



Írta:
KOVÁCS ZOLTÁN

LOGISZTIKA ÉS ÜZLETI MODELLEZÉS

Egyetemi tananyag



2011

COPYRIGHT: © 2011–2016, Dr. Kovács Zoltán, Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar Számítógépes Optimalizálás Tanszék

LEKTORÁLTA: Dr. Tick József, Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Kar
Szoftvertechnológia Intézet

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjeleníthető és előadható, de nem módosítható.

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0008 számú, „Tananyagfejlesztés mérnök informatikus, programtervező informatikus és gazdaságinformatikus képzésekhez” című projekt keretében.



ISBN 978-963-279-510-2

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

AZ ELEKTRONIKUS KIADÁST ELŐKÉSZÍTETTE: Hajabács Enikő

KULCSSZAVAK:

logisztika, szállítmányozás, járat tervezés, üzleti folyamatok, matematikai modellek, flottakövetés

ÖSSZEFOGLALÁS:

A logisztika napjainkra önálló tudományterületté nőtte ki magát, rendelkezik saját tématerületekkel és fogalmi rendszerrel, specifikus módszertannal, illetve a hozzá kapcsolódó alkalmazási technikákkal. A logisztikai feladatok oszthatók a kapcsolódó gazdasági tevékenységi területek szerint, pl. beszerzés, anyagmozgatás, csomagolás, raktározás, készletgazdálkodás, termelés, értékesítés, szállítás stb., vagy speciális alkalmazáshoz köthetően, pl. egészségügyi logisztika, katonai logisztika, kórházi logisztika stb. A jegyzet nem vállalkozik a napjainkban logisztikához sorolt összes tématerület áttekintésére: a szállítás, fuvarozás, szállítmányozás, illetve ahhoz szorosan kapcsolódó problémákat dolgozza fel, sajátos szempontból. Nevezetesen az e területeken felmerülő logisztikai kérdések megoldásának folyamatát mutatja be, minden esetben a logisztikai fogalmi modell, matematikai modell, megoldás, alkalmazás és ellenőrzés lépéseket azonosítva.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	5
2	Üzleti folyamatok modellezése.....	6
	2.1 Az UML.....	6
	2.1.1 Az EPC.....	6
	2.2 A BPEL.....	7
	2.3 A BPMN.....	7
	2.4 A BPMN jelölésrendszere.....	8
3	Szállítmányozás mint üzleti folyamat.....	12
	3.1 A folyamat szereplői.....	14
	3.2 Rendelés beérkezése.....	14
	3.3 Rendelés feldolgozása.....	15
	3.4 Szállítás tervezése.....	17
	3.5 Fuvarozás.....	19
	3.6 Számlázás.....	20
4	Szállítmányozás.....	22
	4.1 Áruszállítás.....	22
	4.2 Az áruszállítás jellemzői.....	23
	4.3 Áruszállítási rendszerek.....	26
	4.4 Vasúti áruszállítás.....	27
	4.5 A közúti áruszállítás.....	27
	4.6 A vízi áruszállítás.....	29
	4.7 A légi áruszállítás.....	30
	4.8 A csővezetékes áruszállítás.....	31

4.9	A kombinált áruszállítási rendszerek	32
5	Tervezési módszerek	33
5.1	A közúti áruszállítás típusai	33
5.2	A közúti áruszállítás járatszervezési modelljei	34
5.3	A körjárat szervezési modellek	47
5.4	Egy általános szállítási feladat	54
5.5	Az integrált járat tervező rendszerek felépítése és működése	56
6	Flottakövetés.....	58
6.1	A flottakövetés funkciói	58
6.2	A flottakövető rendszerek felépítése	60
6.3	Alkalmazások.....	61
6.4	GSM és GPRS.....	63
6.5	GPS.....	64
6.6	CAN és CAN-FMS	66
7	Irodalomjegyzék.....	71
8	Ábrajegyzék.....	72

1 Bevezetés

A logisztika napjainkra önálló tudományterületté nőtte ki magát, rendelkezik saját tématerületekkel és fogalmi rendszerrel, specifikus módszertannal illetve a hozzá kapcsolódó alkalmazási technikákkal.

A logisztika feladatok osztályozhatók a kapcsolódó gazdasági tevékenységi területek szerint pl. beszerzés, anyagmozgatás, csomagolás, raktározás, készletgazdálkodás, termelés, értékesítés, szállítás, stb. vagy speciális alkalmazáshoz köthetően pl. egészségügyi logisztika, katonai logisztika, kórházi logisztika stb. A kézirat nem vállalkozik a napjainkban logisztikához sorolt összes tématerület áttekintésére.

A kézirat a szállítás, fuvarozás, szállítmányozás illetve ahhoz szorosan kapcsolódó problémákat dolgozza fel, sajátos szempontból. Nevezetesen az e területeken felmerülő logisztikai kérdések megoldásának folyamatát mutatja be, minden esetben a logisztikai fogalmi modell, matematikai modell, megoldás, alkalmazás és ellenőrzés lépéseket azonosítva.

2 Üzleti folyamatok modellezése

A folyamatok modellezésére számtalan alternatíva létezik a kezdetleges „kézi” módszerektől a fejlett folyamatmodellező szoftverekig bezárólag. Mindegyik módszernek valamilyen szabály-, jelölésrendszer képezi az alapját. A következőkben bemutatunk néhány folyamatok leírására szolgáló szabványt, illetve módszert.

2.1 Az UML

Az Unified Modeling Language (UML), ahogy a neve is utal rá egy egységes modellező nyelv, ennek hozományaként képességei a fejlesztési munka több szintjének támogatására is kiterjednek. Többek között lehetőséget biztosít az objektum orientált programozás során használt osztályok és az osztályok közötti öröklődési hierarchia modellezésére. De emellett egy-egy szoftver funkcionális működésének modellezésére is támogatást nyújt (használati eset diagram). Az UML képességeinek felsorolásába kár lenne belemenni, hiszen számos irodalom foglalkozik vele. Amiért itt mégis meg kell említeni, az a tevékenység diagram (activity graphs), amely szintén részét képezi az UML szabványnak. A tevékenység diagram lényegében egy folyamatábra, amelynek legfontosabb elemei speciális állapotok, amelyek az egyes tevékenységeket jelölik, illetve az elágazások, amelyek döntési pontok beépítését teszi lehetővé a folyamatokba. Érdekes még megemlíteni, hogy az UML jelölésrendszere támogatja a folyamatszakaszok párhuzamosítását is, emellett alkalmazza az úgynevezett swimlane-eket, azaz az „úszósávokat”, amelyek arra hivatottak, hogy a folyamat egyes logikai egységeit elkülöníthessük egymástól például szerepkör szerint.

2.1.1 Az EPC

Az Event-driven Process Chain (EPC), azaz az esemény-vezérelt folyamat lánc az Aris termékcsalád részeként került kifejlesztésre, az 1990-es évek elején. Jelenleg is számos vállalat alkalmazza vállalati folyamatainak menedzselése során. Egy EPC-ben megvalósított folyamatábrát egy olyan irányított gráfként lehet elképzelni, melynek csúcsai az események, illetve funkciók, az élei pedig a közöttük lévő kapcsolatok. A gráf egyes elemei között megkülönböztethetünk kapcsolókat, amelyek logikai operátorok (és, vagy és kizáró vagy), szere-

püket tekintve a folyamat egyes elágazási pontjait hivatottak betölteni. Segítségükkel valósíthatóak meg például feltételes elágazások, illetve a folyamaton belüli párhuzamosítások. Az EPC diagramokon lehetőség van a szervezeti egységek ábrázolására is, így ábrázolható, hogy az egyes szereplők, milyen módon vesznek részt a folyamatban.

2.2 A BPEL

Az egyik jelenleg legismertebb folyamatok leírására szolgáló nyelv [5] a BPEL (Business Process Execution Language), amely az OASIS standardjaként látott napvilágot. A BPEL tehát egy leíró nyelv, amelynek segítségével a futtatható és webszolgáltatásként elérhető folyamati elemek kapcsolódását lehet leírni. A jelölésrendszer alapján egy futtatható, tehát működő programhoz juthatunk. A BPEL-hez nem tartozik standard grafikus jelölési rendszer. Ettől függetlenül találkozhatunk olyan termékekkel, melyek lehetőséget biztosítanak a BPEL-ben kialakított folyamat grafikus ábrázolására, azonban nem szabad elfelejteni, hogy ezek csak bővítmények és nem képezik részét a standardnak. A BPEL másik nagy hátránya, hogy nem képes olyan folyamatokat kezelni, amelyek emberi beavatkozást igényelnek. Természetesen erre is születtek áthidaló megoldások, azonban ezek a megjelenítéshez hasonlóan nem tekinthetők standardnak. Meg kell említeni, hogy 2007-ben BPEL4People néven kiadásra került egy bővített standard, mely már az utóbbi problémát is orvosolja.

2.3 A BPMN

Az eddig bemutatott folyamatleíró eszközök két csoportra bonthatók, az egyik csoport az ábrázolásban erős, míg a másik futtatható folyamatok definiálását teszi lehetővé. Ez problémát jelent, mert így az egyes eszközök használati értéke jelentős csorbát szenved. Léteznek ugyan olyan megoldások, amely segítségével például egy EPC folyamatábrát BPEL-be tudunk konvertálni, az átalakítás történhet automatikusan, de az sem ritka, hogy mindez manuálisan zajlik, de mindez csak félmegoldás. A konvertálásnak az a nagy hátránya, hogy ezáltal az ábrázolt és futtatott folyamat eltér egymástól, egyrészt az alkalmazott jelölésrendszer miatt, másrészt bizonyos esetekben, tartalmi elemekben is. További negatívum, hogy minden egyes folyamati módosításkor át kell vezetni mindkét szinten a változásokat. Bár elsőre jól hangzó alternatíva, azonban nem feltétlenül jó megoldás az, ha a folyamatokat egyből BPEL-ben áb-

rázoljuk. Ennek oka, hogy a nyelv elsősorban technikai oldalról közelíti meg a folyamatot, így az üzlet számára kevésbé értelmezhető folyamatábrákat szolgáltat.

Egy jó alternatívát kínál futtatható üzleti folyamatok modellezésére a Business Process Modelling Notation (BPMN), amely a BPEL megközelítésével szemben nem egy leíró nyelv, hanem üzleti folyamatok ábrázolására szolgáló grafikus jelölésrendszer. A BPMN célja, hogy az üzleti oldalról érkező folyamattervezők, illetve az IT oldali szakértők számára egyaránt érthető módon lehessen folyamatokat ábrázolni. Ez a megközelítés jelentősen egyszerűsítheti az üzleti igénylők, illetve a fejlesztők együttműködését. Ráadásul az így elkészített folyamatok modellek változtatás nélkül használhatók a workflow kialakítása során. A dolgozatomban a folyamatokat BPMN segítségével fogom megtervezni és szemléltetni. A később bemutatott folyamatok jelöléseinek megértése érdekében összefoglalom a BPMN ábrázolásmódjának legfontosabb elemeit, ehhez a Wikipedia ide vonatkozó bejegyzését, illetve az IBM e témában írt előadását használtam fel [6,7].

2.4 A BPMN jelölésrendszere

Az ábrázolás során a legfontosabb elemek a folyamatok elemek, amelyek a folyamat egyes pontjait foglalják magukba. Három alcsoportra oszthatjuk őket:

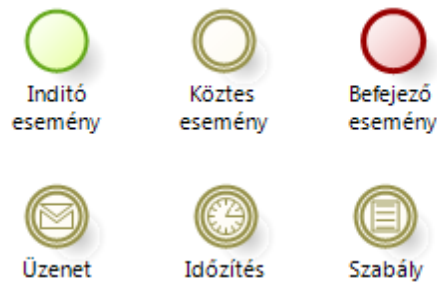
- Tevékenységek (activity) alatt a valamely szereplő által végrehajtott munkát értjük. Lehet egyszerű (feladat), vagy összetett (alfolyamat). Feladról akkor beszélünk, ha a tevékenység tovább már nem bontható, ellenkező esetben alfolyamatról beszélünk. Egy feladat lehet automatikus vagy manuális. A tevékenységeknél megkülönböztetünk általános, tranzakciós, illetve ismétlődő tevékenységeket. Az ide vonatkozó jelölések közül néhány lehetséges változat a 2.1-es ábrán látható.



2.1. ábra: Néhány lehetséges tevékenység típus

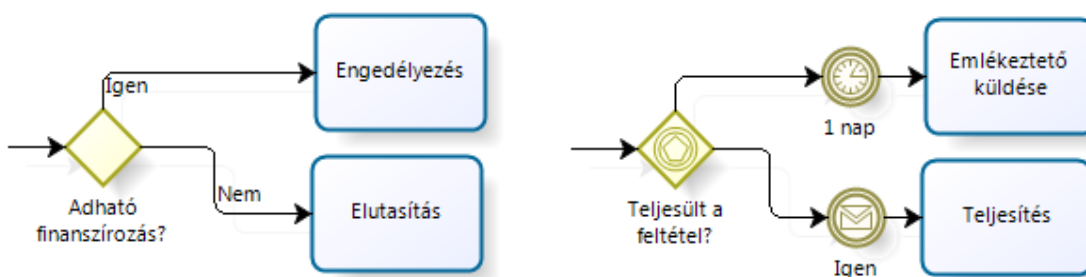
- Esemény (event) alatt azt értjük, ha valami bekövetkezik a folyamat során, és kiha-

tással van a folyamatra. Három típusát különböztetjük meg, induló-, befejező- és köztes esemény. Az induló esemény a folyamat kezdetét, a befejező esemény pedig a folyamat végét jelöli. A köztes esemény a folyamat eleje és vége között van, és hatással van a lefutására. A speciális események (pl.: szabály, időzítés stb.) jelölésére a kör belsejébe rajzolt piktogramok szolgálnak. Az események néhány lehetséges jelölése látható a következő ábrán (2.2. ábra).



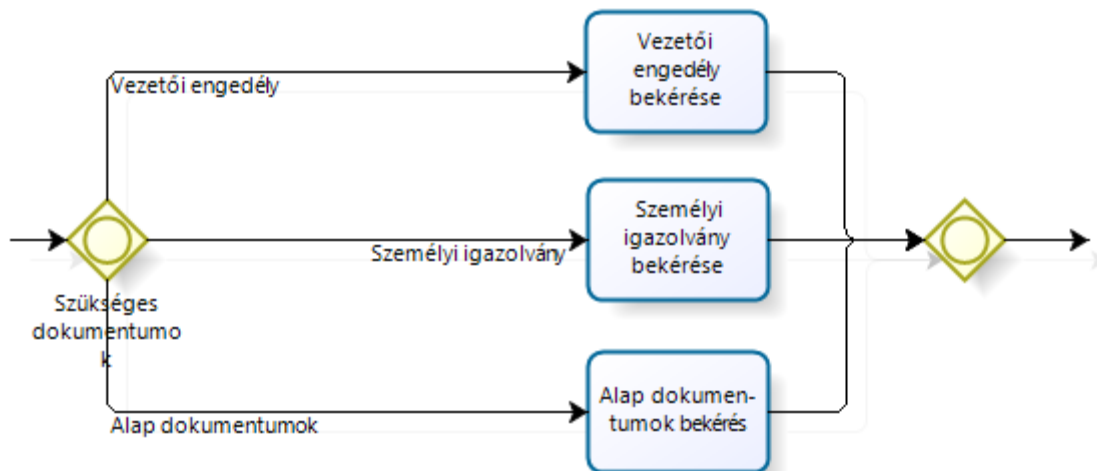
2.2. ábra: Események ábrázolásának lehetséges módjai

- Az átjárók (gateway) nyújtanak lehetőséget arra, hogy különböző feltételek szerinti elágazásokat helyezhessünk el, illetve arra, hogy folyamat egyes ágait egyesítsük. Az alábbi típusait lehet megkülönböztetni:
 - Kizárólagos döntés, amely megfeleltethető a kizárólagos vagy (XOR) logikai műveletnek. A döntés eredménye alapján a folyamat a lehetséges alternatívák közül csak egy irányba haladhat tovább. A feltétel felépülhet a rendelkezésre álló adatok alapján, illetve lehet esemény alapú. Utóbbi esetben azon az ágon halad tovább a folyamat, ahol a kapcsolódó esemény a legkorábban teljesül. Mindkét esetre látható példa a következő ábrán (2.3. ábra).



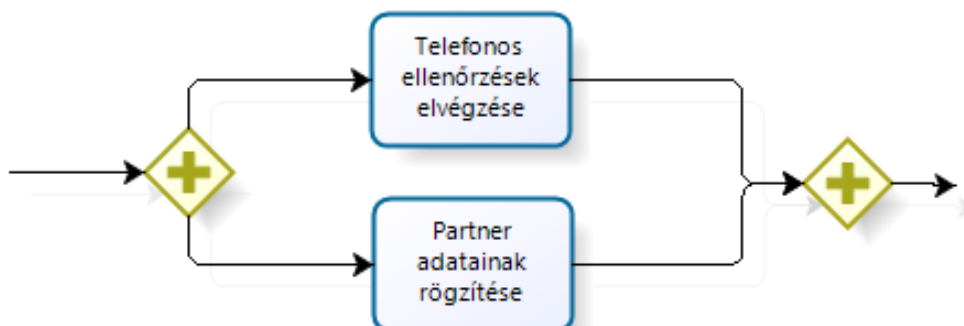
2.3. ábra: Adat alapú (balra) és esemény alapú (jobbra) döntések

- Megengedő döntés, amely megfeleltethető a logikai vagy (OR) műveletnek. Adat alapú, a kiértékelés eredményétől függően a folyamat akár több szálon is folytatódnak. Gyakran követi egy ugyanilyen átjáró, amely a szétágaztatott szálakat egyesíti, oly módon, hogy a folyamat akkor halad tovább, ha valamelyik ág futása elér az adott átjáróhoz. Erre mutat példát a következő ábra (2.4. ábra).



2.4. ábra: Megengedő döntés, több szálon futó folyamat

- Léteznek összetett feltételek, melyek több egyszerűbb feltételből tevődnek össze.
- Lehetőség van arra, hogy a folyamatot több párhuzamosan futó szállra osszuk, illetve, hogy ezeket a szálakat szinkronizáljuk. Ekkor két átjárók kell létrehozni a lenti ábrán látható módon. (2.5 ábra).



2.5. ábra: Párhuzamosítás

Az eddig bemutatott objektumok között szekvenciális kapcsolat lehet, amely arra szolgál, hogy jelölje, hogy az egyes tevékenységek, események, elágazások milyen sorrendben követik egymást a folyamatban. Jelölése egyszerű nyilakkal történik, ahol a nyíl iránya a továbblépés irányát jelenti.

A BPMN lehetőséget biztosít arra, hogy az egyes elemekhez annotációkat fűzzünk, illetve arra, hogy az egyes tevékenységeket csoportosítsuk. Ezek nagyban segíthetik a folyamatábrák megértését. A folyamat jobb megértése érdekében úgynevezett termékeket (artifact) helyezhetünk el az ábrán, melyek a szükséges bemeneti, vagy a folyamat során előálló kimeneti objektumokat szimbolizálják (pl.: nyomtatott számla). Ezen kívül lehetőség van arra, hogy a folyamatokat tagoljuk, például a folyamatban résztvevő szerepkörök szerint több részre osszuk, ehhez használhatunk swimlaneket, azaz „úszósávokat”. A sávok mellett meg kell még említeni a poolokat, ami gyakorlatilag a „medencét” jelöli, és ezen belül foglalnak helyett az egyes sávok. A poolok egy-egy szervezetet, illetve folyamatot reprezentálhatnak, míg a lane-ek általában a szervezeten belüli, a folyamatban részt vevő szereplőket jelöli.

3 Szállítmányozás mint üzleti folyamat

Az eddigiek alapján a szállítmányozás alatt, olyan árumozgatást értünk, mely során egy vagy több küldeményt valamilyen kiinduló pontból, valamilyen célállomásra juttatunk. A küldemény az útja során, egy vagy több állomáson is keresztülhaladhat, érinthet logisztikai központokat, illetve több eszköz is szállíthatja. Útja során utazhat légi, közúti, vízi, illetve egyéb szállítási eszközökön. A szállítmányozási folyamat, mindaz a szervezési tevékenység, amelynek szerepe van abban, hogy biztosítsa az áru megfelelő, és adott körülmények között, adott idő alatt elérhető legoptimálisabb célba jutását. A szállítási folyamatot többek között az alábbi tényezők határozzák meg:

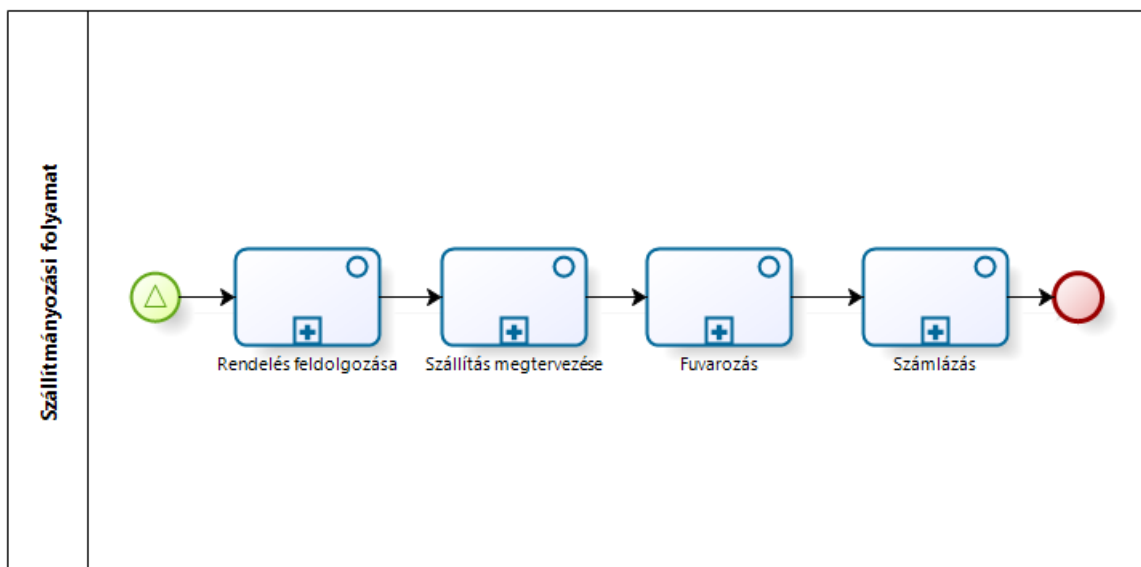
- Szállított áru mérete (szélesség, hosszúság, magasság), illetve tömege
- Csomagolás típusa
- Egyszerre szállítandó áruk mennyisége
- Feladási hely és rendeltetési hely földrajzi elhelyezkedése, valamint a két állomás közötti földrajzi távolság
- Fuvarozással járó költségek pl.: üzemanyag díj, autópálya matrica, bérköltség, bérleti díj stb.
- Rendelkezésre álló szállítási, illetve tárolási kapacitás

A fenti kérdések nagyon sok problémát vetnek fel, melyek elsősorban optimalizálási feladatok. De a szállítmányozási folyamat során egyéb tényezőkre is figyelni kell. Ilyen tényező lehet a rendelések nyilvántartása, átutalások, illetve számlák kezelése stb., melyeket szintén be kell illeszteni a szállítmányozási folyamatba.

A téma láthatóan rendkívül összetett, a dolgozatomban során nem célom, hogy minden kérdésre kiterjedő folyamatot alakítsak ki, ehelyett egy olyan workflow alapjait szeretném lehe-lyezni, amely képes a legalapvetőbb igényeket kielégíteni. Ez a fajta megközelítés a gyakorlatban is hasznos. Ugyanis ahelyett, hogy egyből egy összetett folyamatot készítenénk el, érdemesebb egy egyszerűbbel kezdeni, és több fejlesztési iteráción keresztül eljutni egy esetleges komplex folyamat fázishoz.

A kialakítandó üzleti folyamatban a fentiek alapján az alábbi főbb pontokat kell megvalósítani:

- Megrendelés feladása, fogadása: A megrendelő valamilyen formában (telefonon, online) feladja a megrendelését. Ezzel kezdetét veszi a folyamat.
- Megrendelés feldolgozása: A szállítványozó cég munkatársa ellenőrzi a szállítandó tételeket, illetve szükség esetén az ügyfelet, majd ezt követően elvégzi a szállítás ütemezését.
- Szállítás megtervezése: Valamilyen algoritmus alapján kiválasztásra kerül, hogy mely eszköz vesz részt a szállításban, illetve az, hogy milyen útvonalon kell szállítani a terméket.
- Fuvarozás: A tényleges árumozgatás megvalósítása, mely a küldemény útját kíséri a küldemény felvételétől a szállítólevél aláírásáig.
- Számlázás: A folyamat utolsó eleme a számlák kiállítása, és kiküldése.



3.1. ábra: A szállítási folyamat felülnézeti képe

Az [3.1. ábrán](#) láthatjuk az eddig felvázolt folyamat képét. A folyamat balról jobbra halad, a fent említett lépések sorrendjében. A kialakítandó workflow szempontjából a rendelés feladása nincs folyamatilag támogatva, hiszen a tényleges folyamat a megrendelés beérkezé-

sével kezdődik. A továbbiakban ezeket a fő lépéseket fogom bemutatni. A folyamat felépítése során egy olyan fiktív fuvarozási vállalat működésére fogok támaszkodni, mely belföldi fuvarozással foglalkozik, és saját járműparkjára hagyatkozik, továbbá feltételezzük, hogy minden rendelést régióon belül egy, régióon kívüli szállítás esetén legfeljebb két járművel teljesíteni tud.

3.1 A folyamat szereplői

Ahhoz, hogy a folyamatot megfelelően ki lehessen alakítani, mindenekelőtt definiálni szükséges a folyamatban résztvevő szereplőket, akiket az alábbiak szerint különböztetek meg:

- **Megrendelő:** A fuvarozási szolgáltatást igénylő személy, vagy cég, aki, vagy amely a szolgáltatást megrendeli, és teljesítés esetén fizetési kötelezettséggel bír.
- **Diszpécser/adminisztrátor:** A rendeléseket fogadja, rendszerezi, szükség esetén ellenőrzéseket végez a megrendelő és a környezete vonatkozásában.
- **Fuvarozó:** A fuvarozást végző személy a megfelelő eszközzel
- **Számlák kezelését végző munkatárs**

3.2 Rendelés beérkezése

Ez a szakasz magában foglalja a megrendelések rendszerbe kerülésének módját. A rendelés feladása kétféleképpen történhet:

- **Telefonon keresztül:** ekkor egy diszpécser felveszi a rendeléshez szükséges adatokat, és rögzíti a rendszerben.
- **Online felületen keresztül:** ekkor egy erre kialakított internetes űrlapon keresztül, online érkezik a megrendelés.

A cég szempontjából megkülönböztetjük a partnereket aszerint, hogy korábban rendeltek-e, és ha igen mit, mennyit és milyen gyakorisággal. Ezen kívül figyelembe vesszük az esetleges kintlévőségeiket, illetve a fizetési hajlandóságot. Mindezek alapján azokat az ügyfeleket, akik korábban még nem rendeltek, telefonon keresztül is fel kell hívni, annak érdekében, hogy ellenőrizni lehessen a kontakt helyességét.

Amennyiben korábban még nem rendelt, akkor a megrendelés során az ügyfélnek az alábbi adatokat kell megadnia:

- Teljes név: magánszemély esetén a megrendelő személy neve, cég esetén a cég teljes neve.
- Cím adatok: irányítószám, város, utca és házszám.
- Elérhetőségek: e-mail cím, telefonszám, másodlagos telefonszám (opcionális), fax szám (opcionális).

Ezt követően – vagy amennyiben korábban már rendelt, akkor az ügyfél azonosítását követően – a következő rendeléssel kapcsolatos információkat kell bekérni:

- Feladási hely: ahol a fuvarozónak fel kell vennie az árut. Irányítószám, város, utca és házszám
- Szállítási cím adatok: ahova a fuvarozó leszállítja az árut. Irányítószám, város, utca és házszám
- Számlázási cím adatok: számlán szereplő név, irányítószám, város, utca és házszám
- Szállítandó termékekkel kapcsolatos adatok: méret (szélesség, hosszúság, magasság), tömeg

Miután az ügyfél véglegesíti a rendelést, elindul a tényleges folyamat, a rendszer szempontjából ez az esemény jelenti majd a szállítást, azaz a workflow gyakorlatilag ettől a ponttól kíséri nyomon az ügyletet.

3.3 Rendelés feldolgozása

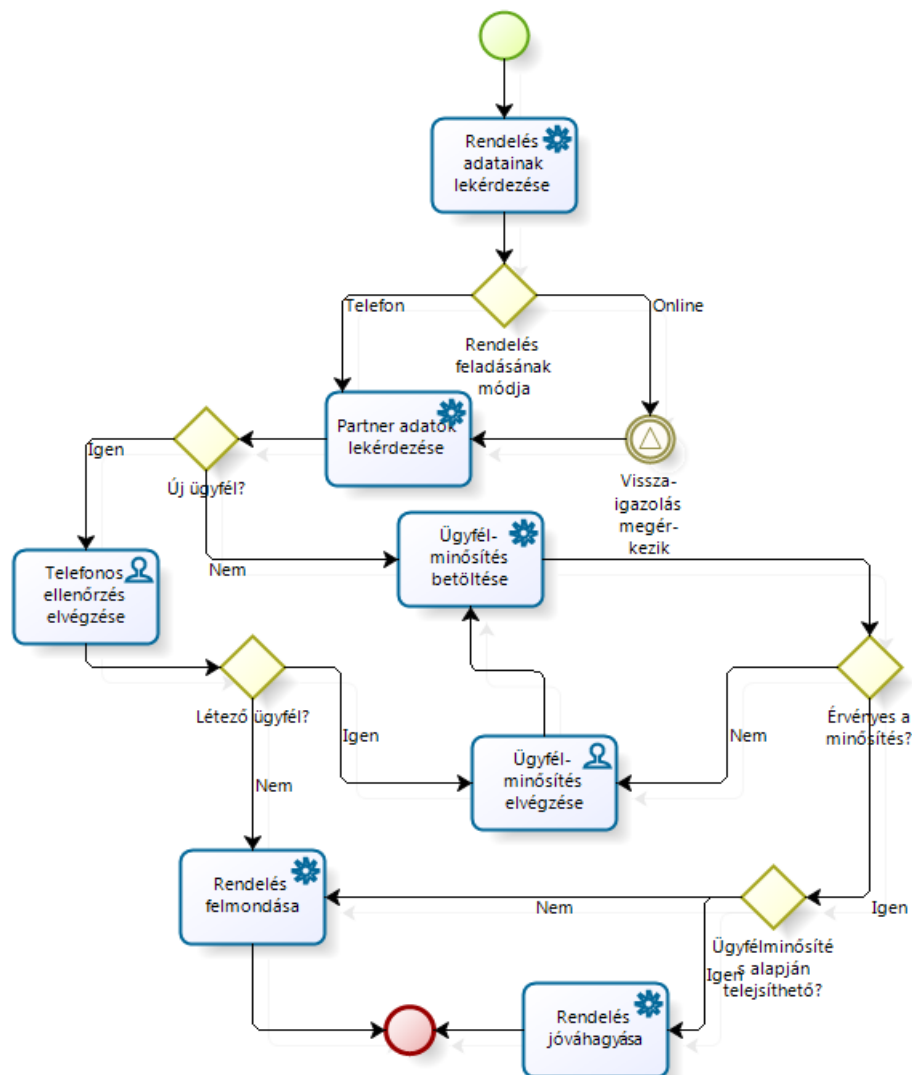
A rendelés beérkezését követően indul a feldolgozási szakasz. Ennek a szakasznak két fontos szerepe van, az egyik az ügyfél ellenőrzése, a másik pedig az ügyfél minősítésének az elvégzése. Az, hogy melyikre mikor van szükség, az alábbi feltételek szerint dől el:

- **Ügyféllenőrzés:** Új ügyfél esetén meg kell vizsgálni, hogy létezik-e, és elérhető-e a megadott kontaktokon. (Online rendelés esetén rendelés visszaigazolással, illetve telefonos ellenőrzéssel ellenőrizhető). Olyan ügyfelek esetén, akikhez már tartozik lezárt rendelés, ennek a lépésnek az elvégzése nem szükséges.
- **Ügyfélminősítés:** Új és meglévő ügyfél esetén, abban az esetben, ha az ügyfélhez adott évben még nem készült minősítés, akkor minősíteni kell. A minősítés során az ügyfelet négy kategóriába sorolhatjuk. (A – kiemelt ügyfél, B – jó ügyfél, C – szigorított ügyfél, D – rossz ügyfél). Az ügyfélminősítésnek nagy szerepe van a folyamat lefutásában, ugyanis a végkimenetele ettől függhet. A minősítés során fi-

gyelembe lehet venni az ügyfél korábbi rendeléseit, kintlévőségeit stb.

Ha az ellenőrzések alapján a szállítás nem teljesíthető, akkor felmondjuk a megrendelést. Erről értesítő levelet küldünk.

A szál indulása után az első végrehajtandó al folyamat a rendelés feldolgozása. Ebben a folyamatban történnek a rendeléssel kapcsolatos ellenőrzések az alábbi ábra szemlélteti a működést.



3.2. ábra: A rendelés feldolgozásának al folyamata

Az ábrán látható, hogy a folyamat első lépése a megrendeléshez kapcsolódó információk lekérdezése. Ezt követően meg kell nézni, hogy milyen csatornán keresztül érkezett a megrendelés. Amennyiben online kaptuk a megrendelést, akkor várnunk kell egy visszaigazo-

ló eseményre. Feltételezzük, hogy a megrendelést követően kiküldésre került egy tájékoztató levél, egy linkkel. A link meghívására egy eseménynek kell generálnia adatbázis oldalon (emailCheck). Ezt az eseményt a fejlesztés, illetve a tesztelés során egy egyszerű insert utasítással kell majd kiváltani.

Amennyiben telefonon keresztül érkezett a megrendelés, akkor az előbbi eseményre nem kell várnunk. Ebben az esetben, illetve online megrendelés esetén a visszaigazolás megérkezését követően egy szolgáltatás hívás segítségével lekérdezzük a partner adatait, és azt, hogy az ügyfél régi partner-e. Amennyiben új ügyfélről van szó – újabb elágazás – akkor szükség van telefonos ellenőrzésre, annak érdekében, hogy az adminisztrátor el tudja végezni az ügyfél minősítését. Amennyiben a telefonos ellenőrzés során nem tudja elérni az ügyfelet, akkor megfelelő visszaigazolás hiányában a rendelést semmisnek tekintjük és a folyamat egy végállapotba kerül. Új ügyfél esetén el kell végezni az ügyfél minősítését. Már meglévő ügyfél esetén egy szolgáltatás híváson keresztül le kell kérni az ügyfélhez tartozó ügyfélminősítést. Itt megint két lehetőség van, előfordulhat, hogy az ügyfélminősítés nem az aktuális évben készült, ekkor szükség van egy ismételt minősítésre. Ez a folyamatszakasz addig ismétlődik, amíg elő nem áll a minősítés. Amennyiben a rendelés az adósminősítés alapján teljesíthető, akkor a folyamat továbbhalad a szállítás megtervezése felé.

3.4 Szállítás tervezése

Abban az esetben, ha az ellenőrzések alapján teljesíthető a rendelés, akkor következő lépésként meg kell tervezni, hogy miképpen fog történni a szállítás, azaz ki kell jelölni, hogy melyik eszköz, mikor, milyen útvonalon fogja teljesíteni a megrendelést. Mivel jelen diplomamunka nem a szállítmányozás során felmerülő optimalizálási problémák megoldására koncentrálnak, ezért a következőképpen fogom kezelni a fuvarozások tervezését:

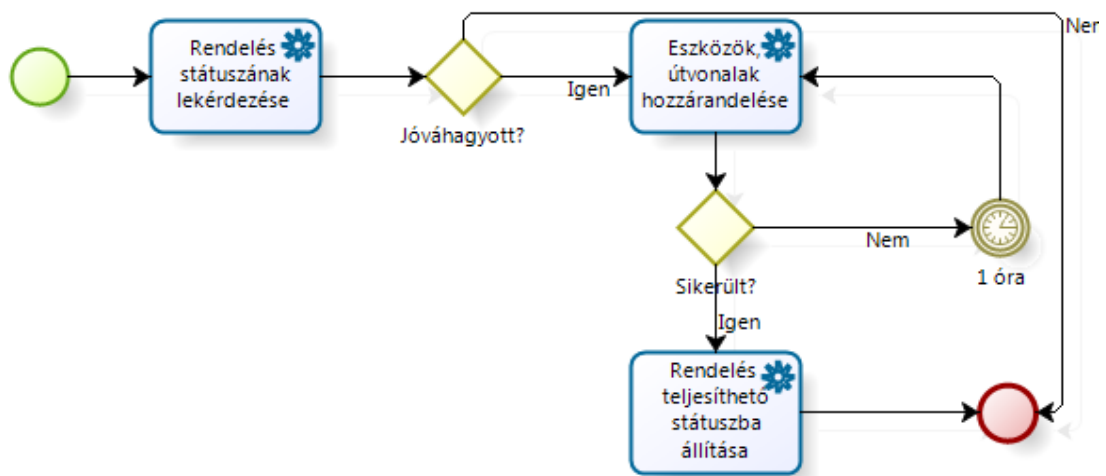
Korábban kikötöttem, hogy a cég csak belföldre szállít, ezért az országot célszerű régiókra bontani. Minden régióhoz hozzá lehet rendelni eszközöket. Ha egy eszköz hozzá van rendelve egy régióhoz, akkor az abban a régióban esedékes árufelvételt, illetve áruszállítást elvégezheti. Amennyiben a feladási hely és a rendeltetési hely egy régióon belül van, akkor a szállítást egy eszköz elvégezheti. Amennyiben a feladási hely és a rendeltetési hely eltérő régióban van, akkor a szállítást két eszközzel kell elvégezni, a logisztikai központ érintésével.

A folyamat szempontjából az alábbi lépésekkel kell számolnunk:

- Szabad eszközök keresése: van-e olyan elérhető, szabad eszköz az adott régióban, amely elegendő szállítási kapacitással rendelkezik a szállítandó áruk fuvarozásához.
- Útvonal kijelölése: Amennyiben régióon belül történik a fuvarozás, akkor egyszerűen a feladási hely és a rendeltetési hely közötti utat kell megtenni, amennyiben régióközi fuvarozás történik, akkor a logisztikai központot is érinteni kell.

Tekintve, hogy egy fuvarozó egy nap nem csak egy rendelést teljesíthet, ezért a rendelések teljesítését minden esetben a következő napra, vagy későbbre kell helyezni, így a fuvarozónak annyi dolga lesz, hogy a nap elején megnézi milyen feladatai vannak és ennek megfelelően ütemezi a napi munkáját. A fuvarozónak, egy feladat elvállalását követően ki kell nyomtatnia a szállítólevelet, amelyet vissza kell majd küldenie a központba, ha a szállítás megtörtént, és az ügyfél aláírta.

Ahogy azt korábban már leírtam a cég csak belföldre szállít, és emellett azt is ki kell kötni, hogy csak saját eszközeivel és csak közúton, egyetlen raktárral dolgozik.



3.3. ábra: Szállítás megtervezésének folyamata

A szállítás megtervezésének folyamata a [3.3. ábrán](#) látható. Az al folyamat a rendelés státuszának lekérdezésével indul és abban az esetben, ha jóváhagyott státuszban van a megrendelés továbbmegy. Egy szolgáltatás-híváson keresztül kiválasztásra kerül, hogy mely eszköz, milyen útvonalon fogja elvégezni a szállítást, ezt követően kiosztásra kerül egy feladat,

ahol a feladathoz hozzárendelt felhasználónak ki kell nyomtatnia a szállítólevelet. De mi történik, ha nem sikerült az eszköz kiválasztása? Ennek az esetnek a kezeléséhez a folyamatba be kell építeni egy időzített eseményt, így egy előre meghatározott idő után a feladatot végző szolgáltatás ismételten meghívásra kerül. A feladat elvégzését követően a rendelés státusza teljesíthető állapotba kerül.

3.5 Fuvarozás

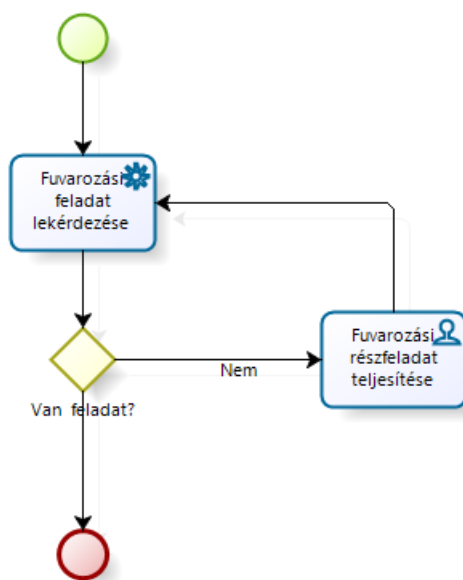
A fuvarozás lépései a következők:

- Áru felvétele a feladási helyen: Ebben a szakaszban a fuvarozó felkeresi a megrendelő által megadott címet, ahol az áru felrakódása megtörténik.
- Ezt követően a folyamat kétféleképpen mehet tovább:
 - Régióon belüli szállítás esetén áru fuvarozása a rendeltetési helyre és szállítólevél aláíratása az átvevővel.
 - Régiók közötti szállítás esetén:
 - Áru fuvarozása a logisztikai központba, ekkor a fuvarozó a feladási helyről elszállítja az árut a logisztikai központ raktárába.
 - Áru felvétele a logisztikai központ raktárából, ekkor a kijelölt fuvarozó felrakodja az árut.
 - Áru fuvarozása a rendeltetési helyre, szállítólevél aláíratása az átvevővel.
- Szállítás teljesítésének jelzése a központ számára.

Felmerül a lehetősége annak, hogy a szállítást nem sikerül teljesíteni, ekkor fel kell venni a kapcsolatot az ügyféllel, illetve szükség esetén biztosítani kell a küldemény visszaszállítását, illetve alternatív rendeltetési helyre szállítását.

A fuvarozási alfolyamat minden esetben egy ellenőrzéssel indul, amely során megvizsgáljuk, hogy az adott megrendeléshez tartozik-e még fuvarozási feladat. Amennyiben igen, akkor kiosztásra kerül egy feladat, amely a feladat elvégzéséért felelős személynél jelenik meg. Egy rendeléshez tetszőleges számú fuvarozási részfeladat csatolható. Ehhez arra van szükség, hogy a fuvarozási feladat elvégzését követően, mindig újra le kell kérdezni hogy van-e még teljesítendő részfeladat. Ezzel gyakorlatilag egy while ciklus valósul meg, amely

mindaddig fut, amíg talál elvégzendő feladatot. Amennyiben a ciklus végére érünk, akkor az alfolyamat végéhez is eljutunk egyúttal. Ezek alapján a fuvarozás megvalósítását a következő ábra szemlélteti.



3.4. ábra: Fuvarozás alfolyamata

3.6 Számlázás

A szállítás teljesítését követően az utolsó lépés amellyel a folyamat szempontjából foglalkozni kell, az a számlázás és a számla kiegyenlítése. A számla akkor kerül kiállításra, amikor a szállítólevél a megrendelő által aláírva visszajut.

A folyamat lépései:

- Szállítólevél fogadása: A szállítólevél megérkezik a fuvarozótól valamilyen csatornán.
- Számla előkészítése, nyomtatása: Az ügyintéző belép a cég saját számlázó programjába és összeállítja – az ügyfél által megadott adatok alapján –, majd kinyomtatja a szállításról szóló számlát.

- Számla kiküldése: A számlát postára adják a megadott számlázási címre.
Természetesen a folyamatot lehetne részletesebben, apróbb lépésekre bontani.

4 Szállítmányozás

4.1 Áruszállítás

A közlekedés személyek és tárgyak helyválttatási, ami rendszerint technikai eszközök és berendezések igénybevételével valósul meg, és elsődlegesen földrajzi távolságok leküzdésére irányul.

Technikai sajátosságok és feladatkör szerint megkülönböztetünk

- vasúti közlekedést,
- közúti közlekedést,
- vízi közlekedést,
- légi közlekedés,
- vezetékes szállítást.

Ezek egyben a közlekedésnek – mint nemzetgazdasági ágazatnak – az alágazatai. A közlekedési alágazatok főbb műszaki alrendszerei: a pályák, az állomások (terminálok), a járművek és az irányítása alrendszer.

Pálya: egyes alágazatok esetében a természet szolgáltatja (vízi és légi közlekedés), másoknál nagy ráfordítással kell megépíteni (vasúti és közúti közlekedés).

Állomások, terminálok: lehetővé teszik, hogy személyek és tárgyak a közlekedési alágazat járműveit igénybe vehessék, illetve azokat elhagyhassák. Ezt a célt szolgálják a vasúti közlekedés állomási, rakodó-pályaudvari, termináli berendezései, a vízi közlekedés kikötői és a légi közlekedés repülőterei.

Jármű: a szállítás tárgyát foglalja magában a helyzetválttatás ideje alatt. Egyes közlekedési alágazatok járműveibe (pl. tehergépkocsik, hajók) a vonóerőt kifejtő gép is be van építve, más esetben külön vontató egység (mozdony, vontatóhajó) fejt ki a vonóerőt.

Irányító alrendszer: a közlekedési alágazatok sajátosságaihoz igazodóan a járművek mozgásának tervezet szerinti megvalósítását segíti elő. Az irányító alrendszernek meghatáro-

zó szerepe van gyorsaság, a megbízhatóság, a pontosság szempontjából. A vasúti közlekedésben különleges szerepe van a biztosító berendezéseknek, melyek a vonatok biztonságos közlekedését segítik elő.

A műszaki alrendszerek együttes jelenléte nem minden esetben feltétele a helyváltatásnak. Például a csővezetékes szállításban nincs jármű, a gyalogos közlekedésben pedig elég a pálya.

Az áruszállítás során anyagok, termékek (általános megfogalmazásban áru) térbeli áthelyezése, feladóhelyről rendeltetési helyre juttatása valósul meg.

A díjazásért mások részére végzett áruszállítást árufuvarozásnak nevezzük. E tevékenységek végző vállalat vagy magánszemély a fuvarozó. Ebben az esetben a feladót és a címzettet fuvaroztatónak, a fuvarozott árut pedig küldeménynek nevezzük. A fuvarozási tevékenységet iparszerűen folytató fuvarozó neve közhasználatú fuvarozó.

A nem közhasználatú áruszállítási tevékenységre általában az a jellemző, hogy saját járművel saját célra végzi a szállítást. Ennek alapesetei:

- A szállítások szorosan kapcsolódnak a technológiai folyamatokhoz;
- A szállított áruk sajátosságai miatt különleges (például cementszállító, hűtő) járművek alkalmazására van szükség;
- Azonos jellegű szállítási feladatok rendszeresen nagy gyakorisággal ismétlődnek;
- A szállítási feladatok megoldásának stratégiai jelentőséget tulajdonít a vállalat.

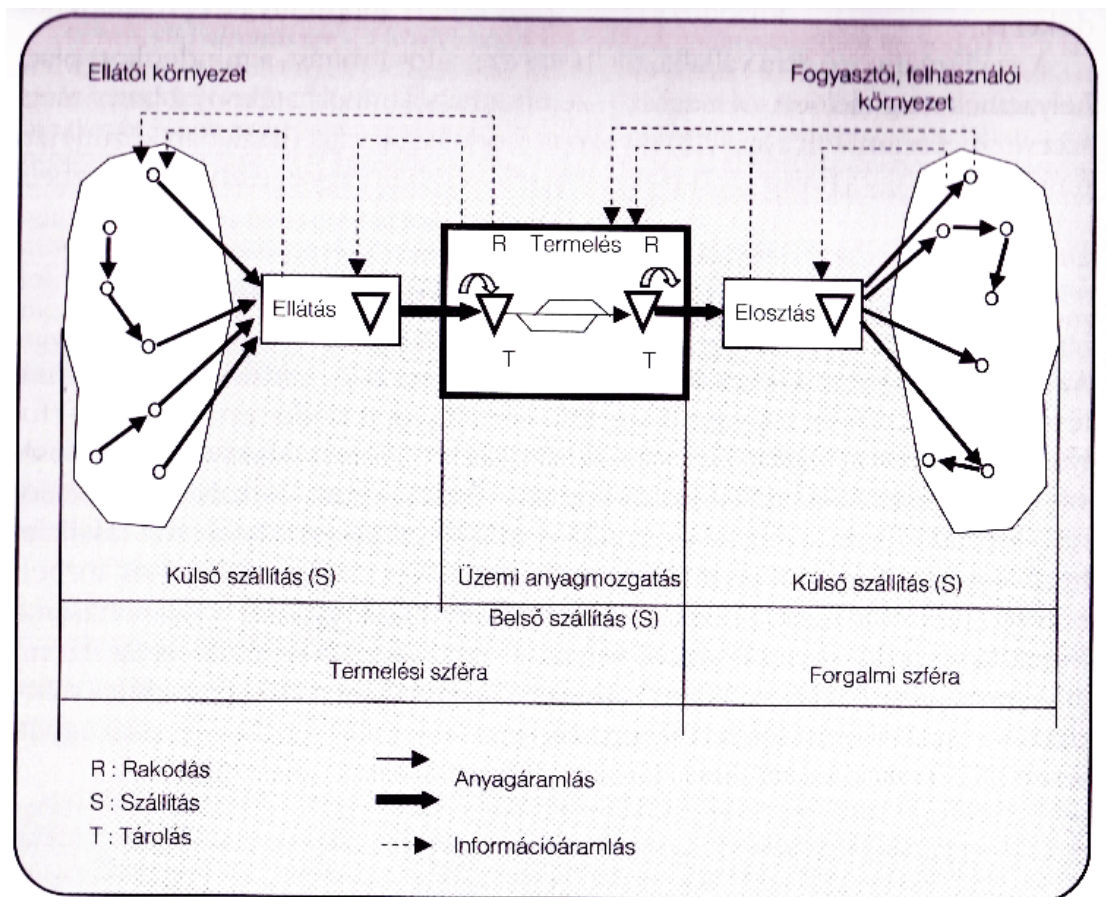
A fuvarozó és fuvaroztató közötti kapcsolatot esetenként a szállítmányozó teremti meg.

A szállítmányozó (szervezet vagy személy) más áruját, általában más közlekedési eszközök igénybevételeivel, megfelelő térítés ellenében a címzetthez fuvarozza, és eközben ellátja az árutovábbítás során felmerülő kiegészítő teendőket is.

4.2 Az áruszállítás jellemzői

A nyersanyag kitermelésétől a késztermék fogyasztójáig, felhasználójáig terjedő (értékteremtő) folyamat alakítását, mozgási és nyugvási (tárolási) részfolyamatokból tevődik össze. Az alakítási fázisban formálódik az anyag késztermékké, míg a mozgatási folyamatok

teszik lehetővé az alapanyagok, a munkadarabok a félkész és késztermékek térbeli helyzetének változtatását. A kapcsolatot a rakodási és a tárolási műveletek (folyamatok) teremtik meg, ezeketek együttesen RST- (rakodási/szállítási/tárolási) folyamatoknak nevezzük.



4.1 ábra: Vázlat az RST-folyamatok szemléltetésére

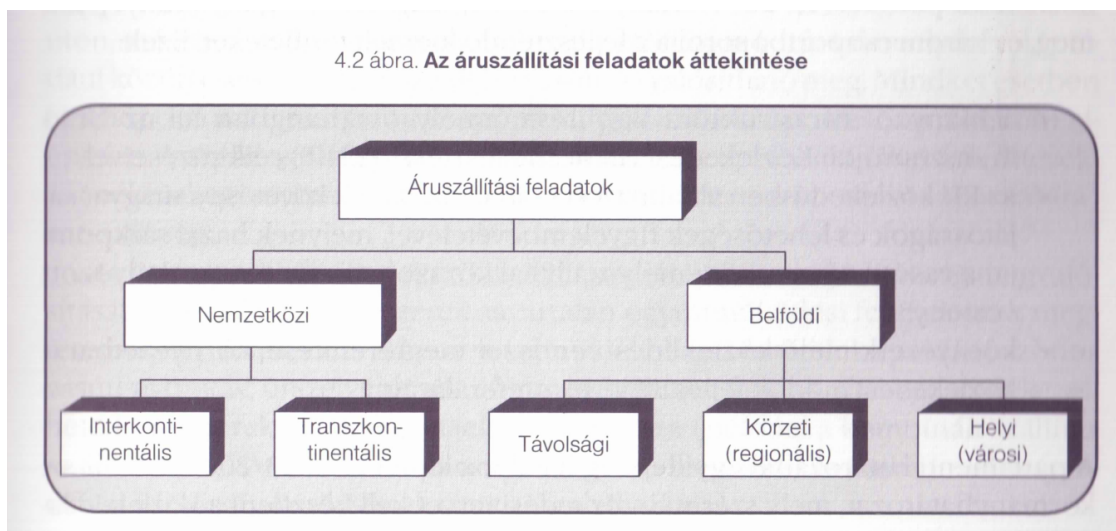
Az áruszállítási rendszerek általános feladata alap-, segéd és üzemanyagok, félkész és késztermékek, valamint a hulladékok helyváltoztatása a kitermelés, a termelés, a termelés, a felhasználás/fogyasztás és a hulladékfeldolgozás helye között.

Az áruszállítási feladatok jellegét befolyásoló tényezők:

- A szállításra kerülő áruk jellemzői (pl. darabáru, ömlesztett áru, veszélyes, romlandó áru)
- Az egyszerre szállítandó árumennyiség nagysága.
- A feladási és a rendeltetési helyek egymáshoz viszonyított földrajzi elhelyezkedése.
- A szállítások rendszeressége, gyakorisága.

- A szállítások időtartamával, időpontjával kapcsolatos elvárások vagy korlátok.

Az áruszállítási feladatok megoldásához gyakran ország, sőt kontinenshatárokat kell átlépni. A feladási és rendeltetési helyet egymáshoz viszonyított földrajzi elhelyezkedése szerint ezért a belföldi és nemzetközi áruszállítási feladatok különböztethetők meg.



4.2. ábra: Az áruszállítási feladatok áttekintése

Az áruszállítási teljesítmény árutonna-kilométerben (átkm) számítható:

Elszállított tömeg (t) x szállítási távolság (km) -> árutonna-kilométer (átkm).

Intermodalitás, interoperabilitás. Az intermodalitás a különböző áruszállítási módok hatékony együttműködése, a felhasználó- és környezetbarát áruszállítási rendszer megvalósítása céljából. Ez egyrészt (szélesebb értelemben) az alágazatok vertikális kooperációjában nyilvánulhat meg (például nagy távolságra szállítás vasúton, majd átrakást követően a fogadó félhez közúton, másrészt az úgynevezett kombinált szállítási módok valamelyikével (pl. közúti csereszekrény szállítási vasúton) valósítható meg. Mindkét esetben csomópontok (áruforgalmi központok, logisztikai központok, terminálok) kiépítésének összehangolt (gyakran országok feletti, szupranacionális) fejlesztésére (pl. egységgrakomány képző eszközök, konténer szabványosítására) van szükség.

Az interoperabilitás az eltérő szállítási módok közötti átjárhatóság megvalósítását, a csatlakozó rendszerek zavartalan együttműködési feltételeinek megteremtését jelenti. Ezek lehetnek a technikai jellegű feltételek (például azonos vasúti nyomtáv, úrszelvény, a különböző szállítási módok által egyaránt kezelhető konténer), szervezési jellegű feltételek (példá-

ul a kombinált szállítás szakszerű szervezése, a menetrendek ésszerű illesztése) és jogi feltételek (pl. a felelősség kérdésének pontos szabályozása).

4.3 Áruszállítási rendszerek

Szállítási láncok

A feladók és a címzettek közötti árutovábbítás megvalósítható:

- Közvetlen (egytagú) szállítási kapcsolattal (egy közlekedési alágazat igénybevételeivel);
- Közvetett (összetett, többtagú) szállítási kapcsolattal (két vagy több közlekedési alágazat igénybevételeivel).

A közvetlen szállítás (egytagú szállítási lánc) esetében egy közlekedési alágazat végzi a szállítást, az áru átrakásának igénye nélkül (pl. feladó és a címzett telephelye közötti vasúti vagy közúti szállítás). Az előbbi esetében a vasúti járművek fogadásához iparvágány szükséges.

A közvetett szállítási (többtagú szállítási lánc) esetében különböző szállító járművekkel különböző szállítópályákon végzik az árutovábbítást, tehát kettő vagy több közlekedési alágazat működik együtt a szállítási feladat megoldásához.

Hagyományos többtagú szállítási lánc esetében közvetlenül az árukat vagy az árukból képzett kisebb (pl. rakodólapos) rakományokat rakják át egyik szállító járműből a másikba.

Kombinált szállítási lánc esetében az árut tartalmazó nagykonténereket vagy magát a szállító járművet (a szállítóeszközt) rakják át egyik szállító járműből a másikra, illetve az egyik közlekedési alágazat szállító járműve gördül fel és le a másik közlekedési alágazat szállító járművéről.

Sok (négy- vagy öt-) tagú szállítási lánc az interkontinentális, nemzetközi szállításokra jellemző (pl. közúti felfuvarozás, vasúti fuvarozás, tengeri hajózás, közúti elfuvarozás).

Logisztikai áruszállítási rendszer abban az esetben valósul meg, ha az adott távolsági áruszállítás közvetlen kapcsolatot létesít az ellátó és a felhasználó vagy a gyártó és fogyasztó között.

A logisztikai áruszállítási rendszerek kielégítik a logisztika 7M-elv szerinti elvárásait.

4.4 Vasúti áruszállítás

A vasúti áruszállítás elsősorban nagy árumennyiségek, tömegárúk, nehézárúk viszonylag nagy távolságra való továbbítási igénye esetén jöhet számításba. A hagyományos forgalomban a vasútra feladott küldemények, főleg kocsirakományú áruként továbbíthatók.

Kocsirakományú áruk azok a küldemények, amelyek továbbításához egy vasúti kocsi teljes rakterét kizárólagos használatra igénybe veszik, illetve amelynek egyedi tömege az 5 tonnát meghaladja.

A vasúti szállítás főbb előnyei:

- Egyszerre nagy árumennyiség továbbítható;
- Független a külső, általános jellegű környezeti hatásoktól;
- A közúti szállításához képest kisebb a szállítás fajlagos energiaigénye és a környezetkárosító hatása;
- Menetrend szerinti közlekedés, előre kalkulálható tarifák.

Hátrányai a kötött pályából adódóan:

- Viszonylag hosszú az áruk eljutási ideje;
- Viszonylag kicsi a hálózatsűrűség, esetleg az áruk átrakására van szükség;
- Viszonylag nagy dinamikus igénybevételek, különösen tolatás közben;
- kevésbé rugalmas alkalmazkodóképesség a fuvaroztatói igények változásaihoz.

4.5 A közúti áruszállítás

A közúti áruszállítás elsősorban kisebb árumennyisége rövid távolságú helyi és körzeti (regionális) szállítására gazdaságos, számos előnye miatt azonban a távolsági forgalomban is

egyre nagyobb szerepet kap. Tekintettel arra, hogy a közúti szállító jármű mozgása nincs (sín)pályához kötve, a közúti árutovábbítás keretében a fuvarozásnak két alapesete ismert: a fuvarozás és a darabáru-fuvarozás. A fuvarozáshoz teljes gépjárművet kér (rendel) a fuvaroztató, míg darabáru-fuvarozás esetében nem gépjárművet rendel (a küldemény kis tömege azt feleslegessé teszi), hanem a megadott tömeg- és mérethatárokon belüli áruját darabárus járatra adja fel.

A közúti áruszállítás szervezésének és irányításának célja az, hogy a fuvaroztatók igénye gyorsan és rugalmasan legyen kielégíthető, a szállító járművek teherbírásának legjobb kihasználása és az üresfutások minimalizálása mellett. A gyűjtő- és terítőjáratok, valamint a JIT-elvű beszállítások szervezése és irányítása ma már operációkutatási módszerekre alapozott programok, számítógépes eljárások segítségével végezhető.

A közúti áruszállítás járművei a tehergépkocsik, a pótkocsik, illetve a félpótkocsik és vontatóik.

A közúti szállítás előnyei:

- A tehergépkocsik a fuvaroztatók telephelyét rendszerint közvetlenül ki tudják szolgálni, nincs átrakási igény, megvalósítható a háztól házig fuvarozás;
- Viszonylag rövid az áruk eljutási ideje;
- Rugalmasan tud alkalmazkodni a fuvaroztatók igényeihez;
- Szinte minden árufajta szállítását lehetővé teszi a szállító járművek széles választéka;
- Rugalmas a szerződéskötés és a tarifakialakítás.

A közúti szállítás hátrányai:

- Nagymértékű függőség a külső környezeti hatásoktól (például időjárás, forgalmi dugók);
- A vasúti szállításhoz képest nagyobb a szállítás fajlagos energia- és munkaerőigénye;
- Jelentős a környezetszennyező és károsító hatása (zajterhelés, kipufogógázok);
- A nemzetközi forgalomban való bekapcsolódások az egyes országok közötti megállapodáson alapuló engedélykontingenshez kötött;
- Útvonal-korlátozások, hétvégi szállítási tilalmak nehezítik a célba jutást.

4.6 A vízi áruszállítás

A vízi áruszállítást elsősorban tömegárúk (alapanyagok, energiahordozók) nagy távolságra való továbbítására célszerű igénybe venni akkor, ha az áruk eljuttatási ideje viszonylag hosszú lehet. A vízi szállítás tipikus áruai: a szén, a brikett, a kokszt, a vasérc, a bauxit, a kő, a kavics. A nagy befogadóképességű hajók és uszályok egyszerre nagy tömeget, nagy távolságra képesek szállítani.

A vízi áruforgalomban a folyami fuvarozásra feladott áruk darabárúként, uszályrakományként vagy részrakományként továbbíthatók.

Darabárúként az 5000 kg-nál kisebb saját tömegű rakományok, részrakományként az 5000 kg-nál nagyobb egyedi tömegű, de az uszály 70%-os kihasználását nem biztosító küldemények, míg uszályrakományként az uszály rakterét illetve hordképességét legalább 70 százalékban kihasználó küldemények továbbíthatók.

A tengeri áruforgalom vonal-, szabad és bérelt hajózással valósítható meg.

A vízi áruszállítás előnyei:

- A többi közlekedési alágazathoz képest a legkisebb a szállítás fajlagos energiaigénye;
- A környezetkárosító hatása minimális;
- A díjszabásai viszonylag rugalmasak.

Hátrányai:

- Hosszú az áruk eljutási ideje;
- A feladó és a címzett közötti közvetlen szállítási kapcsolatok kialakítására nem alkalmas;
- A folyók vízállása befolyásolja a szállítási jellemzőket (például a hajó terhelését), egyáltalán a közlekedést akadályozhatja;
- Jelentős a szállítás közbeni áru-igénybevétel (tengeri áruszállítás esetében kedvezőtlenek a klimatikus hatások is), ezért fokozott figyelmet kell fordítani az igénybevételekre érzékeny áruk tárolására.

4.7 A légi áruszállítás

A légi áruszállítást akkor célszerű igénybe venni, ha viszonylag kis mennyiségű, tömegesre jutóan nagy értékű árukat kell nagy távolságra sürgősen eljuttatni. Ilyen áruk a gyorsan romló termékek (például primőr gyümölcsök, zöldségek, vágott virágot), az élő baromfi, ékszerek, műszerek. Jellegzetes – légi úton szállított – áruk még a gyógyszerek, finommechanikai és a mikroelektronikai termékek, a sürgősen beszerzendő pótalkatrészek, a nyomdai termékek és a postai küldemények is.

A feladó a repülőtér, illetve a repülőtér és a címzett közötti szállítási (fuvarozási) feladat megoldására rendszerint az úgynevezett gyorsszolgálatot nyújtó szervezetek veszik igénybe.

A légi áruszállítás járművei a következő három fő csoportba sorolhatók:

- Személy- és áruszállításra egyaránt alkalmas repülőgépek;
- Áruszállításra átalakított hagyományos személyszállító repülőgépek;
- Áruszállító repülőgépek.

A légi áruszállítás előnyei:

- Nagy szállítási távolságok esetében viszonylag rövid az áruk eljutási ideje;
- A többi közlekedési alágazathoz képest viszonylag kicsit az árukat érő igénybevételek;
- A szállítási határidők jól tervezhetők, betartásukat egyedül a szélsőséges időjárási viszonyok zavarhatják.

Hátrányai:

- Csak az áruk egy jól behatárolható köre esetén vehető számításba;
- Az áruk repülőtérre való fel- és elfuvarozására és emiatt gyakran többszöri átrakásra és átmeneti tárolásra van szükség;
- Környezetvédelmi szempontból kedvezőtlen lehet a zajhatás, különösen akkor, ha a repülőtér lakott terület közelében van.

4.8 A csővezetékes áruszállítás

A csővezeték olyan különleges szállítóeszköz (berendezés), amelynél a pályát és a járművet közös műszaki elem, a cső egyesíti. Rövid szállítási távolságok esetében az áruk mozgatása az enyhe lejtésű csővezetékben a gravitációs energia hatására jön létre, nagy szállítási távolságok esetében helyzet kötött szivattyúkkal, illetve légszállító gépekkel segítik elő a mozgást.

A szállítás – a csővezetékben alkalmazott technológia szerint – lehet közvetlen vagy közvetett. Közvetlen szállítás esetében a csőben csak a továbbítandó anyag (víz, olaj, gőz stb.) mozog. Közvetett szállításkor a csőben áramlásra kényszerített közvetítő közeg (pl. víz vagy levegő) viszi magával az anyagot.

A csővezeték kis távolságú (ügynevezett helyi) és nagy távolságú szállításra egyaránt alkalmas. Helyi jellegűek egyrészt a közművek csővezetékei (pl. vízellátás, városág gázellátás), másrészt a sajátos vállalati szállítási feladatok megoldására alkalmas vezetékek (pl. erőművekben pernye és salak, bányákban homok és meddő). Ebbe a kategóriába tartozik a csőposta is. Nagy távolságra elsősorban ásványolajat, ásványolajtermékeket és földgázt szállítanak csővezetékben.

Előnyök:

- Nagyfokú megbízhatóság;
- Független a külső környezeti, időjárási hatásoktól;
- Kis fajlagos üzemeltetési költség;
- Minimális környezetszennyezés;

Hátrányok:

- A szállítandó áruk köre nagymértékben korlátozott, csak azonos fajtájú (tulajdonságú) áru szállítására alkalmas;
- Viszonylag kicsi a szállítási sebesség;
- Kis alkalmazkodóképesség a szállítási igények változásaihoz;
- A vezetéképítésnek nagy a beruházási költségigénye.

4.9 A kombinált áruszállítási rendszerek

A kombinált vagy szűkebb értelemben vett multimodális szállítási rendszerek esetében két vagy több közlekedési alágazat vesz részt egy adott szállítási feladat megoldásában, de az áru egy bontatlan szállítási egységben jut el a feladótól a címzettig. Ekkor a fuvarozott áruval kapcsolatos felelősség az áru átvételétől a kiszolgálásig terjed (szemben az átrakásos fuvarozási móddal).

A kombinált áruszállítás célja különböző közlekedési alágazatok (szállítási módok) olyan együttműködésének megvalósítása, amely a szállítási láncok kialakításakor az egyes közlekedési alágazatok előnyeinek egyesítését teszi lehetővé a hátrányok egyidejű kiküszöbölésével.

Két fő csoport különböztethető meg:

- A konténeres áruszállítás esetében két vagy több közlekedési alágazat együttműködésével bonyolítják le a feladó és a címzett közötti konténerforgalmat.
- A tágabb értelemben vett huckepack áruszállítás esetében az egyik közlekedési alágazat szállító járművein továbbítják a másik közlekedési alágazat szállító járműveit (a huckepack szó egyébként 'háton hordozást' jelent).

Az üzemeltetési és szervezési feladatok megosztásának általános gyakorlata:

- A vasutak és a hajótársaságok az üzemeltetés infrastruktúráját, tehát a vasúti (kikötői) hálózatot, a mozdonyokat, a hajókat és az üzemeltetéshez szükséges személyzetet biztosítják;
- Az operátorok vontatási teljesítményt vásárolnak a vasúti, illetve a hajózási társaságtól, és megszervezik a fuvarozást;
- A közúti-vasúti kombinált szállításban használatos vasúti kocsik egy részét általában a vasutak, másik részét pedig a kombitársaságok biztosítják;
- A vasúti szállításra alkalmas közúti járműveket a fuvarozók, szállítmányozók üzemeltetik;
- A közúti-vasúti átrakóhelyet (kombiterminálok) a vasutak vagy kombitársaságok üzemeltetik.

5 Tervezési módszerek

5.1 A közúti áruszállítás típusai

A közúti áruszállítás szervezésének és irányításának a legfőbb célja a szállítási igények rugalmas és gyors kielégítése, a szállítójárművek kapacitásának a legjobb kihasználásával, az üres futások és szállítási költségek minimalizálásával. Ez a cél – tekintettel arra, hogy a közúti közlekedési alágazat, közvetlen kapcsolatot létesít a feladó és a fogadó fél között – matematikai, elsősorban operációkutatási módszerek, illetve célirányos szoftverek alkalmazásával valósítható meg.

Fuvarozási szervezési modellek:

- egyszerű járatok szervezése
- ingajáratok szervezése
- komplex járatok szervezése
- körjáratok szervezése

Az egyszerű árat esetébe a jármű rendszerint a telephelyről (garázsból) áll ki a fogadó helyre. Megrakás és szállítás után a fogadó (leadó) helyen kiürítik, majd visszatér a telephelyre, vagy egy újabb eladóhelyre áll át.

Az ingajáratok tömegesen jelentkező fuvarfeladatok esetében célszerű szervezni. Egyszerű ingajárat esetén a telephelyről üresen kiálló járművek a feladóhelyre addig továbbítják az árut, illetve térnek vissza üresen, amíg a feladatot nem teljesítették, vagy amíg a napi munkaidő le nem járt. Az utolsó szállítási feladat végrehajtása után visszatérnek telephelyükre. A bővített ingajárat az előzőtől annyiban tér el, hogy egy fel- és egy leadóhely mellett egy összetett feladatot is ellátó pontot (fel- és leadóhelyet) is érintenek a járművek.

A körjáratok a viszonylag kis tételekben és több helyen ismétlődő fuvarfeladatok lebonyolítására alkalmazhatók. Terítő körjáratok esetén az egy helyen megrakott gépkocsit több egymás utáni helyen fokozatosan ürítik ki (pl. üzletek kiszolgálása elosztó raktárból). A gyűj-

tő körjáratok szervezésekor a több helyen fokozatosan megrakott járművet egy helyen rakják ki (pl. beszállítók által gyártott alkatrészek összegyűjtése elosztó raktárba). A vegyes körjárat a két előbbi ötvözete; az első feladási és az utolsó leadási hely között a jármű rakományát hol kiegészítik, hol pedig csökkentik.

A szállításszervezésben leggyakrabban alkalmazott operációkutatási módszerek a körutazási probléma, a szállítási probléma és az járatszerkesztési probléma. Ezek közül a körutazást modell felépítését és alkalmazását tekintjük át.

5.2 A közúti áruszállítás járatszervezési modelljei

Teljes rakományok elszállítása egy járműtípussal

E feladat lényege, hogy homogén járművekből álló flottát kell vezényelnünk úgy, hogy a szállítmányok mindig egész rakományok, viszont az útvonalat illetve az időablakokat terveznünk kell.

Input:

Adott egy $G=(V, E)$ súlyozott, irányítatlan gráf. A gráf csúcspontjai városok, az élek az összekötő utak. Az élek súlyai a két csúcs közötti távolság, azaz $(i, j) \in E$ súly c_{ij} .

Adott egyféle típusú szállító eszköz, amely bármely – egyetlen – feladott egység-rakomány el tud szállítani, de mást már nem, azaz kettő már nem fér fel. Az i -edik jármű költsége üresen u_i rakottan r_i kilométerenként.

Adottak az elszállítandó rakományok $(A_1, B_1, n_1), \dots, (A_n, B_n, n_n)$ hármassok listájával, ahol (A_i, B_i, n_i) azt jelenti, hogy n_i darab egység-rakományt kell elszállítani A_i helységről B_i helységbe.

Adottak a járművek telephelyei illetve az, hogy az adott telephelyen hány jármű található. Azaz adott $(D_1, n_1), \dots, (D_n, n_n)$ párok listája, ahol (D_i, n_i) azt jelenti, hogy D_i helységben van az i -edik telephely és ott n_i szállító jármű található.

Az A_i feladóhelyhez adott egy $[t_i, t^*_i]$ időintervallum lista, ami megfelel pl a nyitvatartásnak ekkor lehet rakodni. Továbbá a B_i célállomásnál pedig adott egyetlen $[t_i, t^*_i]$

időintervallum, amikor a szállítmánynak meg kell érkeznie. Az időintervallumokat be kell tartani.

Output:

Az optimális szállítványozási tervben résztvevő járművek, pontos útvonaltervvel: indulási hely, idő, az érintett közbülső pontok tervezett elérési idői, visszaérkezés ideje. Az egyes állomásokon lehetséges az egységgrakomány lerakása, illetve az egységgrakomány felrakása esetleg egy egységgrakomány lerakása és egy újabb felvétele. Rakodási idővel nem számolunk. Egyik változat, hogy a szállító járműveknek 24 óránként vissza kell érní a telephelyre, másik, hogy nem.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel (u_i), plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel (r_i).

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Algoritmus terv:

Egyszerű mohó heurisztikus algoritmus, egy kezdeti megoldás meghatározására.

Az algoritmus egyenként tölti fel a járműveket, az eljárás során. M azon rakományok halmaza, amelyek szállítása még nincs betervezve, H a gépjármű aktuális pozíciója, T az aktuális időpont. Az eljárás egyenként tervezi az egyes gépjárművek útvonaltervét. Egy adott jármű esetén a következő eljárással.

Vegyük M azon részhalmazát, amely pontokhoz még a gépjármű az elszállítás kezdetének végidőpontjáig oda tud érní, és a szállítást a lerakodás végidőpontja előtt be tudja fejezni, és vissza tud időben érní a telephelyére. Ha ez a részhalmaz üres a gépjármű tervezését befejeztük, és visszatér a telephelyre. Egyébként ezen pontok közül vegyük azt, amelynek a kezdőpontja a legközelebb van a H ponthoz. Ezt a szállítást hajtsa végre a gépjármű, majd térjünk rá a következő iterációra.

Lokális keresés

Reprezentáció: egy megoldást, ami k gépjárművet használ, k db vektorral reprezentálunk, minden vektor az adott gépjármű által végrehajtott szállításokat tartalmazza a megfelelő sorrendben.

Szomszédság: Az alábbi három szomszédságfogalmat tervezzük vizsgálni:

- Gépváltási szomszédság: Ezen szomszédság mellett egy megoldás szomszédjait úgy kapjuk meg, hogy valamely elemet eltávolítunk az egyik halmazból (egyik szállítmányból) és egy másik halmazba (másik járműhöz) helyezük át a lehető legjobb helyre való beszurással.

- Cserélési szomszédság: Ezen szomszédság mellett egy hozzárendelés szomszédjait úgy kapjuk, hogy kicserélünk két különböző halmazban levő elemet.

- 2-Gépváltási szomszédság: Ezen szomszédság mellett egy megoldás szomszédjait úgy kapjuk meg, hogy egy vagy két munkát eltávolítunk az egyik halmazból és egy másik halmazba vagy halmazokba helyezük át.

Teljes rakományok elszállítása több járműtípussal

E feladat lényege, hogy nem homogén járművekből álló flottát kell vezényelnünk úgy a szállítmányok mindig egész rakományok viszont az útvonalat illetve az időablakokat terveznünk kell.

Input:

J_1, \dots, J_m szállítóeszköz típusok, amelyekhez adott az is, hogy egyszerre hány rakományt képesek szállítani.

$(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)$ csúcs párok, az A_i helyről a B_i helyre el kell szállítani egy rakomány árut (az (A_i, B_i) párok sorozatában az ismétlődéseket megengedjük)

D_1, \dots, D_p a járművek telephelyei, mindenhol rendelkezésre áll elég sok mindegyik fajtából.

Az A_i feladóhelyhez adott egy napi időintervallum I_{A_i} , amelyben lehetséges az elszállítás kezdete.

A B_i felvevőhelyhez adott egy napi időintervallum IB_i , amelyben fogadni tudják a beérkező járművet.

Output:

A szállításban résztvevő járművek, pontos útvonaltervvel: indulási hely, idő, az érintett közbülső pontok tervezett elérési idői, visszaérkezés ideje. Az egyes állomásokon az áru átadása, illetve az újabb rakományok lehetséges átvétele, azoknak mennyisége, célpontjai. Mindegyik (A_i, B_i) szállítás megvalósul.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel, plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel.

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Algoritmus terve:

Megjegyzés: A feladat tulajdonképpen a szakirodalomban ismert kapacitásos gépjármű útvonaltervezés (vehicle routing) időkorlátos és felvétel és kiszállítás (pickup and delivery) modelljeinek hibridje.

Kezdeti megoldás építése:

Lényegében ebben az esetben is egy mohó algoritmust tervezünk. A megoldás során minden iterációban létrehozunk lehetséges járműterveket, és ezek közül választunk egyet, ami a legjobb megoldásnak tűnik. A megoldó algoritmus a következő függvényeket használja:

JARATLIST Ez a részalgoritmus az inputnak megfelelő adatokból lehetséges útvonalterveket generál bizonyos gépjárműveknek. Minden járműre az előző esetben használt Mohó algoritmust használjuk fel.

JARATERT Ez a részalgoritmus az útvonalterveket kiértékeli, hogy az adott szállítandó lista tekintetében mennyire hasznosak, majd kiválasztja a legjobbat. A legjobb elem specifikálása több paramétertől függ, ezeket a tesztek során kell beállítani.

Ezen eljárások alapján a következő keretalgoritmus adja meg a kezdeti megoldást:

Algoritmus Szállítványterv

Input=SZL (szállítandó lista), KL (felhasználható kamionok listája)

Legyen SZ=SZL, K=KL

Amíg SZ nem üres:

LIST=JARATLIST(SZ,K)

X=JARATERT(LIST)

Töröljük az X-hez tartozó kamiont K-ból

Töröljük az X elemeit SZ-ből

Szomszédsági keresés: Az előző modellel azonos módon definiálhatunk szomszédságot.

Többféle rakomány szállítása egy járműtípus használatával

E feladat lényege, hogy homogén járművekből álló flottát kell vezényelnünk úgy a szállítványok nem egész rakományok útvonalat illetve az időablakokat tervezése mellett a rakodást is tervezni kell.

Input:

J szállítóeszköz típus

R_1, \dots, R_r rakomány típusok, R_j –hez adott egy (s_j, v_j) súly, térfogat pár

$(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)$ csúcs párok, az A_i helyről a B_i helyre el kell szállítani bizonyos rakományokat a létező típusokból (az (A_i, B_i) párok sorozatában az ismétlődéseket megengedjük, egy (A_i, B_i) párra a rakományokban az ismétlődést megengedjük).

D_1, \dots, D_p a járművek telephelyei, mindenhol rendelkezésre áll elég sok.

Az A_i feladóhelyhez adott egy napi időintervallum I_{A_i} , amelyben lehetséges az elszállítás kezdete.

A B_i felvevőhelyhez adott egy napi időintervallum IB_i , amelyben fogadni tudják a beérkező járművet.

Output:

A szállításban résztvevő járművek, pontos útvonaltervvel: indulási hely, idő, az érintett közbülső pontok tervezett elérési idői, visszaérkezés ideje. Az egyes állomásokon bizonyos rakományok átadása, illetve az újabb rakományok lehetséges átvétele. Minden időpontban, minden járműre teljesülnie kell, hogy sem a jármű súlykorlátját, sem a befogadóképességét nem lépjük át az összes aktuális rakományára elvégezve az összegzést. Mindegyik (A_i , B_i) szállítás megvalósul.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel, plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel.

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Megoldás alapgondolata: Ez a modell a „Teljes rakományok elszállítása egy járműtípussal” modell súly térfogat korlátokkal történő kiterjesztése. Ez azt jelenti, hogy a kezdeti megoldások konstruálásánál ezeket a korlátokat is figyelembe kell vennünk.

A lokális kereső algoritmus robosztus, az extra feltételek melletti modellre is kiterjeszhető. A reprezentáció ugyanaz, a szomszédságfogalom hasonló (kezelni kell a korlátok megsértése alapján keletkezett nem lehetséges megoldásokat).

Többféle rakomány szállítása többféle járműtípussal

E feladat lényege, hogy nem homogén járművekből álló flottát kell vezényelnünk úgy a szállítmányok nem egész rakományok útvonalat illetve az időablakokat tervezése mellett a rakodást is tervezni kell.

Input:

J_1, \dots, J_m szállítóeszköz típusok (flotta), amelyekhez adott a súly- és térfogatkorlátjuk is.

R_1, \dots, R_r rakomány típusok, R_j -hez adott egy (s_j, v_j) súly, térfogat pár

$(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)$ csúcs párok, az A_i helyről a B_i helyre el kell szállítani bizonyos rakományokat a létező típusokból (az (A_i, B_i) párok sorozatában az ismétlődéseket megengedjük, egy (A_i, B_i) párra a rakományokban az ismétlődést megengedjük).

D_1, \dots, D_p a járművek telephelyei, minden D_i helyhez adott, hogy ott milyen szállítóeszköz típusok vannak, rendelkezésre áll egy típusból elég sok.

Az A_i feladóhelyhez adott egy napi időintervallum I_{A_i} , amelyben lehetséges az elszállítás kezdete.

A B_i felvevőhelyhez adott egy napi időintervallum I_{B_i} , amelyben fogadni tudják a beérkező járművet.

Output:

A szállításban résztvevő járművek, pontos útvonaltervvel: indulási hely, idő, az érintett közbülső pontok tervezett elérési idői, visszaérkezés ideje. Az egyes állomásokon bizonyos rakományok átadása, illetve az újabb rakományok lehetséges átvétele. Minden időpontban, minden járműre teljesülnie kell, hogy sem a jármű súlykorlátját, sem a befogadóképességét nem lépjük át az összes aktuális rakományára elvégezve az összegzést. Mindegyik (A_i, B_i) szállítás megvalósul.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel, plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel.

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Algoritmus terve:

Kezdeti megoldás építése: A kezdeti megoldást a „Teljes rakományok elszállítása több járműtípussal” esethez hasonlóan építhetjük fel. Az alábbi különbségek vannak

- a mohó megoldás építésénél figyelembe kell venni a súly és térfogatkorlátokat is,
- a JÁRATÉRT részalgoritmusban figyelembe kell vennünk a súly és térfogatkorlátokat.

Idő-relaxált pont-pont probléma

Ebben a pontban azt a speciális esetet vizsgáljuk, amikor logisztikai egységek nagy mennyiségét kell A-ból B-be szállítani. Az eredeti problémához képest pontok közötti szállítást vizsgálunk, és feltételezzük, hogy minden egység kezdetben elérhető és az egységeknek a megérkezésére ugyanazon feltételek vonatkoznak, azaz relaxáljuk a kezdési és a megérkezési időkre vonatkozó korlátokat. A feladat a következő matematikai modellel írható le:

Input:

A-ból B-be elszállítandó logisztikai egységek halmaza a következő figyelembe vett attribútumokkal

- Azonosító, a logisztikai egység azonosítására szolgál
- méret, (a,b,c) (a,b az alaplapp oldalai, c a magasság)
- tömeg, amely megadja a logisztikai egység tömegét
- terhelhetőség, amely megadja összességében mennyi tömeg helyezhető el a logisztikai egység felett

A felhasználható szállítóeszközök, a következő figyelembe vett attribútumokkal:

- azonosító
- méret: (a,b,c) (a,b a használható raktér alaplappjának oldalai, c a magasság)
- terhelhetőség: a szállítóeszköz által szállítható teljes tömeget adja meg
- a szállítóeszköz tengelyterhelése
- a szállítóeszköz helyzete, az úthálózat egy pontja
- a szállítóeszköz várható rakodási költsége
- a szállítóeszközre vonatkozó közlekedési szabályok

Output:

- kiválasztott szállítóeszközök egy listája tartalommal és útvonaltervvel:

- a szállítóeszköz azonosítója
- a szállítóeszközbe helyezett logisztikai egységek
 - azonosítói
 - elhelyezkedésük (a téglatest csúcsainak koordinátái)
- élek listája, abban a sorrendben, amelyben a gépjármű végigmegy rajtuk.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel, plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel.

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Megoldó algoritmusok:

Előkészítő Fázis: *A lehetséges szállítóeszközök költségelemzése.*

Ebben a részben a szállítóeszközre vonatkozó pont-pont útvonalelemzés alapján, hogy a szállítóeszköz -a szállítóeszközre vonatkozó szabályok alapján- mekkora költséggel érkezhetsen meg üresen A-ba, majd megrakottan mekkora költséggel mehet el B-be, és ehhez az összeghez hozzáadjuk a rakodási költséget. Az így kapott érték lesz a szállítóeszköz költsége. A legrövidebb utaknál kifejlesztett változatát használhatjuk a Dijkstra algoritmusnak.

Pakolási minták alkalmazása: Amennyiben a logisztikai egységek a méret és súly szerinti tulajdonságok alapján csak kevés típust határoznak meg, akkor ezzel a módszerrel optimális megoldást kaphatunk. Egy típust megad a mérete és a súlya. Jelölje m a típusok számát n_k a k típusú egységek számát. Ekkor egy szállítóeszköz tartalma leírható a pakolási mintájával, ami megadja, hogy hány elemet tartalmaz az egyes típusokból. Tehát a minta egy m -dimenziós vektor p_1, \dots, p_m , ahol a p_j koordináta megadja, hogy hány j típusú elem van a járműben. A minták segítségével felírható a feladat egy egész értékű programozási modellben. Legyen x_p azon járművek száma, amelyeket a p minta alapján rakodunk. Ekkor az $\sum x_p p(k) = n_k$ feltételek azt adják meg, hogy minden típusból pontosan annyit helyezünk el, amennyi van. Tehát a feltételrendszer $\sum x_p p(k) = n_k, k=1, \dots, m$.

A célfüggvényhez minden típusra ki kell számolni a lineáris lépcsős függvényt, amely megadja minden x -re, hogy mekkora a minimális költsége x darab szállítóeszköznek azok közül, amelyek alkalmasak a minta szállítására.

Megjegyzések:

1. A változók száma nagyon nagy lehet. A változósám csökkenthető, ha elhagyjuk a dominált (nem kisebb költség, minden komponensben kisebb vagy egyenlő érték) mintákat, de ebben az esetben, a feltételrendszerben meg kell engednünk, hogy túllépjük a típusból meglévő elemek számát. Másik lehetőség, hogy valamilyen heurisztikus megközelítés alapján a mintáknak csak egy részhalmazát definiáljuk. ebben az esetben csak egy heurisztikus algoritmust kapunk.
2. Az algoritmushoz szükséges részjelzés a minták generálása, ez még kidolgozás alatt áll. Úgy tervezzük a minta generálása mellett megkapjuk azt is miként helyezhető el az adott minta a szállítóeszközben.

Heurisztikus algoritmus: Blokk Építő Algoritmus

Az alapötlet, hogy a tárgyakból blokkokat építünk és így csökkentjük a dimenziót. Egy algoritmuscsaládot definiálunk a paramétereket a tesztelesek során állítjuk be. A 2.2. lépésnél használt $EC(x,y,T)$ függvény arra ad becslést, hogy egy (x,y,T_z) része lefoglalása egy T típusú járműben, mekkora költséggel jár, ez az érték nagyban függ az $xyC(T)/(T_aT_b)$. Amennyiben $C(T)$ nem egy fix érték nem csak a típustól függ bonyolultabb becsléseket kell használnunk.

1. **Csoportosító Rész:** A tárgyakat osztályokba osztjuk az x -koordináták alapján. Legyen $f_0=L < f_1 < f_2 < \dots < f_k = M$ az osztópontok listája (paraméter) legyen C_i azon elemek halmaza, amelyek x -koordinátája f_{i-1} és f_i közé esik.
2. **y -Blokk építés:**
 - 2.1. Minden i -re rendezzük C_i elemeit az y -koordináta szerint.
 - 2.2. Számoljuk ki az aktuális lista maximális y értékével az $EC(f_i,y,T)$ értékeket minden típusra.
 - 2.3. Határozzuk meg minden T -re a leghosszabb prefixét az aktuális listának, amely total magassága nem lépi túl a T_z értéket, jelölje a sorozatot $L(T)$ a magasságot $H(T)$.

- 2.4. Határozzuk meg azt a T -t, amelyre az $EC(f_{i,y}, T)/H(T)$ hányados minimális.
- 2.5. Töröljük $L(T)$ -t az aktuális listából, helyettesítsük ezeket az elemeket egy $(f_{i,y}, T_z)$ blokkal, amelynek a súlya legyen az $L(T)$ -ben szereplő elemek összsúlya és jegyezzük meg, hogy a blokk a T típushoz tartozik. Térjünk vissza a 2.2. lépéshez az aktuális listával.
3. ***x-Blokk építő rész:*** Az y -Blokk építés után $C_i (f_{i,y}, T_z)$ méretű blokkokat tartalmaz, amelyek járműtípushoz vannak rendelve. Minden típusra rendezzük az elemeket az y -koordináták alapján. Rakjuk az elemeket (f_i, T_y, T_z) méretű x -blokkokba az Első-Belefér ládapakolási stratégia alapján. Ez az algoritmus minden elemet a legkorábban nyitott blokkba rak, amelyben elfér. Ha egyik nyitott blokkba se rakható be az elem, akkor új blokkot nyit. Az x -blokkok súlya legyen a beléjük rakott y -blokkok összsúlya.
4. ***A pakolási rész:*** Az x -blokk építési fázis után a blokkok (f_i, T_y, T_z) alakúak és járműtípushoz vannak rendelve. Minden T típusra rendezzük az elemeket az x koordináták szerint. Rakjuk az elemeket a járműbe az Első-Belefér ládapakolási stratégia alapján. Ez az algoritmus minden elemet a legkorábban nyitott járműbe tesz, amelyben elfér (a súlykorlátot sem sértve). Ha egyik nyitott járműbe se rakható be az elem, akkor új járművet nyit.

Megjegyzések: A fenti algoritmus nem kezeli az összes sajátosságot, feltételezzük, hogy az egyes járműtípusok költsége fix, továbbá nem kezeljük a pakolás stabilitását és a logisztikai egységek törekenységét. A következő fázisban tervezzük az algoritmust kiterjesztését ezen tulajdonságok kezelésére is.

Idő relaxált általános szállítási feladat

Ebben a modellben minden logisztikai egységnek van egy kiindulási helye és egy célállomása. A feladat a következőképpen formalizálható.

Input:

Az elszállítandó logisztikai egységek halmaza a következő figyelembe vett attribútumokkal

- azonosító: az egység azonosítására szolgál
 - méret: (a,b,c) (a,b az alaplapp oldalai, c a magasság)
 - tömeg: amely megadja az egység tömegét
 - kiindulási hely: az úthálózat egy pontja
 - célállomás: az úthálózat egy pontja
- A felhasználható szállítóeszközök, a következő figyelembe vett attribútumokkal
- azonosító
 - méret: (a,b,c) (a,b a használható raktér alaplappjának oldalai, c a magasság)
 - terhelhetőség: a szállítóeszköz által szállítható teljes tömeget adja meg
 - a szállítóeszköz helyzete, az úthálózat egy pontja
 - a szállítóeszközre vonatkozó közlekedési szabályok

Output:

- Kiválasztott szállítóeszközök egy listája tartalommal és útvonaltervvel:
- a szállítóeszköz azonosítója
- a szállítóeszközbe helyezett logisztikai egységek
 - azonosítói
 - elhelyezkedésük (a téglatest csúcsainak koordinátái)
- élek listája, abban a sorrendben, amelyben a gépjármű végigmegy rajtuk.

Feltételek:

Az output által megadott megoldásnak teljesíteni kell a következő feltételeket:

- minden logisztikai egység el van helyezve
- a logisztikai egységek elhelyezkedése

- egymással páronként diszjunkt
- a szállítóeszközök pakolása:
 - az egységek nem lógnak ki a raktérből
 - a teljes tömeg nem lépi túl a terhelhetőséget
- A szállítóeszközök útvonaltervében minden élen megengedett a szállítóeszköz közlekedése.
- Minden szállítóeszköz érinti a benne szereplő egységek kiindulási helyét és célállomását.

Az optimalizálási cél a járművek összköltsége. Egy jármű költsége az üresen futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel, plusz a rakottan futott kilométerek szorozva a megfelelő költségtényezővel.

Más költségfüggvény is elképzelhető, amely az algoritmus lényegét nem érinti.

Elérhetőségi idők figyelembevétele

Az előző két modellben nem vettük figyelembe, hogy az egyes logisztikai egységek szállításaira időkorlátok is vonatkozhatnak. Ebben az általános modellben minden logisztikai egységnek van egy rendelkezésre állási ideje, amely időponttól szállítható, továbbá egy érkezési ideje, amely időpontra a logisztikai egységnek meg kellene érkeznie. A célfüggvénybe ebben az esetben be kell építenünk a lehetséges késések költségét is, amelyet a felhasználó az érkezési idő fontosságának meghatározásával adhat majd meg.

Az elérhetőségi idők figyelembevételével definiálhatjuk a szállítmánytervezés on-line változatát. Az egyes döntések pillanatában nem feltétlenül ismerjük az összes szállítandó logisztikai egységet, a szállítási terv megkezdése után új szállítási igények merülhetnek fel, és a tervet ennek megfelelően kell aktualizálnunk. Az így kapott modell az útvonal elemzési részben ismertetett on-line fuvarrendelési probléma egy széleskörű általánosítása (több szállítóeszköz, párhuzamos szállítások, a tárgyak elhelyezése).

Szétosztás begyűjtés

Mind a szétosztási, mind pedig a begyűjtési feladat útvonaltervezésben adott egy kiindulási állomás és egy végállomás, továbbá n darab közbenső állomás, amelyeket érintenünk kell. A helyeket megfeleltetjük a manőver gráf pontjainak. Minden közbenső párra meghatározzuk mindkét irányban a legrövidebb utakat, továbbá a legrövidebb utat a kiindulási állomástól a közbenső pontokhoz, továbbá a közbenső pontokból a legrövidebb utakat a célállomáshoz. Definiáljunk egy C mátrixot, amelyben C_{0j} ($j > 0$) a kiindulási pontból a j -edik közbenső állomásig az úthossz, C_{ij} ($i, j > 0$) az i -edik közbenső állomástól a j -edik közbenső állomásig az úthossz, C_{i0} ($i > 0$) az i -edik közbenső állomástól a végállomásig az úthossz. A begyűjtési és a szétosztási feladat az így kapott aszimmetrikus költségmátrixon az utazó ügynök problémával (TSP) lesz ekvivalens.

5.3 A körjárat szervezési modellek

A körutazási probléma jellemzése (travelling salesman) problémának nevezi. Az elnevezés eredete azokra a kereskedelmi utazókra vezethető vissza, akik vállalatuktól azt a feladatot kapták, hogy meghatározott számú ügyfelet keressenek fel, majd térjenek vissza kiinduló állomásukra. Nyilvánvaló az ügynök törekvése, hogy lehetőség szerint a legrövidebb úton, vagy a legrövidebb idő alatt, esetleg a legkisebb költséggel hajtsa végre a feladatot. Később a szállítási és anyagmozgatási területen (különböző gyűjtő-terítőjáratok szervezése, a postai levélküldemények begyűjtése, a raktári kommissiózási tevékenységek tervezése stb.) is alkalmazták e problémát és megoldását.

Belső szállítások nélküli TSP

Ez lényegében a klasszikus „utazó ügynök” probléma. Számos publikált heurisztika létezik, itt a feladathoz legjobban illeszkedő változat kiválasztása a feladat. Mindenképpen implementálni kell, mert számos helyen részproblémák megoldására használjuk.

Az utazó ügynök feladatban több kört is megengedve a hozzárendelési feladat modelljéhez jutunk. A hozzárendelési feladat a következő:

Adott meghatározott számú dolgozó és ugyanennyi munka. Minden dolgozó különböző költséggel tudja elvégezni az egyes munkákat. A feladat az, hogy osszuk szét az összes munkát úgy, hogy minden dolgozó egy munkát kap és az összköltség minimális legyen.

A TSP feladat tetszőleges \bar{X} lehetséges megoldása egyben lehetséges megoldása a C költségmátrixú $H(C)$ -vel jelölt hozzárendelési feladatnak is. Jelölje a TSP feladat lehetséges megoldásainak halmazát L , a $H(C)$ -ét S . Ebben az esetben $L \subseteq S$, és így

$$\min \{z(X) : X \in S\} \leq \min \{z(X) : X \in L\}.$$

Ebből az egyenlőtlenségből az alábbiak következnek nyilvánvalóan:

- ha \bar{X} optimális megoldása $H(C)$ -nek és \bar{X} körút, akkor \bar{X} egyben optimális megoldása $TSP(C)$ -nek is,
- ha \bar{X} optimális megoldása $H(C)$ -nek, akkor $z(\bar{X})$ egy alsó korlátja a $TSP(C)$ feladat optimumértékének.

Mielőtt rátérnénk a magyar módszer ismertetésére, módosítanunk kell még egy kicsit a $H(C)$ feladatot. A C költségmátrixban a c_{ij} éleknek az értékét állítsuk a már bevezetett W számra, ezzel kiküszöbölve a hurokéleket, melyek nem fordulhatnak elő a TSP feladatban. Így egy speciális hozzárendelési feladathoz jutunk.

A magyar módszer

Az eljárás során egy $C^{(0)}, C^{(1)}, \dots, C^{(k)}$ ($k < n$) mátrixsorozatot állítunk elő, amelyre teljesülnek a következők:

$$(1) C \sim C^{(0)},$$

$$(2) C^{(t)} \sim C^{(t+1)} \quad (t = 0, \dots, k-1),$$

$$(3) C^{(t)} \geq 0 \quad (t = 0, \dots, k),$$

$$(4) C^{(k)} \text{-ban ki van jelölve egy } n \text{ elemű független } 0\text{-rendszer.}$$

Használjuk a következő definíciókat:

Független 0-rendszer: A mátrix 0 elemeinek az a rendszere, amelynek a mátrix minden sor és minden oszlopa pontosan egy elemét tartalmazza. A független 0-rendszer elemeit 0^* -gal jelöljük.

Kötött sor (oszlop): A mátrix adott sora (oszlopa) meg van jelölve.

Szabad elem: A mátrix azon eleme, amely semmilyen jellel sincs ellátva és a sora, és oszlopa sincs lekötve. Ha a vizsgált elem 0, akkor speciálisan szabad 0-ról beszélünk.

Előkészítő rész. A C mátrix i -edik sorának minden eleméből vonjuk ki az i -edik sor elemeinek a minimumát ($i = 1, \dots, n$) az előálló mátrixot jelölje \bar{C} . A \bar{C} mátrix j -edik oszlopának minden eleméből vonjuk ki a j -edik oszlop elemeinek a minimumát ($j = 1, \dots, n$) és a kapott mátrixot jelölje $C^{(0)}$. A $C^{(0)}$ -ban jelöljük ki egy független 0-rendszert oszlopfolytonosan, azaz oszloponként haladva mindig a legkisebb sorindexű 0-t véve a rendszerhez. Ezután r legyen 0 és térjünk rá az iterációs részre.

Iterációs rész (r -iteráció)

1.lépés: Ha a $C^{(r)}$ -ben a kijelölt független 0-rendszer n elemű, akkor vége az eljárásnak. Ellenkező esetben kössük le a $C^{(r)}$ -ben szereplő 0^* -ok oszlopát és folytassuk az eljárást a 2. lépéssel.

2.lépés: Keressünk sorfolytonosan szabad 0-t. Ha nincs, akkor térjünk át az 5. lépésre. Ha találtunk, akkor vizsgáljuk a sorát. Amennyiben ez a sor tartalmaz 0^* -ot, akkor a 3. lépés következik, ellenkező esetben a 4. lépéssel folytatódik az eljárás.

3.lépés: A talált szabad 0-t lássuk el egy „, ,”-vel kössük le a sorát és szabadítsuk fel a sorában lévő 0^* oszlopát. Ezután térjünk vissza a 2. lépésre.

4.lépés: A tekintett szabad 0-t lássuk el „, ,”-vel, és ebből a 0^* -ból indulva képezzünk láncot a következők szerint: minden a láncban szereplő 0^* -t az oszlopában lévő 0^* követ, és minden a láncban szereplő 0^* -t a sorában lévő 0^* , feltéve, ha léteznek ilyen elemek. Ellenkező esetben a láncképzés véget ér. Ezek után legyen $C^{(r+1)}$ a jelölések nélküli aktuális $C^{(r)}$ mátrix és lássuk el „, ,*”-gal a $c_{ij}^{(r+1)}$ 0 elemet, ha az a $C^{(r)}$ -beli láncban nem szerepelt és

„*”-gal volt ellátva, valamint lássuk el „*”-gal a $c_{ij}^{(r+1)}$ 0 elemet, ha az a $C^{(r)}$ -beli láncban szerepelt és „, ”-vel volt ellátva. Növeljük az r értékét 1-gyel, és folytassuk az eljárást a következő iterációs lépéssel.

5.lépés: Képezzük a szabad elemek minimumát. Ezt a minimumot vonjuk ki a szabad elemekből, adjuk hozzá a kétszer kötött elemekhez (soruk és oszlopuk is kötve van). A többi elem változatlan marad. Az átalakított mátrixot tekintve $C^{(r)}$ -nek, folytassuk az eljárást a 2. lépéssel.

Kiterjesztés: A fenti eljárás megoldja a tiltásos hízárrendelési feladatot is, amelyben bizonyos hozzárendelések nem megengedettek. Annyit kell változtatni az eljáráson, hogy egy előkészítő fázisban a tiltott hozzárendelések helyére W értékeket írunk.

A feladatspecifikus függvények definíciója

Az utazó ügynök problémára most felépítünk egy Branch and Bound (B&B) eljárást, amely a $H(C)$ és a $TSP(C)$ feladat kapcsolatát használja fel, miszerint ha a $H(C)$ optimális megoldása nem körút, akkor az optima egy alsó korlátja a $TSP(C)$ feladat optimális megoldásának.

Legyen Ω a $\{0,1\}$ feletti $n \times n$ mátrixok halmaza. Ebből következik, hogy $L \subseteq \Omega$ és $|\Omega| = 2^{n^2}$.

Most a feladatspecifikus függvényeket definiáljuk az Ω halmazon. Legyen $g(\Omega)$ értéke a $H(C)$ hozzárendelési feladat optimumértéke. A $\varphi(\Omega)$ definiálásához meg kell különböztetnünk két esetet:

Ha $H(C)$ optimális megoldása körút, akkor az optimális megoldása a $TSP(C)$ feladatnak is, \bar{z} felveszi az optimumértéket, Ω nem lesz élő levél ($\Omega \notin F_0$) és így nem kell definiálni $\varphi(\Omega)$ -t.

Ha a $H(C)$ feladat optimális megoldása diszjunkt részkörutakból áll, akkor ezek közül venni kell minimális elemszámút. Ez legyen az $(i_1, i_2), \dots, (i_{k-1}, i_k), (i_k, i_1)$ élekből álló részkörút. Képezzük a következő halmazokat:

$$\Omega^{(0)} = \{X : X \in \Omega \text{ és } x_{i_1 i_2} = \dots = x_{i_k i_1} = 1\}$$

$$\Omega^{(1)} = \{X : X \in \Omega \text{ és } x_{i_1 i_2} = 0\}$$

$$\Omega^{(2)} = \{X : X \in \Omega \text{ és } x_{i_2 i_3} = 0 \text{ és } x_{i_1 i_2} = 0\}$$

$$\Omega^{(k)} = \{X : X \in \Omega \text{ és } x_{i_k i_1} = 0 \text{ és } x_{i_1 i_2} = \dots = x_{i_{k-1} i_k} = 1\}.$$

Belátható, hogy ezek a halmazok az eredeti halmaz valódi osztályozásai. Ezek után a $\varphi(\Omega)$ szétválasztási függvényt a következőképp definiáljuk:

$$\varphi(\Omega) = \{\Omega^{(0)}, \Omega^{(1)}, \dots, \Omega^{(k)}\}.$$

A továbbiakban bevezetjük az I, J halmazokat, melyeket arra használunk, hogy bennük tároljuk a rögzített értékű változókat. Például az $\Omega^{(2)} = \Omega_{IJ}$, ahol a halmazok: $I = \{(i_1, i_2)\}$, $J = \{(i_2, i_3)\}$. A rögzített változókat *kötött változóknak*, a többi változót pedig *szabad változóknak* nevezzük. Azokat az osztályokat, melyekről tudjuk, hogy nem tartalmaznak körutat, lássuk el *-gal.

Kiterjesztjük φ -t és g -t.

Amennyiben valamely élő levél *-gal van ellátva, akkor a g ellátja ezt az M korláttal. Ellenkező esetben jelölje a tekintett osztályt Ω_{IJ} . Ekkor a $(H(C), I, J)$ hozzárendelési feladat bármely lehetséges megoldása eleme az Ω_{IJ} -nek, és bármely olyan körút, amelyben az I -ben szereplő változók értéke 1, a J -ben szereplő változók értéke pedig 0, lehetséges megoldása a $(H(C), I, J)$ -nek. Ekkor a $(H(C), I, J)$ feladat \bar{z} optimumértékére

$$\bar{z} \leq \min \{z(X) : X \in L \cap \Omega_{IJ}\}$$

teljesül, amennyiben $L \cap \Omega_{IJ} \neq \emptyset$. Így definiáljuk a $g(\Omega_{IJ})$ -t a következőképp:

$$g(\Omega_{IJ}) = \begin{cases} (H(C), I, J) \text{ optimuma, ha } |\Omega_{IJ}| > 1, \\ z(\bar{X}), & \text{ha } \Omega_{IJ} = \{\bar{X}\} \text{ és } \bar{X} \text{ körút,} \\ M, & \text{különben.} \end{cases}$$

A φ függvény kiterjesztéséhez vegyük a B&B-fa egyik élő Ω_{IJ} levelét. Mivel ez élő levél, a $(H(C), I, J)$ optimuma kisebb mint M , és nincs benne körút. Ha tartalmazott volna körutat, akkor már lezárásra került volna. Vegyünk a diszjunkt részkörutakból egy minimális elemszámút. Jelölje K a választott részkörúthoz tartozó változók indexeinek halmazát. Ekkor K nem üres, $K \cap J = 0$ és $K \not\subset I$. Jelölje $K \setminus I$ a $\{(i_1, j_1), \dots, (i_r, j_r)\}$. Mivel $(K \setminus I) \cap J = 0$ és $(K \setminus I) \cap I = 0$, ezért bármely $x_{i_s j_s}$ ($1 \leq s \leq r$) változó szabad az Ω_{IJ} -re nézve. Ekkor képezzük a következő halmazokat:

$$\Omega_{I_0 J_0} = \{X : X \in \Omega_{IJ} \text{ és } x_{i_1 j_1} = \dots = x_{i_r j_r} = 1\},$$

$$\Omega_{I_1 J_1} = \{X : X \in \Omega_{IJ} \text{ és } x_{i_1 j_1} = 0\},$$

$$\Omega_{I_2 J_2} = \{X : X \in \Omega_{IJ} \text{ és } x_{i_2 j_2} = 0 \text{ és } x_{i_1 j_1} = 0\},$$

$$\Omega_{I_r J_r} = \{X : X \in \Omega_{IJ} \text{ és } x_{i_r j_r} = 0 \text{ és } x_{i_1 j_1} = \dots = x_{i_{r-1} j_{r-1}} = 1\}.$$

A $\varphi(\Omega_{IJ})$ kiterjesztése a következő:

$$\varphi(\Omega_{IJ}) = \{\Omega_{I_0 J_0}, \Omega_{I_1 J_1}, \dots, \Omega_{I_r J_r}\}.$$

Közelítő heurisztikus algoritmusok: Több heurisztikus algoritmust is kidolgozunk, ezek egy része útépítő eljárás lesz, amely lokálisan optimális döntések sorozata alapján meghatároz egy a feltételeket kielégítő utat. Ezen eljárások közül a következő szabályok alapján felépülőket implementáljuk.

Legközelebbi város hozzáadása

Előkészítő rész. Legyen $r=1$, $I_r=\{I\}$, $E_r=(I, I)$. (Az 1 város lesz az induló részkörút.)

Térjünk rá az iterációs eljárásrészre.

Iterációs rész. (r. iteráció) Ha $r=n$, akkor vége az eljárásnak, az E_r -beli élekből álló körút az eljárással szolgáltatott lehetséges megoldás. Ellenkező esetben határozzunk meg egy olyan j eleme I_r , k eleme $N \setminus I_r$ indexpárt, amelyre $c_{jk} = \min \{c_{st} : s \text{ eleme } I_r, t \text{ eleme } N \setminus I_r\}$.

Legyen $I_{r+1} = I_r \cup \{k\}$. Mivel j eleme I_r , ezért pontosan egy olyan j' eleme I_r index van, amelyre

(j, j') eleme E_r ($r=1$ esetén $j=j'$). Ekkor legyen $E_{r+1} = E_r \setminus \{(j, j')\} \cup \{(j, k), (k, j')\}$. Növeljük r értékét 1-gyel, és térjünk rá a következő iterációs lépésre.

Legközelebbi város beillesztése

Előkészítő rész. Legyen $r=1$, $I_r = \{1\}$, $E_r = (1, 1)$. (Az 1 város lesz az induló részkörút.) Térjünk rá az iterációs eljárásrészre.

Iterációs rész. (r. iteráció) Ha $r=n$, akkor vége az eljárásnak, az E_r -beli élekből álló körút az eljárással szolgáltatott lehetséges megoldás. Ellenkező esetben határozzunk meg egy olyan j eleme I_r , k eleme $N \setminus I_r$ indexpárt, amelyre $c_{jk} = \min \{c_{st} : s \text{ eleme } I_r, t \text{ eleme } N \setminus I_r\}$.

Legyen $I_{r+1} = I_r \cup \{k\}$, majd válasszunk egy olyan (u, v) eleme E_r élet, amelyre $\delta_{uv} = c_{uk} + c_{kv} - c_{uv} = \min \{c_{sk} + c_{kt} - c_{st} : (s, t) \text{ eleme } E_r\}$. Legyen $E_{r+1} = E_r \setminus \{(u, v)\} \cup \{(u, k), (k, v)\}$. Növeljük r értékét 1-gyel, és térjünk rá a következő iterációs lépésre.

Legolcsóbb beszúrás

Előkészítő rész. Legyen $r=1$, $I_r = \{1\}$, $E_r = (1, 1)$. (Az 1 város lesz az induló részkörút.) Térjünk rá az iterációs eljárásrészre.

Iterációs rész. (r. iteráció) Ha $r=n$, akkor vége az eljárásnak, az E_r -beli élekből álló körút az eljárással szolgáltatott lehetséges megoldás. Ellenkező esetben határozzuk meg k eleme $N \setminus I_r$ elemre azt az $(u, v)_k$ eleme E_r élet, amelyre $\delta_{uv}(k) = c_{uk} + c_{kv} - c_{uv} = \min \{c_{sk} + c_{kt} - c_{st} : (s, t) \text{ eleme } E_r\}$. Legyen k az az érték, amelynél a fenti minimum minimális. Legyen $I_{r+1} = I_r \cup \{k\}$.

Legyen $E_{r+1} = E_r \setminus \{(u, v)\} \cup \{(u, k), (k, v)\}$ a minimumképzés során meghatározott u, v értékekkel. Növeljük r értékét 1-gyel, és térjünk rá a következő iterációs lépésre.

A másik típusba az útjavító eljárások esnek, amelyek egy már meglevő utat próbálnak javítani, ezeket az eljárásokat szokás ez első csoportba eső eljárások után második fázisként végrehajtani. Ebből az osztályból egy a szomszédsági keresés módszerén alapuló eljárást használunk, lényegében a TSP feladat során használt 2–OPT heurisztikát használjuk. Az eljárás azon az észrevételen alapul, hogy amennyiben adott egy körút, úgy abból törölve két nem szomszédos élet, a körút két diszjunkt útra esik szét. Ezek után létezik két olyan egyértelműen meghatározott él, hogy ezekkel bővítve a két útból álló gráfot, az eredmény egy másik körút lesz. A továbbiakban az X körút szomszédjának nevezünk minden olyan körutat, amely előáll X -ből két él törlésével, és két új él felvételével. Egyszerűen belátható, hogy egy körút szomszédjainak a száma $n(n-3)/2$, ha önmagát nem számítjuk szomszédnak.

2-optimalis eljárás

Előkészítő rész. Határozzuk meg valamilyen eljárással a feladat egy X körútját. Legyen $X_0 = X$, $r=0$, és térjünk rá az iterációs részre.

Iterációs rész (r. iteráció)

1. lépés. Határozzuk meg X_r összes szomszédját. Ha X_r minden X szomszédjára $z(X_r) \leq z(X)$ teljesül, akkor vége az eljárásnak, X_r az eljárással előállított körút. Ellenkező esetben a 2. lépés következik.

2. lépés. Jelöljön X az X_r szomszédjai közül egy olyan körutat, amelyen a z függvény a szomszédokra vonatkozóan minimális értéket vesz fel. Legyen $X_{r+1} = X$, növeljük r értékét eggyel, és térjünk rá a következő iterációs lépésre.

Ebben a rendszerben egy kombinált heurisztikus algoritmust fog tartalmazni, kiszámítjuk mindhárom körútépítő heurisztikát, a kapott megoldásokon végrehajtjuk a 2–OPT körútjavító heurisztikát és kapott megoldások közül a kisebb célfüggvényértékkel rendelkező megoldást adjuk vissza.

5.4 Egy általános szállítási feladat

A szállítási feladat esetén vannak raktárak (M db) kapacitáskorlátokkal (P_i) és felvevőhelyek (N db) igényekkel (R_j). Minden raktár és felvevőhely között adott az egységnyi száll-

lítás költsége (c_{ij}). A feladat az, hogy minél kisebb költséggel elégítsük ki a felvevőhelyek igényeit.

1. Mi a feladat? Minden raktár-felvevőhely párhoz meg kell keresnünk a szállítás mértékét. Tehát ezek lesznek a feladat változói. Azaz x_{ij} változó jelenti az i . raktárból a j . felvevőhelyre szállított áru mennyiségét, ahol $1 \leq i \leq M$, $1 \leq j \leq N$.
2. A korlátozó feltételek ebben az esetben a kapacitáskorlátok és az igények által meghatározott. Vagyis az egy raktárból elszállított összes mennyiség nem haladhatja meg a raktár korlátait, valamint ki kell elégíteni az összes igényt. Ezeket a következőképpen fejezhetjük ki:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq P_i \quad \forall i \in \{1, \dots, M\}$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ij} = R_j \quad \forall j \in \{1, \dots, N\}$$

3. Mivel negatív egység szállítása nem megengedett, ezért hozzá kell venni a modellhez a nemnegativitási feltételeket:

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in \{1, \dots, M\}, \forall j \in \{1, \dots, N\}$$

4. Esetünkben a költség minimalizálása a cél ami a következő kifejezés minimalizálását jelenti:

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

Ezzel a szállítási feladatunkhoz hozzárendeltünk egy lineáris programozási feladatot melynek optimális megoldása adja az eredeti feladat optimális megoldását.

5.5 Az integrált járat tervező rendszerek felépítése és működése

Az integrált járat tervező rendszerek a felhasználói igényekhez igazodóan nyújtják szolgáltatásaikat, amelyek kiterjednek a szállítási megrendelések felvételére és feldolgozására, a járatok optimális kialakítására (legkedvezőbb útvonal, leadási/felvételi sorrend, időterv/menetrendkészítés, bejárasi sorrendkiírás stb.), továbbá a teljesítések nyilvántartására, elszámolására.

A különböző szoftverfejlesztő cégek járat tervező (közúti szállításirányító rendszerei az adatbank, a feldolgozási modulok és eljárások hármasságára épülnek.

Az adatbank általában tartalmazza az érintett ügyfelek adatait, a térképi adatokat (pl. a települések adatai, úthálózat adatai), a korlátozó feltételeket (az ügyfelek által megjelölt áru-fogadási idők, átlagos rakodási idők, az egyes út-szakaszokon elérhető átlagos haladási sebesség stb.), a teljesített feladatok adatait, és rendszerint a felvett fuvarigények is az adatbankba kerülnek.

A feldolgozási modulok közül a fuvarigény feldolgozási modulnak, a térképi információkat kezelő modulnak és a járat tervező (menetrendkészítő) modulnak van kiemelkedő szerepe.

A fuvarigény-feldolgozási modul többek között a járatok tervezését végző további modulok számára településenként rendezzi az igényeket, kimenetén a településenként fogadóhelyenkénti aktuális fuvarigények jelennek meg.

A térképi információkat kezelő modul feladata a kiszolgálandó földrajzi körzet térképi viszonyainak olyan modellezése, amelynek segítségével a települések között mozgások a minimális befutott távolság célfüggvényével állíthatók elő (topológiai modell). Bemenő adatai: a települések földrajzi adatai, az úthálózat adatai, a felkeresendő ügyfelek címe.

A járat tervező modul a fuvarigény, a térképi adatok és a korlátozó feltételek figyelembevételével minimális futású, legjobb kapacitáskihasználással közlekedő járatokat állít össze.

Kimenetként a járatok menetrend listája (vagy grafikonja), az összes járatra vonatkozó összegző listák, vezetői információk jelennek meg.

Az integrált járattervező rendszerek szolgáltatásai szöveges és grafikus formában jelennek meg; a gépkocsivezetők, az irányítók, valamint a felsővezetők munkájához egyaránt segítséget nyújtanak.

A gépkocsivezetők munkáját segítik:

- az útvonal-optimalizálás és a járattervezés által szolgáltatott menetrendek,
- az útvonal-optimalizálás és a járattervezés grafikus megjelenítése.

Az irányítók munkáját segítik:

- a települések és az úthálózat törzsadat listái és azok grafikus megjelenítései,
- a települések felkeresési sorrendjét tartalmazó listák.

A vezetői adatszolgáltatást többek között a járatok összesítőlistái, valamint az igény kielégítés listái támogatják.

A szolgáltatások skálája és színvonala az alkalmazott eljárások és feldolgozási modulok "erősségétől" függ.

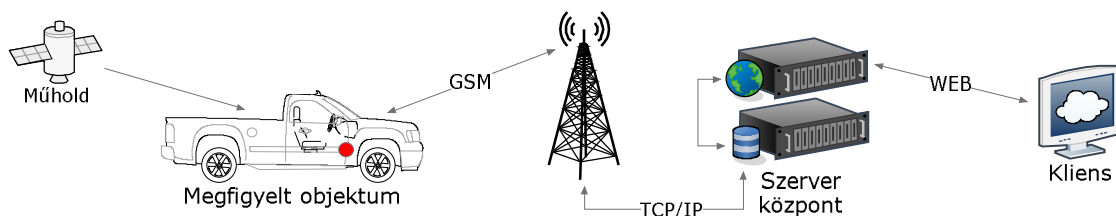
Az integrált járattervező rendszerek legfontosabb alkalmazási területei:

- a logisztikai ellátó-elosztó központokhoz kapcsolódó közúti áruszállítás feladatok szervezése;
- áruforgalmi központok, konténerterminálok közúti el- és felfuvarozás feladatainak szervezése;
- városi üzletek, áruházak, gyógyszertárak áruellátásának szervezése (city logisztikai feladatok).

Az összetett, sokcélú járattervező rendszerek az operatív feladatok megoldás (keret járatok összeállítása, napi ad hoc és menetrend szerinti járatok szervezése) mellett stratégiai célkitűzések (mint pl. járműpark-optimalizálás, új fuvarozási területek elemzése) megvalósítását, az ún. flottamenedzselést is támogatják

6 Flottakövetés

A követőrendszerek lényege tömören összefoglalva: mozgó objektumok állapotának távmenedzselése. A flottakövetés ennek az a speciális esete, amikor járművekből, munkagépekből szervezett flotta követését végezzük. Az alábbiakban részletesen ismertetjük a flottakövetés funkcióit, illetve felépítését.



6.1. ábra: A flottakövető rendszer modellje

6.1 A flottakövetés funkciói

Szállítmányozási területen, közlekedési vállalatoknál könnyen belátható, hogy hatalmas előnyt jelenthet, ha egy diszpécser központ folyamatosan tisztában van a járművek pozíciójával, állapotával, rakományával. Például mindig az igényhez legközelebbi és a feladathoz leginkább megfelelő szerviz kocsit, taxit, vagy mentőautót küldhetik a helyszínre. Ezzel növelhető a gépjárműpark kihasználtsága, egyszerűsíthető az adminisztráció és csökkenthető az üzemanyag-fogyasztás.

A földrajzi pozíciók ismerete és térképre helyezése mellett rengeteg további információ szolgáltatható a járművekről, mint például a járművezető azonosítása, vagy olyan távdiagnosztika, mellyel az üzemeltetési és karbantartási feladatok egyszerűsíthetők. Adatokat kaphat a központ a rakományról és annak állapotáról, amelyek nélkülözhetetlen információk logisztikai feladatok megvalósításához

Az alábbiakban összefoglalható, hogy a flottakövető rendszerek milyen funkciók megvalósítására alkalmasak:

- Közlekedés:

A műholdas helymeghatározás segítségével kellően nagy pontossággal digitális térképen megjeleníthető a megfigyelt objektum pozíciója.

- Járműkövetés: pontosan tudható hogy mely jármű hol tartózkodik, szétválasztható a munka és a magánhasználat.
- Dinamikus útvonaltervezés: online menetadatokkal folyamatosan frissíthető a várható érkezési idő, új köztes célpont adható meg.

- Biztonság:

A pozícióadatok mellett továbbított egyéb információk rengeteg biztonsági funkció megvalósítását teszik lehetővé.

- Vészjelzés: balesetek, mint például ütközés vagy borulás esetén automatikus jelzést tud küldeni a rendszer, ha a járművezető ezt nem tudná megtenni.
- Fekete doboz: a baleset előzményei nyomon követhetők, elemezhetők, mint a repüléstechnikában.
- Távdiagnosztika: a gépjárművek menetteljesítményének optimális kihasználása szempontjából nem közömbös a karbantartási, javítási műveletek időtartama és időzítése sem. A biztonságos és rendeltetésszerű üzemeltetés szempontjából lényeges járműparaméterek folyamatos figyelésével a szervizperiódusok jól menedzselhetők.
- Lopásvédelem: távolról leállítható a jármű, ha illetéktelen személy használja.

- Adminisztráció:

Flottakövető rendszerrel nagyban megkönnyíthető, illetve gyorsítható a menetlevelek, fuvarlevelek, valamint vámokmányok elkészítése és a munkagépek üzemóra regisztrálása.

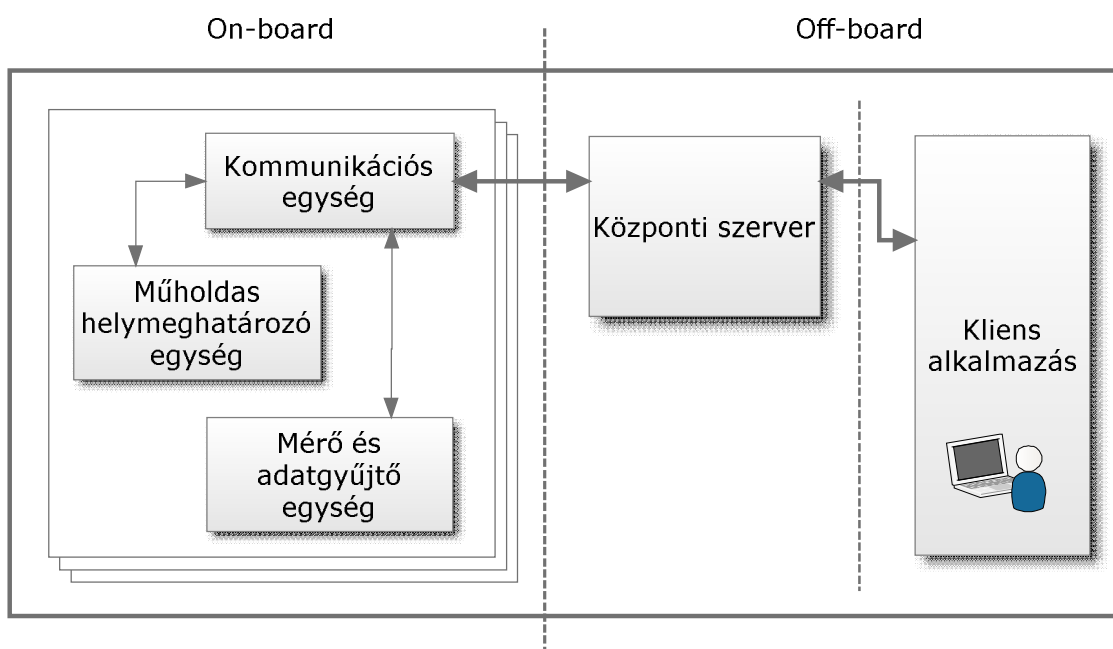
- Menedzsment:

A cég számára statisztikai kimutatások készíthetők a flottakövető rendszer adatai alapján. Megállapítható az utasforgalom, a rakomány. Előre jelezhetők a karbantartási feladatok és értékelhetők a járművezetők. A vezetési stílus alapján meghatározható hogy mennyire optimális az üzemeltetés, az alapján hogy a sofőr mekkora fordulaton hasz-

nálja a motort, mennyire agresszíven fékez, vagy kanyarodik, illetve hogy a sebesség-határokat, vagy az előírt pihenési időt betartja-e és hogy letér-e a kijelölt útvonalról.

6.2 A flottakövető rendszerek felépítése

A flottakövető rendszerek három fontos alrendszerből épülnek fel. Ezek közül az egyik a mobil egység (on-board) ami a megfigyelt objektumon van elhelyezve és adatokat fogad és továbbít. A másik alrendszer a bázisállomás (off-board) egy szerverközpont ahol az adatgyűjtés, adattárolás történik. A harmadik pedig az erre az adatbázisra épített szoftverrendszer, ami az adatok feldolgozásával és megjelenítésével foglalkozik.



6.2. ábra: Flottakövető rendszerek felépítése

A kommunikáció terén a kezdetleges eszközök a járművekbe építve rögzítették a jármű mozgásáról begyűjtött információkat és ezekhez csak később, a telephelyen juthattak hozzá vezetékes, infravörös, vagy kis hatótávú rádiós kapcsolattal. Ezek az offline rendszerek még nem szolgáltaták folyamatosan a pillanatnyi állapotot jellemző információkat, csakis visszamenőleges elemzést tettek lehetővé. A következő lépés a flottakövető rendszerek evolúciójában az online rendszerek megjelenése, vagyis azon rendszereké, melyek információi már menet közben is elküldésre kerültek legtöbbször GSM (*Global System for Mobile Communications*) technológia segítségével. Eleinte vagy telefonhívás formájában, mint pl.

egy fax üzenet, vagy SMS-en (*Short Message Service*) keresztül. Ezeknek a rendszereknek legnagyobb hátránya a magas üzemeltetési költség, valamint még mindig nem volt elérhető a folytonos információáramlás. Csak bizonyos nagyobb időközönként került összeállításra egy-egy adatküldemény, majd ezt továbbította a rendszer a központ felé. Ezt a hibát orvosolja a GPRS (*General Packet Radio Services*) protokoll használata, ahol akár folyamatos információáramlás is lehetséges, alacsony költségek mellett.

A helymeghatározás első, kezdetleges formája a GSM cellainformáció felhasználása volt, ez azonban csak városokban – ahol sok a mobil adótorony – biztosított közepes pontosságot. A GPS rendszer üzembe helyezése után a polgári alkalmazások számára is elérhetővé vált egy igen pontos helymeghatározási rendszer, 2000-ben pedig a civil GPS zavarása is megszűnt, így a flottakövető rendszerek már néhány méteres pontossággal szolgáltathatták a pozíció információkat. Ez a pontosság már kielégítő a flottakövető rendszerek számára is. Ezek a rendszerek már folyamatos nyomkövetést tesznek lehetővé.

A GPS által szolgáltatott információk a pozícióból származtatott adatokban (sebesség, irány, megtett távolság, magasság) ki is merülnek. Azonban ha már megoldott az online adatkapcsolat érdemes további szenzorok információt is továbbítani a központ felé. Ilyen lehet egy háromdimenziós gyorsulás- és rezgésérzékelő adata, vagy analóg jelek mérési eredményei, vagy digitális bemenetek, kimenetek értékei. Szintén rengeteg működési információ szerezhető a modern járművekben alkalmazott CAN (*Controller-Area Network*) hálózatról. A rendszer elterjedésével az egyes gyártók egyedi és titkos üzenetformátumokat, azonosítókat definiáltak a saját megoldásukhoz, de 2002-ben a nagyobb tehergépjármű gyártók egy egyezményes rendszer kialakítását tűzték ki célul, ez lett a CAN-FMS (*Fleet Management Systems*) szabvány. A CAN-busszal és az FMS szabvánnyal a 6.6 alfejezetben részletesen foglalkozom.

6.3 Alkalmazások

Magyarországon a járműkövető megoldások piacán az egyik legnagyobb flottával rendelkező rendszer a **WebEye**, amit a Lambda-Com Kft. üzemeltet. 1995-ben kezdték meg működésüket, jelenleg Európa 13 országában érhető el leányvállalatokon keresztül a szolgáltatá-

suk, ami saját hardverre és szoftverre épül. Referenciáik közt szerepelnek olyan nagy vállalatok, mint a Tesco, vagy a DHL.

Az i-Cell Kft-t 1998-ban alapították mobil kommunikációs üzleti alkalmazások fejlesztésére és szolgáltatására. Kezdetekben egy olyan saját flottakövető rendszer fejlesztésén dolgoztak, mely az akkori technikát felhasználva hathatós segítséget adott a fuvarozóknak. Ebből született meg az **i-Fleet** rendszer amelynek a kiemelkedően sok járművel rendelkező Hungarocamion / Volán Tefu vállalatok váltak első jelentős felhasználóivá. Az i-Cell által fejlesztette flottamenedzsment szolgáltatás mára több mint 7000 gépjármű felügyeletét látja el.

A Secret Control GPS Kft. 1997-ben alakult, eredetileg vagyonzvédelmi céllal. 1998-ban indult a **Navsky Nova GPS** műholdas járművédelmi rendszerük, és még abban az évben kiépítették saját 0-24 órás diszpécser szolgálatukat. 1999-től országos bevetési hálózattal és hatósági háttértámogatással rendelkeznek, amely nagymértékben hozzájárult a GPS-es járművédelmi rendszerünk sikeréhez. Később 2001-ben beindult a GPS és GSM technológiákon alapuló Webbase GPS műholdas járműkövetési szolgáltatás. Jelenleg Magyarországon kívül még három országban van leányvállalatuk. Partnereik közt szerepel a MOL, az ELMŰ, a Fővárosi Vízművek Zrt.

A mobilszolgáltatók közül a **Pannon** is kínál flottakövető szolgáltatást, ez a szolgáltatás azonban az előzőekkel ellentétben nem GPS alapú, hanem az ügyfél SIM kártyájának a helyzetét tudja a cellainformációkból megadni. Így a pontossága messze elmarad a GPS-es rendszerektől, sebesség valamint távolságmérésre is alkalmatlan.

Látható, hogy napjainkra erősen telítetté vált ez a piac Magyarországon, az előbb említett nagy cégek mellett, számos kisebb vállalkozás is kínál különféle flottakövető szolgáltatásokat. Ezek a cégek is vagy saját fejlesztésű eszközöket építenek a járművekbe, vagy különféle olcsó, távol-keleti eszközökkel valósítják meg a követést. Ezek olyan olcsóbb eszközök, melyek csak a GPS koordinátát tudják elküldeni, előre beállított időközönként.

A piaci kínálatot áttekintve a legnagyobb hiányosságot a rugalmas és gyors testreszabhatóságnak a hiánya jelentette az elérhető készülékek terén. Azonban könnyen belátható, hogy egészen más típusú jelek mérésére, továbbítására van szükség egy személygépkocsi, egy kamion, vagy egy mezőgazdasági munkagép esetében. Egy minden képességgel felruházott esz-

köz beépítése az összes járműtípusba pedig nem költséghatékony, ráadásul további speciális igények is felmerülhetnek újabb felhasználók esetén.

6.4 GSM és GPRS

Az adatok továbbítására jelenleg a legkézenfekvőbb megoldás a mobil GSM hálózatra alapuló GPRS technológia, mivel az adatátviteli sebessége elegendő, az ára kedvező és az adatforgalomtól függő, a lefedettség pedig már 2001-ben kiterjedt teljes Magyarországra. A GSM-hálózatokban az adatátvitel lehetőségeinek abszolút korlátja az, hogy időosztással működnek. Egy bázisállomás körzetében bejelentkezett mobilkészülékek mindegyike megkapja az egyenlő részre osztott másodperc egyik időszelétét, és azon belül ad vagy vesz. Így fizikailag 9600 bitet tudnánk másodpercenként átküldeni, ami nagyon kevés. A HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) technológia ezt a sebességkorlátot úgy próbálja növelni, hogy ha lehetőség van rá több időszeletet foglal egy készülék számára, így 8 időszelettel már 57600 bit/sec sebesség is elérhető. A GPRS szakítva a vonalkapcsolt átvittel a csomagkapcsolás elvét használja. A csomagkapcsolás lényege, hogy a két pont között nem épül fel állandó kapcsolat, mint a vonalkapcsolás esetében, hanem az információ feladója kisméretű csomagokra darabolja fel az átküldendő információt, minden csomagot ellát a címzettet tartalmazó fejléccel, majd a csomagokat útnak indítja. Az egyes csomagok a fejléc alapján jutnak el a címzethez, nem feltétlenül azonos útvonalon. A módszert a hatvanas években dolgozták ki, csomagkapcsolással működik az Internet hálózat is. Ennek az előnye, hogy az információ továbbításához nem kell előzetesen felépíteni egy kapcsolatot a küldő és a címzett között, csak el kell indítani a csomagot a hálózatban. A csomag ugyanazt a hálózatot használja, mint a vonalkapcsolt adatátvitel esetében, tehát önmagában a csomagkapcsolástól nem lesz gyorsabb az adatátvitel. A GPRS attól képes nagyobb sebességgel adatokat átvinni, hogy a HSCSD-hez hasonlóan több időrészt is használhat egyszerre. A helyzet azonban a részleteket tekintve összetettebb. A GSM rendszerben egy adott frekvenciájú rádiócsatorna 8 időrésre oszlik, minden egyes időrés egy beszédcatornához tartozik. Ennek megfelelően egy rádiócsatornán 8 beszélgetés folyhat egy időben. A GPRS és persze a HSCSD is ezekből az időrésekből tud többet összekapcsolni. Ehhez azonban az szükséges, hogy legyenek szabad időrések a rádiócsatornán. Gyakran előfordul az is, hogy egy adott területen több rádiócsatorna is rendelkezésre áll, azonban csak az egy rádiócsatornán belüli szabad időrések összekapcsolhatók. Tehát a GPRS maximum 8 időrés összekapcsolását teszi lehetővé. A rendszerben azonban lehet bizonyos

korlátozásokat tenni, ha azonban mind a hálózat, mind a készülék megengedi a 8 időrés összekapcsolását, akkor is erősen ingadozhat az adatátvitel sebessége a forgalom függvényében. A GPRS átvitelben ugyanis nincs lefoglalt időrés. Minden egyes csomag feladásakor akkora sávzélesség áll a rendelkezésre, amennyit a forgalom éppen szabadon hagy.

A GPRS készülékeket kétféle szempont szerint sorolják osztályokba: az egyik az úgynevezett *mobile station class*, ami a kapcsolódási képességet jellemzi. Class A jelölésű eszközök képesek egyidejűleg GSM (hang és SMS) és GPRS kapcsolatot is létesíteni. Ezek a készülékek drágák, mivel két rádiós egységet kell tartalmazniuk, hogy egyszerre tudjanak két frekvencián adni. Ennél egy olcsóbb megoldás a DTM (*Dual Transfer Mode*) lehetőség, az ilyen eszközök besorolása pszeudo Class A. A Class B készülékek egyszerre csak egy kapcsolatot tudnak létesíteni és automatikusan szüneteltetik a GPRS kommunikációt, ha GSM kapcsolat jön létre. Ez a legelterjedtebb GPRS eszköztípus. A Class C eszközökön kézzel kell váltani a GSM és GPRS közt. A teljesítmény szempontjából a legjobban a multi-slot class jellemzi a GPRS eszközöket, ez 1-től indul 12-ig tart, majd ugrik egyet 32-re, ez a legjobb.

6.5 GPS

A műholdas pozíció-meghatározásra jelenleg a legelterjedtebb rendszer az USA védelmi minisztériuma megbízására kifejlesztett és általa működtetett GPS, amely szabad hozzáférésű és hozzávetőleg 10m-es pontosságot biztosít civil felhasználóknak. Létezik más helymeghatározó rendszer is, mint például az orosz GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), a kínai fejlesztés alatt álló Beidou, vagy a szintén kiépítés alatt álló európai Galileo, amit az Európai Unió és az Európai Űrügynökség (ESA) fejleszt. Ez egy 30 műholdból álló, a GPS-nél nagyobb pontosságot biztosító rendszer lesz, melynek tervezett üzembeállítása 2014.

A GPS rendszer 24 NAVSTAR típusú földkörüli pályán keringő műholdból áll, ezek mindegyike naponta kétszer kerüli meg a Földet. Az elsőt 1978-ban állították pályára ez volt a NAVSTAR 1. A műholdak 6 különböző pályasíkon helyezkednek el, 20200 kilométeres magasságban. A műholdak hat, az egyenlítő síkjával 55°-os szöget bezáró, közel kör alakú pályán keringenek a Föld körül. A pályákat kelet-nyugati irányban 60°-os szögek választják el egymástól. Ez a fajta elrendezés azt a célt szolgálja, hogy a nap bármely időpontjában legalább 4 műhold látható legyen a Föld minden pontjáról.

A GPS rendszer három alapvető alrendszerből épül fel:

- az űrszegmensből: ez az előbb említett 24 műhold
- a vezérlőrendszerből: a teljes rendszer működését a földi vezérlőrendszer irányítja. A vezérlőrendszer három alapelemből áll: egy központi vezérlő állomásból, öt monitorállomásból és három földi antennából. A kontroll állomás feladata, hogy kiszámítsa a pályakorrekciók, illetve időkorrekciók adatokat az összes műhold részére a monitorállomásokról begyűjtött adatok alapján, és eljuttatja azokat az antenna állomásokhoz, melyek közlik ezeket a műholdakkal
- a felhasználói rendszerből: ezek a vevőkészülékek és szolgáltatások

A GPS rendszer a felhasználó helyzetét távolságmérés alapján határozza meg. Ideális esetben, ha a műholdak és a felhasználói egység (vevőkészülék) órái pontosan együtt járnak, a vevőkészülék a műholdak által küldött információk alapján ismeri a műholdak pontos helyzetét és ismeri a jelek elküldésének pontos időpontját. Mivel a jelek érkezési időpontját a vevő képes mérni, a fénysebesség ismeretében a műholdak távolsága pontosan meghatározható. A távolságok kiszámítása után a felhasználó helyzetét a műholdak helyzetét jelölő pontok köré írt gömbök metszéspontjának kiszámításával lehet meghatározni. Ehhez ideális esetben három műhold kell. Mivel a vevőkészülékek órája messze nem olyan pontos, mint a műholdak atomórája, így a helymeghatározáshoz legalább négy műholdat használnak, így ha nem áll fenn a szinkron, akkor minden gömbhármás más és más metszéspontot ad. Ezért a vevőberendezés úgy korrigálja a saját órájának a beállítását, hogy a négy metszéspont végül egy pontba kerüljön. Ezért nem kell atomórát építeni a vevőkészülékbe.

A GPS rendszer egy továbbfejlesztése a differenciális GPS (röviden: DGPS) [8]. A DGPS elve kihasználja azt a tényt, hogy a földfelszín egy adott, ismert pontján lévő rögzített vevőkészülék milyen eltéréseket tapasztal a műholdakról sugárzott és az általa más forrásból megkapott jelek között. Az eltérés a többi hibaforrás számításba vétele után a légkör torzító hatásának tudható be. Ezt az információt rádióhullámon továbbítják a vevők felé. Az így meg-növelt pontosság csak a földi állomás környezetében használható ki igazán (ez tipikusan néhány száz km), ahol a légkör állapota még megegyezik a földi állomás fölötti légkör állapotával. Ilyen céllal indult az EUPOS kezdeményezés. Ez egy földi bázisú kiegészítő rendszer, amely a felhasználók számára regionális szinten biztosítja a korrekciókat. A kezdeményezés-hez számos ország mellett Magyarország is csatlakozott. Az egyes állomások egymástól 40-

70 km-es távolságban helyezkednek el. Jelenleg 35 állomás üzemel hazánkban, ezek nagy része földhivatalokban működik.

A GPS műholdak két frekvencián sugároznak, ezeket L1-nek (1575,42 MHz) és L2-nek (1227,6 MHz) nevezik. A vevő egység úgy tudja szétválasztani a különböző műholdaktól érkező adatokat, hogy a műholdak az úgynevezett CDMA (*Code Division Multiple Access*) technikával küldik az információkat. Ez azt jelenti, hogy az adatot kizáró-vagy (XOR) kapcsolatba hozzák egy nagyobb frekvenciájú, műholdanként különböző pszeudo-véletlen számmal (PRN) és ezt modulálják rá a vivőfrekvenciára. A vevő ismeri minden műhold egyedi PRN-jét, így ki tudja választani az üzenetet. Az üzenet mindössze 50 bit/szekundum sebességű. Az PRN kódoknak két fajtája van, a C/A (*Coarse / Acquisition code*), ami ezredmásodpercenként 1023 jelet tartalmaz és a P(Y)-kód (*Precision code*), ami 10230-at. A C/A kódot az L1 frekvencián adják, a P(Y)-kódot mindkét frekvencián. A P-kódot kizárólag katonai GPS-vevővel lehet dekódolni, ez szabadon nem hozzáférhető. A pontossága nagyobb, mint az általános, polgári használatra szánt C/A kódnak.

Érdekesség hogy a GPS-idő nem tartalmazza a polgári életben megszokott szökőmásodperceket, haladása folyamatos, ezért a GPS-vevők megkapják a kettő közötti eltérés értékét és a készülék a polgári életben használt időt mutatja. [8]

A GPS vevő moduloknak nagyon széles választéka elérhető, ezek általában soros porton, másodperces felbontásban adnak adatokat, vagy NMEA (*National Marine Electronics Association*), vagy SiRF binary formátumban. Az NMEA 0183 szabvány hagyományos ASCII karakterkészletet használ, és jellemzően 4800 bit/sec sebességgel 8N1 kódolásban küldi az adatot. A SiRF Binary egy bináris formátum protokoll, amit a SiRF Technology Holdings, Inc. hozott létre.

6.6 CAN és CAN-FMS

Az FMS (*Fleet Management Systems*) szabvány bemutatása előtt, a CAN (*Controller-Area Network*) rendszert ismertetem. A CAN-buszt 1983-ban kezdte el fejleszteni a Bosch vállalat, majd 1985-ben csatlakozott az Intel is a projekthez, és 1986-ban publikálták, 1993-ban pedig ISO 11898 számon nemzetközi szabvánnyá vált. A CAN eredetileg az autóiparba tervezett terepi busz (field-bus), ezért eleget tesz a járműipari alkalmazások valós-

idejű követelményeinek, de mára az egyéb ipari berendezésekben és orvosi műszerekben is elterjedt.

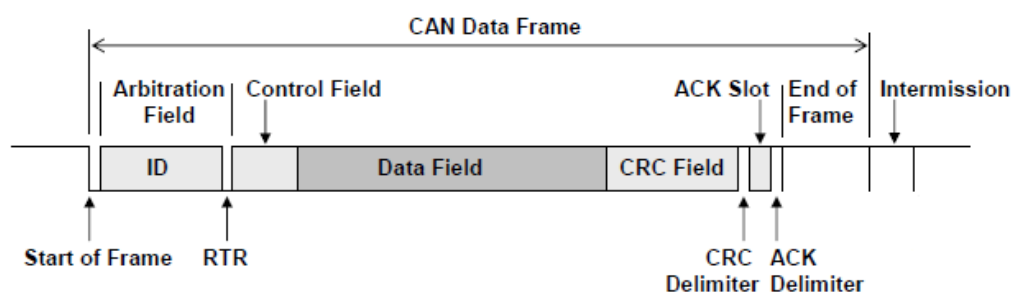
A CAN jellemzői:

- Busz topológia, szórásos típusú hálózat: a hálózatra adott keretet (üzenetet) mindenki veszi.
- Tetszőleges topológia általában busz, pont-pont vagy csillag.
- Többszörös hozzáférés nem destruktív ütközéskezeléssel. (CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance)
- Egycímes keretformátum, cím helyett keretazonosító. A címnek inkább adatazonosító és prioritást meghatározó szerepe van.
- Fejlett hibadetektálás, hiba-behatárolás/elszigetelés.
- 1 Mbit/s maximális adatátviteli sebesség.
- Az áthidalható maximális távolság: kb. 40–500 m.
- Többféle adatátviteli közeg, legtöbbször csavart érpár.
- Non-Return to Zero (NRZ) bitkódolás, bitbeszúrással és bitkiejtéssel. (bit-stuffing)

A CAN-busz előnye, hogy egy nagy sebességű, multi-master soros kommunikációt biztosít a vezérlő, érzékelő és beavatkozó egységek közt, és nagy hatékonysággal detektálja, illetve javítja az elektromágneses zajokból eredő átviteli hibákat. A CAN érdekessége, hogy a címek nem a feladót vagy a célállomást azonosítják, hanem az üzenetet. Így bármelyik egység adhat többféle üzenetet is, és ezt minden olyan egység veszi, amelyik számára lényeges az adott üzenet.

Többféle CAN keretformátum létezik, a [6.3 ábrán](#) egy CAN adatkeret látható. Az üzenet azonosítója, az ID szolgál az arbitrációra is, tehát az ID egyben az üzenet prioritását is meghatározza. Az üzenet adat része maximum 8 byte lehet, ehhez tartozik egy 15 bites CRC.

A CAN lehetőséget biztosít az egyes eszköznek, egy másiktól való adatkérésre is, erre szolgál az RTR (*Remote Transmission Request*) bit, azonban nem ilyen formában szokták a buszt használni. A jellemző az, hogy minden egység az általa a CAN buszra küldött üzeneteket egy előre definiált periódusidővel újra és újra elküldi.



6.3. ábra: CAN adatkeret formátuma

A járművekben az egyes szenzorok és vezérlő egységek, az előbb említett módon, meghatározott időközönként küldik a CAN-buszra az aktuális információt. Ilyen üzenetből a modern járművekben több ezer van, viszont minden gyártónál más, hogy mely adatot milyen mértékegységben és milyen ID-vel tesz a buszra. Ezeket az információkat a gyártók nem hozzák nyilvánosságra.

Erre a problémára született megoldás az FMS (*Fleet Management Systems*) szabvány, amely a kamionokat és munkagépeket gyártó vállalatok által kidolgozott és elfogadott CAN adaptáció.

Az FMS szabványt gondozó gyártók:

- DaimlerChrysler
- MAN
- Scania
- DAF Trucks
- IVECO
- Volvo Trucks
- Renault Trucks

A szabványban rögzítették, hogy a logisztikai és flottakövető eszközök számára fontos adatokat ugyanabban a formátumban hordozzák járműveik CAN buszai. Ilyen adatok például a motor fordulatszáma, hőmérséklete, a jármű sebessége, üzemanyaggal kapcsolatos adatok. Az FMS szabványban szereplő összes adat és a pontos megnevezésük a következő:

- CCVS (Cruise Control/Vehicle Speed) – a jármű sebessége, valamint a fék- és kuplung pedálok állása és a tempomat állapota.
- LFC (Fuel Consumption) – számított üzemanyag felhasználás összesen
- DD (Dash Display) – az üzemanyagszint százalékban
- EEC1 (Electronic Engine Controller 1) – a motor fordulatszám.
- EEC2 (Electronic Engine Controller) – gázpedálállás százalékban.
- VW (Vehicle Weight) – tengelyterhelés.
- HOURS – üzemóra számláló.
- VI (Vehicle Identification) – alvázszám, ASCII karakterek.
- FMS (FMS-standard Interface) – az FMS gateway képességeit leíró adat.
- VDHR (High Resolution Vehicle Distance) – összes megtett távolság.
- SERV (Service Information) – a következő ütemezett karbantartásig megtehető távolság.
- TCO1 (Tachograph) – a tachográf által rögzített adatok.
- ET1 (Engine Temperature 1) – a motor hűtővizének hőmérséklete.

Név	Adat méret	Felbontás	Frissítési gyakoriság	Offset
CCVS	2 byte	1/256 km/h	100 ms	0 km/h
LFC	4 byte	0,5 Liter	1000 ms	0 %
DD	1 byte	0,4 %	1000 ms	0 L
EEC1	2 byte	0.125 rpm / perc	20 ms	0 %
EEC2	1 byte	0,4 %	50 ms	0 rpm
VW	3 byte	0,5 kg	1000 ms	0 kg
HOURS	4 byte	0,05 óra	1000 ms	0 h
VI	8 byte	-	10000 ms	-
FMS	5 byte	-	10000 ms	-
VDHR	4 byte	5 méter	1000 ms	0 m
SERV	2 byte	5 km	1000 ms	-160635 km
TCO1	5 byte	-	20 ms / 50 ms	-
ET1	1 byte	1 °C	1000 ms	-40 °C

6.4. ábra: FMS üzenetek tulajdonságai

A [6.4. ábrán](#) látható az egyes adatok tulajdonságai és frissítési gyakoriságuk.

A következő ábrán példaképpen egy konkrét FMS üzenetet mutatok be, mely a gépkocsi fordulatszámának adatát mutatja. A PGN (*Parameter Group Number*) az üzenet azonosítója, a Rep. rate pedig az ismétlési gyakoriság milliszekundumban.

00F004								PGN hex
61444								PGN
20ms								Rep. rate
Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	Byte No
not used	not used	not used	Engine speed 0.125 rpm / bit		not used	not used	not used	Name Value

6.5. ábra: FMS fordulatszám adat

Mivel a belső CAN buszra nem gyári eszközzel csatlakozni tilos, ezért a gyakorlatban a gyártók beépítenek egy FMS gateway-t, ami a belső, továbbra is zárt CAN hálózatra csatlakozik. A gateway az igényelt adatokat kiolvassa, majd továbbítja a hozzá kapcsolódó eszköz felé az FMS szabványnak megfelelő formátumban.

A szabvány részletesen rögzíti az egyes adatok üzenetének azonosítóját, az adatok kereten belüli elhelyezkedését, a mértékegységet és az üzenet frissítésének gyakoriságát is. Az előírás szerint azok a gyártók, amelyek ezt aláírták, kötelesek megvalósítani a szabvány által rögzített adatokat. Emellett több gyártó ezeken felül más adatot is megvalósít és elérhetővé tesz a CAN-FMS hálózatán.

7 Irodalomjegyzék

- [1] Keld Helsgaun, An Effective Implementation of the Lin-Kernighan Traveling Salesman Heuristic. Department of Computer Science, Roskilde University, (2006), 8-18, 29-30.
- [2] Király Tamás, Szegő László, Online jegyzet az Egészértékű Programozás I. ésII. tárgyhoz. Operations Research Department, Eötvös Loránd Tudományegyetem, (2010), 49-50.
- [3] Pap Gyula, Kombinatorikus Optimalizálás előadás vázlata. Operations Research Department, Eötvös Loránd Tudományegyetem, (2008), 13-15.
- [4] Gregory Gutin, Abraham P. Punnen (Eds.) The Traveling Salesman Problem And Its Variations, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, (2004).
- [5] Imreh Balázs, Imreh Csanád Kombinatorikus Optimalizálás, Novadat, Győr, (2005).
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem, (2010).
- [7] <http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95>, (2010).
- [8] <http://www.tsp.gatech.edu/history/index.html>, (2010).

8 Ábrajegyzék

2.1. ábra: Néhány lehetséges tevékenység típus.....	8
2.2. ábra: Események ábrázolásának lehetséges módjai	9
2.3. ábra: Adat alapú (balra) és esemény alapú (jobbra) döntések	9
2.4. ábra: Megengedő döntés, több szálon futó folyamat.....	10
2.5. ábra: Párhuzamosítás	10
3.1. ábra: A szállítási folyamat felülnézeti képe.....	13
3.2. ábra: A rendelés feldolgozásának alfolyamata	16
3.3. ábra: Szállítás megtervezésének alfolyamata.....	18
3.4. ábra: Fuvarozás alfolyamata	20
4.1 ábra: Vázlat az RST-folyamatok szemléltetésére	24
4.2. ábra: Az áruszállítási feladatok áttekintése.....	25
6.1. ábra: A flottakövető rendszer modellje	58
6.2. ábra: Flottakövető rendszerek felépítése	60
6.3. ábra: CAN adatkeret formátuma	68
6.4. ábra: FMS üzenetek tulajdonságai	69
6.5. ábra: FMS fordulatszám adat.....	70