízen vagy levegőben. Pontossága jellemzően méteres nagyságrendű, de differenciális mérési módszerekkel akár mm-es pontosságot is el lehet vele érni.

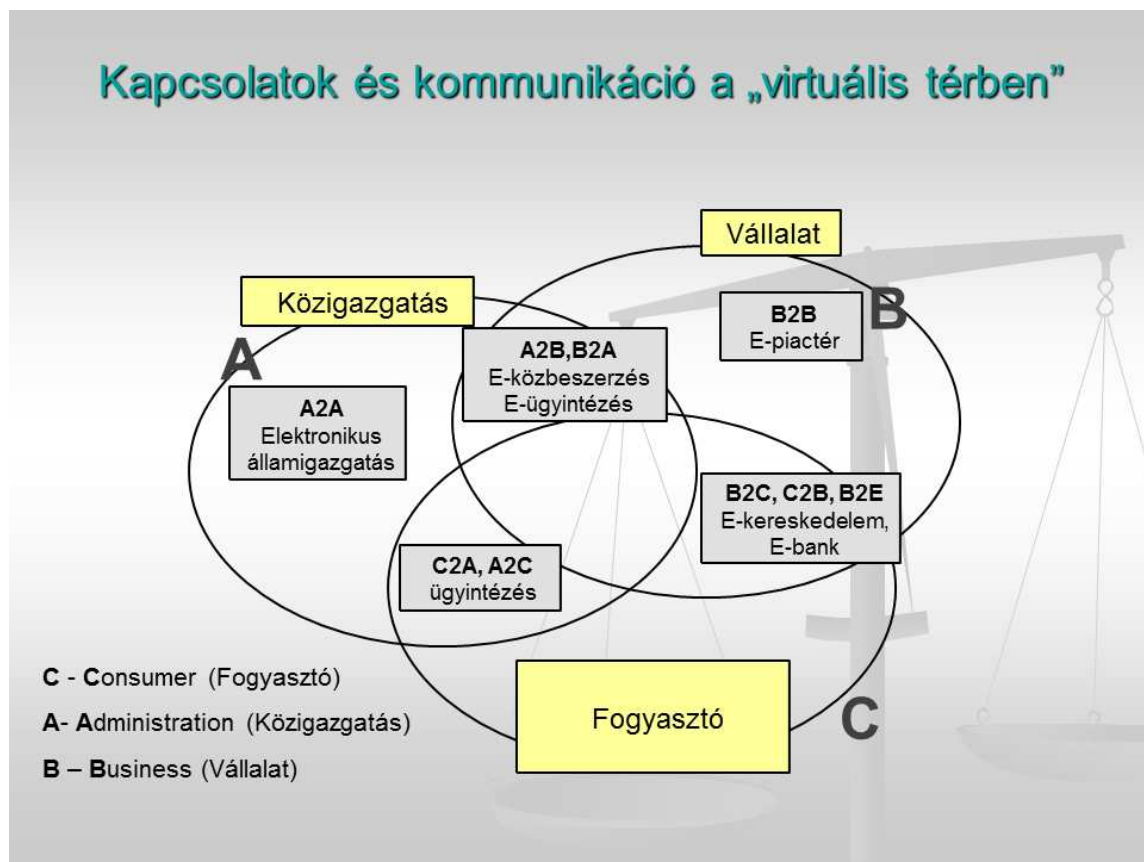
A globális kereskedelemben és logisztikai hálózatokban történő információ megosztásra kínál egyfajta korszerű megoldást az elektronikus termékkód (Electronic Product Code, EPC). Az EPC önmagában csupán egy sajátos azonosítási séma, a gyakorlati használhatósága érdekében szükséges, hogy olyan rendszerbe integrálódjon, amely biztosítja a termékhez vagy bármilyen egyéb objektumhoz kapcsolódó adatok nagy mennyiségben való, biztonságos tárolását, és az adatok jogosultságok alapján történő elérését. A lehetőségek bővíthetők azáltal, hogy az azonosító rögzítésére olyan eszközt (címkét, bélyeget) alkalmaznak, amely olvasása rugalmasan történik. Erre a célra kiválóan alkalmas a rádiófrekvenciás azonosítási technika (Radio Frequency Identification, RFID).

A logisztikai hálózatokban meghatározó fontosságú szerepet játszik a vállalkozói együttműködés informatikai támogatása. Két tipikus logisztikai terület a beszerzési, valamint az elosztási logisztika. A kommunikációs feladatok egy részének megvalósítására kezdetben alkalmas megoldást jelentettek az elektronikus adatszeret biztosító rendszerek (Electronic Data Interchange, EDI). Ezek a rendszerek alapvetően struktúrált adatok szabványos elektronikus cseréjét valósítják meg off-line (tárol és továbbít) módon kettő, vagy több, előzetesen egyeztetett üzenetváltó szabványt (pl: EDIFACT) használó számítógéprendszer között. A megoldás lényege, hogy a vállalati alkalmazási rendszerek közé szabványra épülő átjárót, interfészt biztosít. Az interfészek közötti adattovábbítás biztonságos protokollok segítségével az Interneten keresztül valósul meg. Az EDI használata akkor indokolt, ha nagymennyiségű, kritikus adatok rendszeres áramlását kell biztosítani több résztvevő között. Az EDI használata főként a nagy és viszonylag merevebb, hosszú távú logisztikai hálózatokban terjedt el.

A versenyképesség növelése döntően annak függvénye, hogy a vállalat a vevőkkel és a partnerekkel milyen viszony kialakítására képes. Ennek következtében a fejlesztési irányzatok elvezettek az ellátási lánc menedzselését végző (Supply Chain Management, SCM) rendszerek, valamint az ügyfélkapcsolat menedzselését megvalósító (Customer Relationship Management, CRM) rendszerek megjelenéséhez. Ezek a rendszerek összekapcsolódva az ERP funkciókkal a hálózatok átfogó optimalizálására koncentrálnak.

Az Internetre és a web technológiára épített elektronikus kereskedelem (e-Commerce) új megoldást hozott a logisztika területén is az elektronikus beszerzéssel. A szervezet ellátásának kritikus eleme, a beszerzés számára új lehetőségek nyíltak azáltal, hogy a beszerzési

marketing, a potenciális beszállítók felkutatása és a vásárlási folyamat már nem a hagyományos piacon, hanem a virtuális piacereken zajlik [12].



A korszerű vállalati rendszerek elterjedése nagymértékben függ az informatikai és kommunikációs eszközök, technológiák mindenkori fejlettségi szintjétől és árától. A mai vállalati rendszerek integráltságának mértékén jól tükröződik a fejlődési folyamat. A vállalatok a korábbi fejlesztésű, jól használható részfunkciókat megvalósító alkalmazásokat, nem feltétlenül cserélték le átfogó új megoldásra, és bizonyos hiányzó funkciók lefedésére speciális szoftvereket szereztek be vagy egyedi alkalmazásokat készítettek. Így a jelenleg használatban lévő rendszerek gyakran csak részben integráltak. Ennek hátterében fellelhetők az anyagi okok, a változástól való félelem, a már jól bevált rendszerekbe vetett bizalom stb. Ezekből a tapasztalatokból absztrahált elvárások indították útjára azt a koncepciót, amely a használatban lévő rendszerek és az új fejlesztésű rendszerek integrálhatóságát tűzte ki célul. A szolgáltatás orientált architektúra (Service Oriented Architecture, SOA) koncepciója lehet az egyik ilyen nagy sikerekkel kecsegtető fejlesztési főirány, mivel lehetővé teszi, hogy a vállalatok heterogén üzleti és műszaki alkalmazási környezetben is hatékonyan működhessenek azáltal, hogy az üzleti és egyéb komponensek, objektumok egymással szolgáltatáskéréseken és teljesítéseken keresztül dinamikus kapcsolatban álljanak. A vállalati rendszerek jövőbeli fejlődésére a számítógép-hálózatok, a kommunikációs rendszerek és a szoftvertechnológiák fejlődési irányai várhatóan továbbra is nagy hatással lesznek.

Irodalomjegyzék

- [1] Park K. H., Favrel J.: *Virtual Enterprise - Information System and Networking Solution*, Computers & Industrial Engineering, 37, 1999, pp. 441-444.
- [2] Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H.: *Elements of a base VE infrastructure*, Computers in Industry, 51, 2003, pp. 139–163.
- [3] Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H.: *Infrastructures for Virtual Enterprises—Networking Industrial Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999.
- [4] Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H., Osorio A. L.: *Flexibility and safety in a web-based infrastructure for virtual enterprises*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 14, (1), 2001, Taylor & Francis, UK.
- [5] Zarli A., Poyet P.: *A framework for distributed information management in the virtual enterprise: the VEGA project*, in: Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H. (Eds.): *Infrastructures for Virtual Enterprises—Networking Industrial Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999.
- [6] Angelov S., Grefen P.: *Support for B2B e-contracting—the process perspective*, in: Marik V., Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H. (Eds.), *Knowledge and Technology Integration in Production and Services*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- [7] Burgwinkel D.: *Managing contractual relationships in virtual organizations with electronic contracting*, in: Camarinha-Matos L. M. (Ed.), *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.
- [8] Rabelo R., Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H.: *Multiagent-based agile scheduling*, Journal of Robotics and Autonomous Systems 27 (1–2) (1999), Elsevier, Amsterdam.
- [9] Lőrincz P.: *Ellátási lánc információs rendszerének architektúrája*, MEB 2009 – 7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking, Budapest, Hungary, June 5-6, 2009.
- [10] Cselényi J., Illés B. (szerk.): *Logisztikai rendszerek I.*, Egyetemi tankönyv, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004.
- [11] Bányainé T. Á., Cselényi J., Tóth T.: *Virtuális vállalat*, Egyetemi jegyzet (kézirat), Miskolci Egyetem, 2010.
- [12] Prezenszki J., Szegedi Z.: *Logisztika-menedzsment*, Kossuth Kiadó Zrt., Budapest, 2005.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, JÖVŐBETEKINTÉS (Dudás László)

A jegyzet áttekintést adott az ellátási lánc részét képező logisztika informatikai vetületéről. Kitért az információfeldolgozás logisztikában alkalmazott hardverére, az információnak a logisztikában játszott szerepére, a logisztikai informatika által alkalmazott modellező, szimulációs módszerekre, a vállalati logisztikai informatika aspektusaira, valamint a vállalatközi logisztika informatikájának összetevőire.

6.1. *Trendek*

A logisztikai informatika fejlődésére is jelentős mértékben kiható trendek az ellátási lánc menedzsmentben [1] alapján:

- Az ellátási lánc alakjának megváltozása ellátási hálózattá
- Az igények ugyanolyan fontossá válnak, mint a szolgáltatás
- A logisztikai rendszerek megnövekvő komplexitása mind az integráció, mind a decentralizálás és széttagolás iránt növekvő igényeket támaszt
- Növekszik az ellátási lánc menedzsment informatikai szempontból egységes rendszerként való kezelése
- Új információs technikák alkalmazása: adatbányászat, adattárházak, integráció, döntéstámogatás
- A nagy ellátórendszerek precíz informatikai modellezése iránt nő az igény
- Az ellátási lánc rendszerben megjelenik a stratégiai igények felülről lefelé történő meghatározottsága, ugyanakkor az információtechnológiai fejlesztéseknél az alulról felfelé történő kivitelezés
- A rendelkezésre álló növekvő adatmennyiségből kinyerhető előnyök új eszközöket, megközelítéseket és módszereket igényelnek
- A globális verseny erősödéséből, az ellátási láncok komplexitásának növekedéséből, a növekvő adatmennyiségből a logisztikai informatikai fejlesztések, modellezési képességek, megoldás-szolgáltatási erőforrások és az oktatás és a menedzsment minőségének növelése irányába ható erők ébrednek
- A fókusz áttevődik az adottságok optimalálásáról a lehetőségek kibontakoztatására
- Erősödik a nagyléptékű innováció iránti igény a fokozatos fejlesztéssel szemben
- A nagy szoftverházak új irányokat diktálnak:
 - Baan: Globális ellátási lánc ajánlat a nemzetközi e-biznisz és tervezés számára
 - Oracle: Internet alapú fejlett tervező és ütemező szolgáltatás

- PeopleSoft: Elmozdulás az ERP (Enterprise Resource Planning) felől az ERO (Enterprise Resource Optimization) irányába
- SAP: Fejlett tervezés és optimalás, szállítástervezés és járatütemezés
- Cap Gemini: ILOG teamek felállítása
- KPMG Consulting: 50Mrd dollár befektetés a fejlett tervező és ütemező szolgáltatások területén a felmérések szerint.

A menedzsment tudomány sikeres alkalmazásának összetevői az ellátási lánc menedzsmentben:

- Elméleti vizsgálatok
- Tanulságos példák
- Intuitív koncepciók
- Az üzleti folyamatok megértése
- Alkalmazható eszközök.

Mindezek realizálásában a kutatásnak és az oktatásnak, benne a Logisztikai informatika tanításának is lényegi szerepe lesz.

Irodalom

- [2] Anders Thorstenson: *Demand for Management Science in Supply Chain Management* http://www.hha.dk/~ath/presentations/inaug_lecture.pdf Elérés: 2011. 01. 20.
- [3] Knoll Imre: *Logisztika a 21. században* Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2000.