



MISKOLCI EGYETEM



Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola

Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerület

Logisztikai Intézet

SZELEKTÍV HULLADÉKGYŰJTŐ SZIGETEK OPTIMÁLIS KISZOLGÁLÁSA TÉRINFORMATIKÁRA ÉPÜLŐ JÁRATTERVEZÉSSSEL

Ph.D. értekezés tézisei

készítette:

Ladányi Richárd

okleveles mérnök - informatikus

Témavezető:

Prof. Dr. habil. Illés Béla

egyetemi tanár

MISKOLC

2013.

SZELEKTÍV HULLADÉKGYŰJTŐ SZIGETEK OPTIMÁLIS
KISZOLGÁLÁSA TÉRINFORMATIKÁRA ÉPÜLŐ
JÁRATTERVEZÉSSSEL

Ph.D. értekezés tézisei

A Bíráló bizottság tagjai

Elnök:

Prof. Dr. habil. Szigeti Jenő, CSc Miskolci Egyetem, egyetemi tanár

Titkár:

Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota, PhD Miskolci Egyetem, egyetemi docens

Tagok:

Prof. Dr. Benkő János, CSc Szent István Egyetem, tanszékvezető egyetemi tanár

Prof. Dr. habil. Földesi Péter, PhD Széchenyi István Egyetem, rektor, tanszékvezető egyetemi tanár

Dr. Czap László, PhD Miskolci Egyetem, egyetemi docens

Prof. Dr. habil Kovács László, PhD Miskolci Egyetem, tanszékvezető egyetemi docens

Prof. Dr. habil Véha Antal, CSc Szegedi Tudományegyetem, dékán, tanszékvezető egyetemi tanár

Hivatalos bírálók:

Dr. Bohács Gábor, PhD Budapesti Műszaki Egyetem, tanszékvezető egyetemi docens

Dr. Hartványi Tamás, PhD Széchenyi István Egyetem, egyetemi docens

1 Bevezetés

A hulladékok hasznosítása több okból is szükséges. A környezetterhelés csökkentése, az ipar nyersanyagigényének kielégítése, illetve a primer energiaforrások ésszerű felhasználása egyaránt indokolja azt, hogy a keletkező hulladékok minél kisebb része kerüljön lerakókba. A szelektív (új terminológiával elkülönített) hulladékgyűjtés révén költséghatékonyan állíthatók elő olyan hulladékhalmazok, melyek kezelése során preferáltabb hulladékhasznosítási eljárás csoportok alkalmazhatók. Ezért egyre terjednek napjainkban a különböző jellegű hulladékok egymástól elkülönített gyűjtését megvalósító inverz logisztikai rendszerek. A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. (BAY-LOGI) Környezetmenedzsment és Logisztika Osztályának alkalmazottjaként a lakosság által hulladékká nyilvánított termékek szelektív gyűjtésének témakörével foglalkoztam, s alkalmam nyílt számos hulladékgyűjtő rendszer megtervezésére is. Ezen gyakorlati tapasztalatok birtokában, és a szakmában jelenlévő igény kielégítése érdekében kísértem meg térinformatikai eszközök felhasználásával új hulladékgyűjtő rendszer-tervezési módszer (és az erre épülő tervezőszoftver) kifejlesztését.

2 A Kutatási tevékenység előzményei

A témaválasztásom alapvetően meghatározta a munkahelyemen végzett mindennapi tevékenység, mely során mérnöki szolgáltatás keretében piaci szereplők megbízásából elsősorban logisztikai jellegű problémák megoldásában veszek részt. Szállítmányozással, logisztikai rendszerek tervezésével kapcsolatosan a BAY-LOGI a Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszékével együttműködve számos olyan kutatás – fejlesztési feladatot oldott meg, amelyek tanulságainak egy részét oktatási-, vagy tudományos- ismeretterjesztő célú tankönyvek, szakcikkek tartalmazzák [9, 10, 11, 12], más része pedig kutatási jelentések, vagy szóbeli szakmai előadások formájában került publikálásra. A dolgozatom témájához kapcsolódóan ezek közül két különböző célú járattervezési feladatot szeretnék kiemelni, melyek egyike közösségi közlekedési rendszerek járatainak átszervezésére irányult, a másik pedig gyűjtőjáratok kialakítására.

Ezek a járattervezési tevékenységek abból a szempontból különböztek, hogy más-más feladatot ellátó logisztikai rendszerek követelményeihez kellett igazodni a feladatok megoldása során, viszont abban a tekintetben hasonlítottak egymásra, hogy minden esetben a működés racionalizálása volt a cél. A tömegközlekedési rendszerek vizsgálata során az ütemes menetrend bevezetésére-, a buszok kihasználtságának emelésére-, illetve a szolgáltatási színvonal megtartására vonatkozó működtetési alternatívák kidolgozása történt

meg [K/4, K/6]. A szakmai kihívás az egymásnak ellentmondó követelményrendszer figyelembevétele volt, a megoldások során szimulációs szoftver igénybevételével végeztem több célfüggvényes optimalizáló vizsgálatokat, melyeket a [P/1, P/8, P/12] –ben publikáltam. Járat-tervező szoftverekkel 2008 –ban kezdtem foglalkozni. Az első ilyen feladatom a piacon megvásárolható járat-tervező szoftverek részletes elemzése volt, a munka célja a postai feladatok támogatására leginkább alkalmas megoldásnak megtalálásaként került [K/1]- ben meghatározásra. Ezt követték az integrált-, a hulladékkezelésre és járat-tervezésre egyszerre irányuló feladatok, melyek egy része a közszolgáltatás keretében végzett hulladékgyűjtő tevékenység fejlesztésére [K/2, K/3, K/5], más része pedig ipari környezetben, gyártósorok mellől való hulladékgyűjtő rendszer tervezésére vonatkozott [K/7]. Ezen feladatok megoldása térinformatikai platformon működő járat-tervező szoftverrel történt, amelyek tanulságait a már említett kutatási jelentések mellett a következő publikációkban tártam a szakmai közönség elé: [P/2, P/3, P/4, P/5, P/9, P/11, P/12, P/13]. Mindkét említett, hulladékgyűjtő-járat-tervezési feladattípus esetében idő- vagy távolság dimenziójú megtakarítási lehetőségek felfedése volt a cél. Ezzel párhuzamosan az érintett rendszerek működtetési kapacitásszükségletének meghatározására-, vagy a meglévő kapacitások kihasználtságának emelésére és egyenletes munkaterhelést biztosító járatrendek kialakítására volt szükség.

A járat- és rendszertervezési feladatok elvégzése során mind a megoldáshoz felhasználható eszközrendszer-, mind a gyakorlatban alkalmazott üzemeltetési módszerek hiányosságaira egyaránt fény derült, melyek a következők szerint foglalhatók össze:

- a térbeli adatok tervezésre való felhasználása korlátozott, amelynek egyik oka, hogy a megvásárolható szoftverek ún. „dobozos termékek”, melyek a speciális felhasználási területek (pl. hulladékgyűjtés) szükséges igényeit nem tudják kielégíteni,
- a hulladékgyűjtő járatok tervezéséhez kapcsolódóan hiányzik a rendszerszemléletű megközelítés, a rendszerfejlesztések első lépéseiként nem végzik el azokat a módosításokat, melyek révén a járat-tervezési feladat peremfeltételei a hatékonyabb járatok kialakításának irányában mozdulhatnak el,
- nem történik meg a gyűjtési módszerek kiszolgálási területhez való illesztése, vagy annak során hagyományokat, történelmileg kialakult szabályokat vesznek figyelembe,
- nincs kidolgozott módszer a hulladékgyűjtő rendszerek (a gyűjtőjáratokkal kapcsolatos) logisztikai hatékonyságának komplex vizsgálatára,

A kutatási tevékenységem főként a fentebb vázolt K+F feladatok megoldása során felfedett hiányosságokkal kapcsolatos optimalizálási lehetőségek kihasználása érdekében, új tervezési módszerek és az azokat megvalósító szoftver fejlesztésének irányában fejtettem ki.

3 Az értekezés célkitűzései

Összefoglalóan: a szelektív hulladékgyűjtő szigetek optimális kiszolgálásának elméleti megalapozása, térinformatikára épülő tervezési eljárás kidolgozása. A célul kitűzött részfeladatok pedig ennek alapján:

- a vizsgálni kívánt hulladékgyűjtő rendszer lehatárolása,
- a gyűjtőjáratok hatékonyságmutatójának definíciója, az erre vonatkozó vizsgálati lehetőségek feltárása,
- a tervezési eljárás adatmodelljének, feltételeinek, célfüggvényeinek, optimalizálási módszerének kidolgozása,
- a tervezési eljárás szoftveres implementációja,
- a szoftveres tervezés eredményeinek összevetése a modellterületen működő gyűjtőrendszer mutatóival.

A célok elérésének elméleti háttere röviden a következők szerint foglalható össze:

A különböző típusú területeket - úgymint társasház- és családi házas területszegmensek - kiszolgáló gyűjtőjáratok gyűjtési hatékonysága a következő összefüggéssel jellemezhető:

$$\eta_{hgy} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{gyh}(i)}{\sum_{k=1}^p s_{gyh}(k)} ; \quad \eta_{gysz} = \frac{\sum_{j=1}^m q_{gysz}(j)}{\sum_{l=1}^r s_{gysz}(l)} \quad (1)$$

ahol:

- η_{hgy}, η_{gysz} - a családi házas területeket-, illetve a gyűjtőszigeteket kiszolgáló járatok gyűjtési hatékonysága
- q_{gyh}, q_{gysz} - a családi házas háztartásokból-, illetve a gyűjtőszigetekről gyűjtött hulladék mennyisége
- s_{gyh}, s_{gysz} - a családi házas területeket-, illetve a gyűjtőszigeteket kiszolgáló járatok úthossza

η_{hgy}, η_{gysz} növeléséhez vagy az (1) összefüggés számlálóiban szereplő hulladékmennyiségek növelése, vagy a nevezőiben szereplő gyűjtési távolságok csökkentése szükséges.

A gyűjtött mennyiségek (q_{gyh}, q_{gysz}) növelése a tervezési eljárás során az eltérő jellegű területeken eltérő gyűjtési módszerek bevezetésével a következők szerint történik:

- a szolgáltatási területnek a gyűjtési módszerek szerinti felosztása a társasházas – családi házas övezeteket figyelembe véve történik,
- társasházas területeken a háztartások számával arányos mennyiségű és kapacitású hulladékgyűjtő szigetet kerül elhelyezésre úgy, hogy az átlagos ráhordási távolság minimális legyen,
- a családi házas területeken a házhoz menő gyűjtés kerül alkalmazásra,
- a szolgáltatási terület felosztása során társasházas övezetté nyilvánított területeken lévő családi házaktól házankénti gyűjtés nem történik; az adott területeken elhelyezésre javasolt szigetek számának (és helyének) kijelölésekor ezen családi házas háztartások is figyelembevételre kerülnek,

A gyűjtési távolság (s_{gyh} , s_{gysz}) csökkentése a járattervezés révén való gyűjtési úthossz minimalizálással történik a következők szerint:

- a szigetek gyűjtőjáratokba szervezeten kerülnek kiszolgálásra, a családi házak szelektív hulladékainak összegyűjtését pedig ezektől különböző járatok végzik.

A gyűjtési hatékonyságot az adott területen működő gyűjtőrendszer teljesítményét meghatározó kulcstényezőnek (KPI) lehet tekinteni. Nagyobb hatékonysággal működő gyűjtőrendszer kialakítása pedig akkor lehetséges, ha sikerül olyan terület felosztási eljárást definiálni, mely alkalmazásával a szolgáltatási területről a különböző gyűjtési módszerekkel úgy gyűjthető be nagyobb mennyiségű hulladék, hogy ez nem jár a gyűjtési távolság aránytalan növekedésével.

4 Irodalmi előzmények

4.1 Szelektív hulladékgyűjtő rendszerek jellemzésére vonatkozóan

C Garce, S Alberto és társai [1] tanulmányukban statisztikai eszközökkel szocio-demográfiai elemzést végeztek azon tényezők felderítése érdekében, melyek a leginkább befolyásolják az emberek háztartási hulladékok szelektív gyűjtéséhez való viszonyát. Ebben a legmagasabb negatív előjelű faktorral (-0,31) számszerűsítik a távolság hatását a lakosság szelektív gyűjtésre való hajlandóságára. A lakóhelyektől távolabb elhelyezett gyűjtőkonténerek problémájának fontosságát hangsúlyozza ez az érték, mivel a szerzők az általuk meghatározott (-1 től 1- ig terjedő) skálán mérve a lakosság kiemelkedő környezettudatosságát mindössze 0,25 –ös pozitív értékkel jellemzik. Kicsit leegyszerűsítve tehát [1] üzenete az, hogy távoli gyűjtőkonténerbe még a nagy környezeti érzékenységgel jellemezhető háztartások szelektíven gyűjtött hulladéka sem jut el. Ez a megállapítás inspirációt jelentett számomra a dolgozat témájának megválasztásában.

A különböző területeken már mintegy másfél évtizede működő lakossági szelektív gyűjtő rendszerek hatékonysági elemzésével, környezeti monitoringjával és fenntarthatósági vizsgálatával foglalkozik a J.R. Bringhenti és munkatársai által készített [2] tanulmány. Ez a hulladékok szelektív gyűjtését végző szolgáltatással való ellátottságot az első helyen jelöli meg azon indikátorok rangsorában, melyek hozzásegítik a szóban forgó rendszereket a gazdaságos működéshez. Az ellátottsági fok mérőszáma ebben a tanulmányban [1] –cal megegyező módon a ránhordási távolság.

Térinformatikai tervezőeszközt vesz igénybe G. Tavares, Z. Zsigraiova, V. Semiao és M.G. Carvalho a [3] munkájában TSZH – ok új gyűjtőjárat-tervezési módszerének kidolgozásához. Ebben a térinformatikát a tervezett gyűjtőrendszer szolgáltatási területének 3 dimenziós leképzésének kezeléséhez használják. A domborzati viszonyok magassági koordinátáit is figyelembe vették a szállítási útvonalat meghatározó algoritmusukban. Ezáltal lehetőségük nyílt a gyűjtést végző járművek üzemanyag-fogyasztását az optimáló eljárásuk célfüggvényeként meghatározni. A kidolgozott járattervezési módszer alkalmazásával megvizsgálták két, jellegében eltérő modellterület gyűjtőjáratait, s megállapították, hogy a hagyományos 2 dimenziós leképzésen alapuló (minimális úthosszt bejáró) gyűjtőjáratok 8-16% – kal több üzemanyagot fogyasztottak, mint az általuk kidolgozott eljárásokkal definiált gyűjtési utakat bejárók.

Az általam kidolgozott gyűjtőrendszer-tervezési megoldás abban tér el a szakirodalomban fellelhető példáktól, hogy megkülönbözteti egymástól az eltérő épülettípusokkal jellemezhető kiszolgálási területeket, ezáltal más-más gyűjtési módszerek szerint szervezi a különböző területek kiszolgálását.

4.1.1 Gyűjtőjárat – tervezési megoldásokra vonatkozóan

Az aszimmetrikus utazó ügynök problémából származtatható a szállítókapaacitással jellemezhető járművek járattervezési problémája. Ennek megoldásaként előállítható járattervezési eljárást alkalmazzák a leggyakrabban hulladékgyűjtő járatok tervezésére. A gyakorlati alkalmazások rendszerint nagyszámú kiszolgálási pontra vonatkoznak, ezért a szakirodalomban számos heurisztika található az NP nehéz probléma közelítő megoldására.

Ezek a heurisztikus algoritmusok minden kiszolgálási pont esetében ismertnek tekintik a gyűjtőedények telítettségét. Ennek technikai hátterét telemetriát alkalmazó monitoring-rendszer biztosíthatja. Az ilyen, a gyűjtőedények ürítéskori telítettségét jelző rendszer alkalmazása az egyértelmű előnyeinek elismerése mellett is meglehetősen drága, ezért olyan területeken építették ki a gyakorlatban, melyek lakossága elsősorban vagy

- kevéssé költségérzékeny, (mint a Shanghai Pudong új terület lakói [6]),
- fokozottan környezettudatos, mint a svéd Malmö – környéki szelektív hulladékgyűjtő rendszer szolgáltatási területén élők [4].

A. Rovetta és munkatársai [6]-ban kiemelik, hogy a jelentős beruházási költség akkor térülhet meg, ha a mérőeszközök információit hasznosítani tudó háttérrendszerek (real-time monitoring, historikus adatokon alapuló előrejelzés stb.) együtt tudnak működni a hulladékgyűjtő rendszer hatékonyságának növelése érdekében. [7] szerzője, O. M. Johansson megállapítja, hogy dinamikus tervezéssel a gyűjtés hatékonysága az előre elkészített tervekkel elérhető eredményekhez képest magasabb. Attól függetlenül igaz ez, hogy a megfigyelései szerint a statikus tervezésnek a kiszolgálási pontokon elhelyezett hulladékmennyiségekre vonatkozó bizonytalanságai nagyszámú gyűjtőedény eseték kiegyenlíthetik egymást. A dinamikus tervezés legnagyobb erényeként [7] a váratlan helyzetekhez (mint pl. nagy mennyiségű hulladéknak az ürítési ütemtől eltérően időzített megjelenése valamely gyűjtőponton) való alkalmazkodóképességet jelöli meg.

A P. Toth és D. Vigo által szerkesztett mű [8] jó összefoglalást ad az olyan járattervezési feladatok esetén alkalmazható algoritmusokról, amelyek a szelektív hulladékgyűjtő szigetek kiszolgálásának optimálására is alkalmasak. Ezek legfőképp abban különböznek az előző művektől, hogy nagyobb területen eloszló, pontszerű objektumok véges gyűjtőkapaacitású járművekkel való kiszolgálása a feladatuk.

A Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszékén (ME ALT) Gubán M. késleltetett összeszerelő üzemek telepítését logisztikai szempontból vizsgálta [10]. Az alkatrészek beszállításához-, illetve az üzemek közti szállításokhoz kapcsolódó költségeket a telepítési helyszínek kiválasztását, illetve az egyes beszállítók és alkatrészek üzemekhez való hozzárendelését elvégző célfüggvény egyik összetevőjeként vette figyelembe. Kidolgozott egy háromfázisú heurisztikus algoritmust a célfüggvény értékének minimalizálására, és érzékenységvizsgálatot hajtott végre a célfüggvény összetevőire (többek közt a szállítási költségekre) vonatkozóan. Az érzékenységvizsgálat eredményei szerint a kidolgozott algoritmus a szállítási költség jelentős változására sem érzékeny. Ennek okaként azt jelöli meg, hogy a probléma megoldása során figyelembe vett költségek (összeszerelési ktg, raktározási ktg., telepítési ktg.) összegéhez viszonyítva a szállítási költség mindössze mintegy 6% -os részarányt képvisel. Ugyanakkor arra következtet, hogy amennyiben ezek részaránya a teljes költséghez viszonyítva nagyobb, úgy a szállítási költségek változása alapvetően befolyásolhatja a telepítési elrendezést.

A ME ALT két kutatója, Bányai T. és Kota L. genetikus algoritmus logisztikai felhasználásával foglalkoztak [11] és [12] munkájukban. Az utóbbi mű genetikus algoritmust felhasználva hoz létre felügyeleti és karbantartási feladatokhoz kapcsolódó objektum-szakértő hozzárendeléseket. A Kota L. által figyelembe vett célfüggvény részét képezi a szakértők által megtett út hosszának a minimalizálása. Az általa kidolgozott heurisztikus algoritmus lokális, valamint kromoszómák közötti globális operátorokat használ a körutak elkészítésére, a megoldásokat reprezentáló egyedek jóságát pedig büntetőfüggvények segítségével határozza meg. Kota L. a módszerének továbbfejlesztési lehetőségeit taglalva felhívja a figyelmet az algoritmus számításidejének nagyságára, amennyiben nagyszámú szakértő, vagy kiszorgálandó objektum alkotja a megoldandó feladatot. Megoldási lehetőségként a számítási műveletek párhuzamosítását veti fel.

Ezen kutatási eredmények ismerete nagymértékben meghatározta a dolgozatom elkészítéséhez kapcsolódó kutatásaim irányát. A felsorolt szakirodalmak megállapításaival összhangban

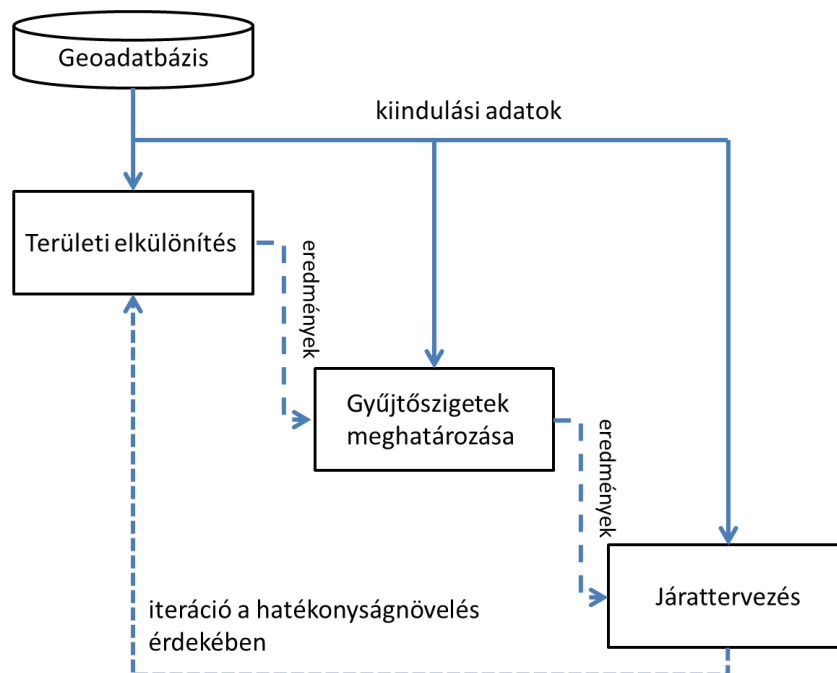
- együtt vizsgálom a hulladékgyűjtő szigetek célszerű elhelyezését a köztük megvalósítandó gyűjtőjáratok minimális útvonalának meghatározásával,
- foglalkozom a szolgáltatási terület partíciónálásának lehetőségeivel.

Az előbbi lehetővé teszi, hogy a hulladékgyűjtő rendszerek tervezése során szükséges minél több tényezőt figyelembe vegyek a kidolgozott rendszertervező modellben, az utóbbi pedig lehetőséget nyújt az egyszerre megoldandó probléma méretének csökkentésére.

5 A megoldás módszertana

Az általam kidolgozott tervezési módszer a hulladékgyűjtő rendszert adott szolgáltatási területre vonatkozóan iteráció révén alakítja ki. Az egyes ciklusok a tervezés négy fázisának végrehajtását jelentik:

- az első fázis az adott iterációs ciklus aktuális paramétereinek megfelelően összeállítja a szükséges adatstruktúrát; beleértve a hulladékgyűjtő edény-térfogatok kiszolgálási területen való eloszlásának meghatározását,
- a második fázis felosztja a kiszolgálási területet családi házas és társasházias területszegmensekre (melyeken belül rendre házhoz menő , illetve gyűjtőszigetes szelektív hulladékgyűjtés alkalmazására kerül sor),
- a harmadik fázis meghatározza a társasházias szegmensekben szükséges gyűjtőszigetek számát és elhelyezkedését,
- a negyedik fázis minimális gyűjtési úthosszakkal jellemezhető járaterv-alternatívákat készít külön a családi házas háztartások-, külön a gyűjtőszigetek kiszolgálására.



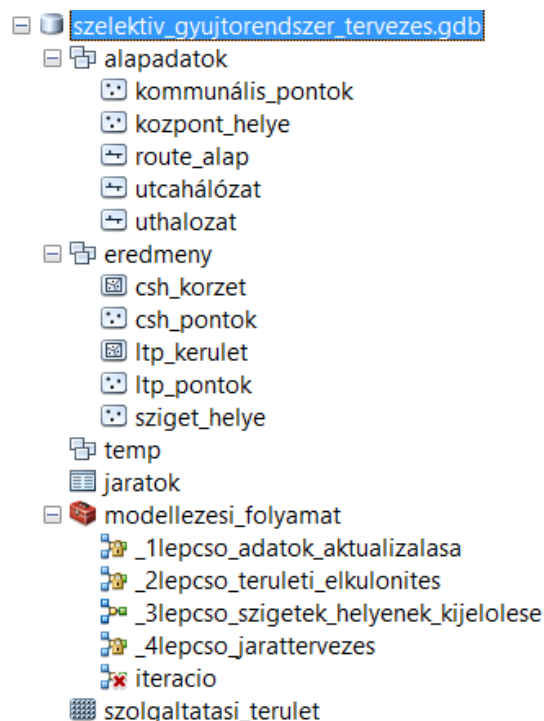
1. ábra: Az iteratív tervezési módszer fázisai és azok kapcsolata a tervezési folyamat során

Minden tervezési fázis kiinduló adatként használja fel az őt megelőző fázisok által előállított eredményeket. A negyedik fázis befejezését követően, a következő iterációs ciklus megkezdése előtt kerül sor az aktuálisan elkészített járaterv-alternatíva gyűjtési hatékonyságának kiértékelésére, amelynek az eredményétől függenek a következő ciklus során alkalmazott paraméterek értékei.

A tervezési módszer iterációs lépéseinek lényege a különböző területi felosztásokhoz tartozó gyűjtőrendszer-alternatívák és a bennük foglalt gyűjtőjáratok gyűjtési hatékonysága közti viszony vizsgálata, illetve ennek alapján az egymást követő iterációs ciklusok révén egyre magasabb hatékonyságú alternatívák kidolgozása. Az iterációt megvalósító algoritmus programozása során az egyes iterációs lépések alapjául szolgáló paramétert a fokozatos közelítés, avagy intervallumfelező eljárás (successive approximation) elvét felhasználva határoztam meg. Az algoritmus leállási feltételeként az egymást követő iterációs lépések során kapott hatékonyságértékek közötti különbségeket használtam fel. Ha az aktuális iterációs ciklus során kapott gyűjtési hatékonyság az összes addig végrehajtott ciklusban meghatározott értéktől nagyobb, de az addigi legnagyobb értékhez viszonyított hatékonyságnövekmény alacsony, akkor az adott ciklusban kidolgozott területi felosztást optimálisnak tekintem, az ehhez tartozó járatokat pedig az adott szolgáltatási terület esetén alkalmazható leghatékonyabbnak ítélem.

Térinformatikai alapadatbázis összeállítása (első fázis)

A rendszertervezés első fázisának feladata az alapadatok frissítése a folyamatban lévő iterációs ciklusnak megfelelően. Az adatstruktúra tartalmazza mindazon adatokat, amelyekre a további fázisokban szükség van. A tervezési módszer szoftveres implementációja ezeket az adatokat egy ún. geoadatbázisban tárolja.

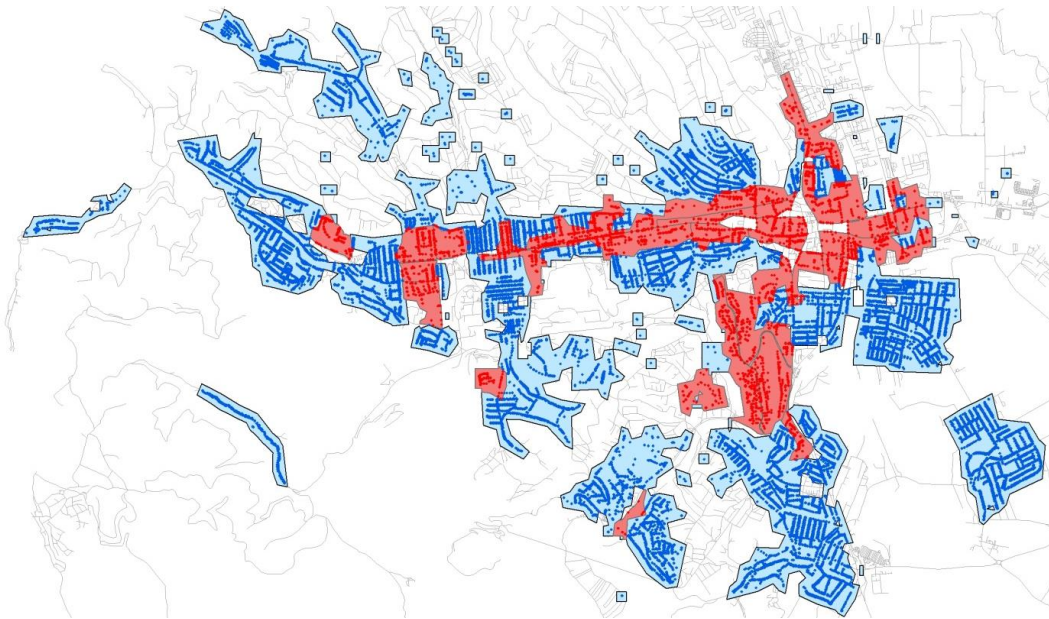


2. ábra: A tervezési folyamathoz szükséges alapadatokat tároló térinformatikai adatstruktúra (Geoadatbázis)

Az *alapadatok* adattáblái a szolgáltatási területet az igénybevevő háztartások elhelyezkedése és a gyűjtőedények térfogata-, valamint a rajta elhelyezkedő úthálózat szempontjából jellemzik. Emellett ez az adatbázis tartalmazza a hulladékkezelő központ elhelyezkedését is.

A családi házas és a társasházas területszegmensek megkülönböztetése (2. fázis)

A konkrét tervezési tevékenység első lépése a társasház és családi házas területszegmensek kijelölése. A Magyarországon jellemző ún. *nőtt* települések esetén ugyanis területileg nem választhatók el egymástól élesen a különböző típusú településrészek, a városaink többsége ebből a szempontból fragmentált képet mutat.



3. ábra: A különböző típusú területszegmensek megjelenítése (kék színűek a családi házas területszegmensek, a társasház területek pedig pirosak)

A különböző típusú területszegmensek a hulladékgyűjtő-edény térfogatok kiszolgálási területen való eloszlásának meghatározása révén különíthetők el egymástól. Ahol az egységnyi területre eső gyűjtőedény-térfogat magas, az a terület a társasház szegmensek közé sorolható, ahol pedig alacsony, az a családi házas szegmensek közé. A két szegmenstípust egymástól megkülönböztető átlagos gyűjtőedény-térfogat érték a dolgozat terminológiájában a *k* küszöbérték.

Gyűjtőszigetek elhelyezése (3. fázis)

A társasház területszegmenseken a gyűjtőszigetek helyének kijelölése érdekében centrumkeresés kerül végrehajtásra. Ennek során először minden ilyen szegmensben meghatározásra kerül a szükséges gyűjtőszigetek száma, majd ezek helykijelölése történik meg úgy, hogy a szegmenseken elhelyezkedő háztartások összes úthossza - melyet azok

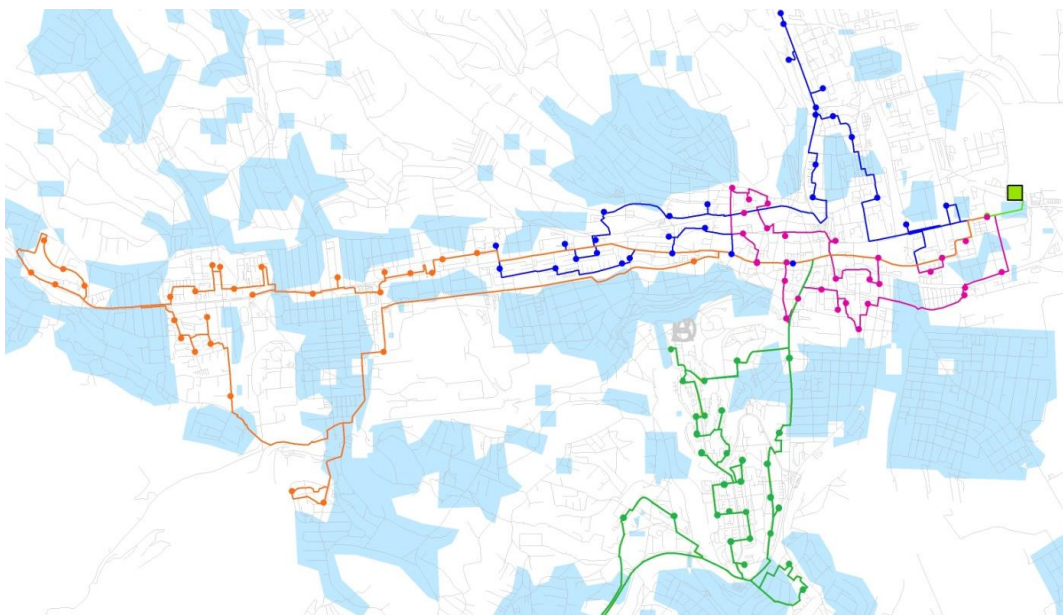
a szelektíven gyűjtött hulladékuk gyűjtőszigetre való továbbítása során tesznek meg - a lehető legkisebb legyen.



4. ábra: A társasházak területseggmenseken elhelyezett gyűjtőszigetek megjelenítése

Járattervezés (4. fázis)

A rendszertervező eljárás eddig bemutatott fázisai előállítják mindazon eredményeket, melyek - az alapadatokon túl - a családi házakat-, valamint a gyűjtőszigeteket kiszolgáló hulladékgyűjtő járatok tervezéséhez szükségesek. Ezek alapvetően a kiszolgálási igényekről (azaz az aktuálisan összegyűjthető hulladék mennyiségéről) és a kiszolgálási helyekről nyújtanak információkat a járattervező algoritmus számára.



5. ábra: A gyűjtőszigeteket kiszolgáló gyűjtőjáratok útvonalának megjelenítése

A gyűjtőjáratok kialakítására a térinformatikai platform által biztosított heurisztikus algoritmus felhasználásával, a családi házak és a gyűjtőszigetek kiszolgálását külön- külön elvégezve kerül sor.

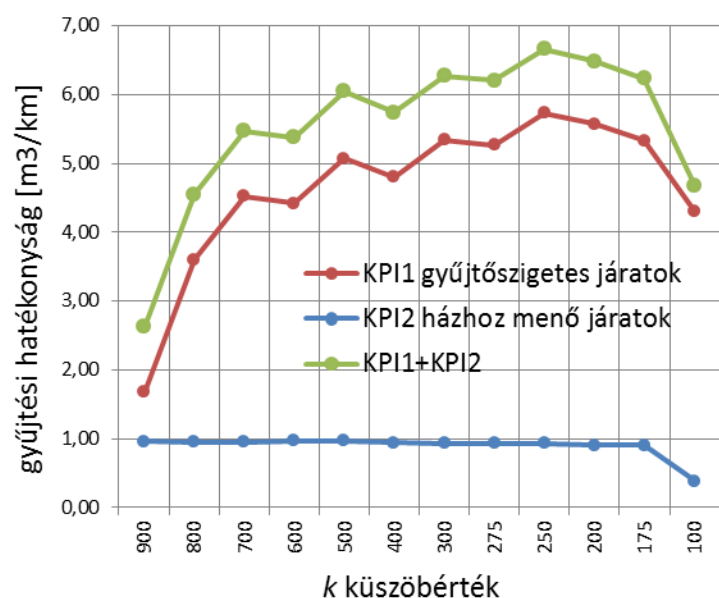
Eredmények

A gyűjtőrendszer-tervező módszer révén a gyakorlatban alkalmazottól hatékonyabb járatrend-alternatíva hozható létre a szelektív hulladékok összegyűjtésére. A modellterületen elvégzett vizsgálatok kimutatták, hogy a társasházak övezetbe javasolt gyűjtőszigetes szelektív hulladékgyűjtést kiszolgáló járatok hatékonysága mintegy négyszerese is lehet a jelenlegi hulladékgyűjtési gyakorlat ugyanezen mutatójának.

A 6. ábra mutatja az egyes iterációs ciklusok révén kidolgozott járatrendszer-alternatívák gyűjtési hatékonyságának változását a tervezési folyamat során. Az egyes alternatívákat a küszöbértékek csökkenő sorrendjében balról jobbra ábrázolva (így a társasházak szegmensek arányát a családi házak szegmensek rovására növelve) látható, hogy a gyűjtőjáratok hatékonyságainak összege nő, s ez a hatékonyság növekedés a szigeteket kiszolgáló járatok egyre hatékonyabbá válásának köszönhető.

Ez a gyűjtési hatékonyság a $k=250$ küszöbértéket elérve gyorsuló ütemben csökkenni kezd, ezért a modellterületen végrehajtott járat-tervező vizsgálat eredménye az ezen küszöbértékhez tartozó területi felosztásban és járatrend-alternatívában határozható meg.

küszöbérték (k)	KPI ₁	KPI ₂	KPI ₁ + KPI ₂
900	1,67	0,95	2,63
800	3,60	0,94	4,55
700	4,52	0,95	5,47
600	4,41	0,96	5,38
500	5,07	0,97	6,04
400	4,80	0,94	5,74
300	5,34	0,93	6,27
275	5,27	0,93	6,20
250	5,73	0,93	6,66
200	5,57	0,91	6,48
175	5,33	0,90	6,23
100	4,29	0,38	4,67



6. ábra: A tervezési módszer (k küszöbértékkel jellemzett) iterációs ciklusaiban kialakított járatrendszer-alternatívák gyűjtési hatékonyság mutatóinak változása

6 Új tudományos eredmények

1. Definiáltam egy új, hulladékgyűjtő rendszer - tervező módszert, mely térbeli információk felhasználása révén hatékonyabb gyűjtőjáratok kialakítását teszi lehetővé.

1.1. . Megalkottam egy, a lakossági szelektív hulladékgyűjtő rendszerek vizsgálatára és tervezésére alkalmas matematikai modellt. Ennek keretében

- azonosítottam azokat a térbeli információt hordozó jellemzőket, melyek szükségesek ilyen rendszerek tervezéséhez és kimutattam az eltérő lakóépület-típusokkal jellemezhető, de településszerkezetileg egymástól el nem különülő területtípusok megkülönböztetésének szükségességét,
- meghatároztam a hulladékgyűjtő járatok hatékonyságának kiértékelésére alkalmazható teljesítménymutatót.

1.2. Definiáltam a területtípusokhoz illeszkedő gyűjtőjárat – típusokat, illetve megmutattam a területtípusok és a rajtuk hulladékgyűjtési tevékenységet végző járatok teljesítménymutatói közötti összefüggést. Összegyűjtöttem és egy új tervezési módszerbe integráltam a szakirodalomban a kutatásom céljaira együttesen még nem alkalmazott algoritmusokat (és ezek gyakorlati alkalmazhatóságához szükséges közelítő eljárásokat).

1.3. Megmutattam, hogy az új tervezési módszer alkalmazásával egy valós hulladékgyűjtő rendszer szolgáltatási területén a szakirodalomban fellelhető-, és a jelenlegi gyakorlatban alkalmazottnál is hatékonyabb gyűjtőjáratok kialakítására nyílik lehetőség.

2. Meghatároztam a hulladékgyűjtő rendszerek gyűjtési teljesítményének időbeli változásának jellemzésére használható adatelemzési módszert.

2.1. Feldolgoztam egy működő hulladékgyűjtő rendszer konkrét tevékenységét tükröző adatokat. Kidolgoztam az adatok elemzésének módszerét. Meghatároztam, hogy milyen statisztikai leírás alkalmazható a szezonális hatások kimutatására a szelektív hulladékok gyűjtőszigetekről elszállítható mennyiségeinek idősoraiból.

2.2. Statisztikai módszerrel kimutattam, hogy különbségek tapasztalhatóak a különböző lakóépület-típusokkal jellemezhető területeken elhelyezkedő gyűjtőszigetekről származó, elkülönítetten gyűjtött hulladékok mennyiségi és minőségi jellemzői között. Megvizsgáltam, hogy miképp befolyásolja a szezonális hatások a gyűjtőszigetek telítődését, és ez milyen hatást gyakorol a gyűjtőrendszer működtetésére. Elemeztem az elkülönítetten gyűjtött hulladéktípusok esetében a szezonális hatásokat.

3. Létrehoztam a hulladékgyűjtési rendszerek logisztikai aspektusainak térinformatikai modelljét, illetve kidolgoztam a hozzákapcsolódó vizsgálati eljárást, mellyel meglévő rendszerek vizsgálata, és új rendszerek tervezése egyaránt végrehajtható.

3.1. A kidolgozott új tervezési módszerre alapozva meghatároztam azt a térinformatikai adatbázis-struktúrát, amely a gyűjtőrendszer-tervezéshez szükséges. Megállapítottam a kapcsolódási pontokat, amelyeket felhasználva definiáltam az egymásra épülő rendszertervezési fázisokat. Ezeket iterációs eljárással kombináltam, így a szakirodalomban fellelhető gyakorlati megoldásoknál jobb hatékonysági mutatókkal rendelkező gyűjtőjáratok kialakítására adódott lehetőségem. Térinformatikai platform felhasználásával olyan hulladékgyűjtő rendszer - tervező alkalmazást készítettem, amely

- képes bármely szolgáltatási területnek a különböző lakóépület-típusok szerinti felosztására,
- a területtípusokhoz különböző gyűjtési eljárásokat rendeltem és meghatároztam az azokat végrehajtó hulladékgyűjtő járatokat. Definiáltam a különböző gyűjtési módszert alkalmazó gyűjtőjáratok hatékonysági mutatóit. Kimutattam, hogy milyen összefüggés van ezen mutatók és a járatok jellege között.

3.2. Megállapítottam, hogy az úthálózat és a kiszolgálási címpontokon elhelyezkedő gyűjtőedény-térfogatok ismeretében különböző hatékonyságú gyűjtőrendszer-változatok alakíthatóak ki. Ezek között létezik olyan változat, amelynek a hatékonysága az összes többinél nagyobb.

3.3. Megvizsgáltam a különböző hulladékgyűjtő járat típusok járat terveinek érzékenységet a hulladékképződés ütemének (az egyes kiszolgálási címpontokon elhelyezett gyűjtőedények telítődésének) változására. Kidolgoztam a szezonális hatások figyelembe vételét lehetővé tevő hulladékgyűjtő rendszer - tervezési módszert.

7 Az eredmények hasznosítása, továbbfejlesztési irányok

A kidolgozott tervezési eljárás továbbfejlesztési lehetőségeinek fő irányai:

- az egyes tervezési fázisokban alkalmazott algoritmusok hatékonyságának növelése, vagy új, az eredményeket gyorsabban produkáló heurisztikák keresése,
- a tervezési fázisokat átívelő iterációs eljárás gyorsítási lehetőségeinek feltárása,
- a gyűjtőedények aktuális telítettségét figyelembe vevő gyűjtőjáratok tervezési lehetőségének megteremtése, ennek érdekében telemetriai eszközök felhasználásából származó információknak a kidolgozott eljárásba való integrálása.

A megjelölt továbbfejlesztési irányok közül a második járul hozzá a tervezési módszer futási idejének jelentősebb csökkenéséhez, mivel minden egyes „megspórolt” iterációs ciklusban 3 tervezési fázis tevékenységének futásidejét lehetne elkerülni.

1. táblázat: A rendszertervezési eljárás során alkalmazott optimálás dimenzióit meghatározó paraméterek, a tervezési fázisok szerint csoportosítva

tevékenység		vizsgálati lehetőség	
1. fázis alapadatok előállítás	1.1	az úthálózatra vonatkozóan	OD mátrix változtatásának hatása pl. új utak hatásának elemzése
	1.2	a háztartásokra vonatkozóan	az ürítési időpontok közti időintervallumban keletkező hulladékmennyiség meghatározása (telemetria felhasználása)
	1.3	a térképen a háztartásokat reprezentáló diszkrét pontok területté (raszterre) alakítása interpoláció révén, majd a raszter szegmentálása csh.- ltp. szerint	az interpoláció módszere, paraméterei a figyelembe vett környezet alakja és mérete, valamint a környezetben található értékek figyelembevételi lehetőségei
2. fázis területi elkülönítés	2.1	a társasházassz szegmensekben elhelyezendő hulladékgyűjtő szigetek számának meghatározása az ottani háztartásokban (társas és családi házak!) keletkező hulladékmennyiség és (esetleg nem lineáris) impedanciával meghatározott ráhordási távolság felhasználásával	az impedancia függvény jellegének változtatása (lineáris, hatvány, exponenciális, stb.)
	2.2	a szegmensek területegységekre való felosztása az úthálózat magasabb rendű elemeit, mint a gyűjtés természetes korlátait felhasználva. A kisméretű területegységek elhanyagolása (annak feltételezése, hogy az ottani háztartások a hozzájuk legközelebb eső más területegységek gyűjtőpontjait használják)	a felosztáshoz használt utak (úttípusok pl. autópálya, főút, többsávos utak) kiválasztása és az elhanyagolni kívánt területegységek méretének változtatása
	2.3	a szegmensek kialakítása a küszöbérték felhasználásával ltp-csh területi elkülönítése	a küszöbérték megválasztásának hatása a ltp - csh arányra
3. fázis gyűjtőpont- kijelölés	3.1	a ltp területek gyűjtőpont-térképének létrehozása	a szegmensek gyűjtőpontjainak különböző elhelyezési stratégiák igénybevételével történő megállapítása
4. járattervezés	4.1	a járattervek elkészítése	más (pl. idő, vagy komplex-) célfüggvények alkalmazása

A legnagyobb gyűjtési hatékonysággal jellemezhető gyűjtőrendszert iterációs lépésekkel létrehozó eljárás tehát a k küszöbérték (tehát egy vizsgálati paraméter) változtatása révén kereste a szolgáltatási terület optimális felosztását. Az 1. táblázat azokat a paraméterezési lehetőségeket vázolja fel, melyek a tervezési eljárás egyes fázisaiban használt értékek változtatására vonatkoznak, és amelyek segítségével újszerű optimalizációs feladatok fogalmazhatók meg.

8 Theses

1. A new planning approach is defined for designing efficient collection routes on the base of utilizing information supplied by geospatial data

1.1. A mathematical model is constructed to examine and plan separated household waste collection systems. In the frame of this work:

- necessary features for designing waste collection systems which contain spatial information are identified. The necessity of differentiation between settlement areas in which blocks of flats and areas in which family houses are significant.
- performance indicator for enumeration of efficiency of selective collection routes is defined.

1.2. Collection route types, which suit the different areas, are defined; a correlation between area types and collection routes which are operated on them is specified. A new planning approach is built upon the integration of algorithms (and appropriate heuristics for their practical application) which are identified by the literature and have not been used for this purpose yet.

1.3. The possibility of setting up such collection routes that could be operated on real service areas and which are more efficient than the ones which are described in the literature and both ones which are operated in the practice is demonstrated.

2. A data processing and analyzing method for characterization the time dependency of the collection efficiency of the waste collection system is elaborated

2.1. Real operation data of a waste collection system is analyzed. Appropriate analyzing method is discovered. Statistical approach for examining seasonal effects in the time series of waste quantities which are originated from kerbside collection islands is defined.

2.2. Differences between the quantity and quality of waste amounts which are originated from the areas of blocks of flats and the amounts that are originated from the areas of family houses are demonstrated by applying statistical data analytics. Effects of seasonal factors on loading the waste containers in the kerbside collection islands and in parallel the influence of this modified container loading on the waste collection system are presented. Effects of seasonal factors on the different fractions of separately collected waste are identified.

3. Geospatial Model of waste collection systems from the viewpoint of logistics aspects is built up. Procedures for carrying out examination of existing waste collection systems and planning new ones are defined.

- 3.1. The necessary geospatial database structure for designing waste collection system is worked out. Planning phases are implemented and connections among them are defined. Efficient collection routes are outlined by combining the planning phases with an iteration procedure. Waste collection route planning software is developed by applying geospatial platform. Functionality of this software:
- differentiation among the settlement areas with blocks of flats and areas of family houses,
 - assigns different waste collection methods with the different areas, enumerates the efficiency of their collection routes, and enables the examination of the correlation between the efficiencies and the route types.
- 3.2. Possibility of designing waste collection route alternatives with different efficiencies on the base of the route network of the service area and household waste container volumes is determined. Excreting the most efficient collection system alternative among the others by applying the newly designed software is demonstrated.
- 3.3. Sensitivity of the routing plans on the time dependent loading of the waste collection containers is enumerated. Application possibility for taking into account the seasonal factor effects by means of the waste collection system planning software is proven.

9 Az értekezéshez kapcsolódó publikációk

Írásos formában publikált közlemények

I. HAZAI SZAKMAI FOLYÓIRATBAN MEGJELENT, LEKTORÁLT IDEGEN NYELVŰ CIKK

[P/1.] R. LADÁNYI, B. ILLÉS, GY. SÁRKÖZI, 2009, *Periodic Timetable Optimization in the Public Road Transport Services*, Advanced Logistic Systems, 2009, Miskolc, Hungary, HU ISSN 1789-2198, pp. 219-225

[P/2.] R. LADÁNYI, 2013, *Optimization of separated household waste collection systems on the base of GIS modelling*, Advanced Logistic Systems, 2013, Miskolc, Hungary, várható megjelenés: 2013 december

II. HAZAI SZAKMAI FOLYÓIRATBAN MEGJELENT, LEKTORÁLT MAGYAR NYELVŰ CIKK

[P/3.] LADÁNYI R., 2010, *Hogyan növelhető az inverz logisztika hatékonysága?*, Logisztikai Híradó XX. évf., 2. szám, 2010. április, Magyar Logisztikai Készletezési és Beszerzési Társaság, ISSN 2006-6333, pp. 37-41

[P/4.] LADÁNYI R., 2011, *Hulladékgyűjtés optimalizálása térinformatikai alapokon*, Zöld Ipar Magazin, I. évf. 7. szám, 2011. július, ISSN 2062-3674, pp. 56-59

[P/5.] [P/3.1] LADÁNYI R., 2013, *Inverz logisztikai rendszerek tervezésének új eszköze*, Logisztikai Híradó, XXIII. évf. 4. szám, 2013. augusztus, ISSN 2062-3674, pp. 18-19

III. HAZAI SZAKMAI FOLYÓIRATBAN MEGJELENT, NEM LEKTORÁLT MAGYAR NYELVŰ CIKK

[P/6.] LADÁNYI R., 2007, *Folyadékkristályos képernyők (LCD) újrahasznosítása*, GÉP, LVIII. évf. 8-9. szám, 2007, Gépipari Tudományos Egyesület, ISSN 0016-8572, pp. 34-35

IV. NEMZETKÖZI KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENŐ, LEKTORÁLT, IDEGEN NYELVŰ ANYAG

[P/7.] R. LADÁNYI, 2006, *Functionality test of End-of-Life TFT LCD Panels*, IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, Section: Material Challenges, 2006, San Francisco, USA, ISBN 1-4244-0351-0, ISSN 1095-2020, pp. 351-355

[P/8.] R. LADÁNYI, GY. SÁRKÖZI, 2010, *The Role and Importance of Simulation in the Logistic Processes of Public Transport*, microCad 2010 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology,

2010, Miskolc, Hungary, ISBN 978-963-661-925-1-Ö, ISBN 978-963-661-920-6, pp. 149-155

[P/9.] **R. LADÁNYI**, 2010, *Optimisation of Selective Waste Collection Routes on the Basis of GIS*, International Symposium on Advanced Engineering & Applied Management, Section: Environmental Engineering & Ecology, 2010, Hunedoara, Romania, ISBN 978-973-0-09340-7, pp. 31-34

[P/10.] **R. LADÁNYI**, **N. TÓTH**, 2011, *Case Study of a Supplier Warehousing Process Rationalization*, microCad 2011 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary, ISBN 978-963-661-967-1, pp. 99-103

[P/11.] **R. LADÁNYI**, 2011, *Optimisation of Selective Waste Collection Routes on the Basis of GIS*, microCad 2011 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary, ISBN 978-963-661-967-1, pp. 93-97

[P/12.] **R. LADANYI**, 2012, *Planning of Waste Collection System at the New Hungarian AUDI Plant by using GIS*, microCad 2012 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary

[P/13.] **R. LADANYI**, 2012, *GIS based Approximation of the Filling of Selective Collection Containers*, microCad 2012 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2012, Miskolc, Hungary

[P/14.] **R. LADANYI**, 2013, *Danube Harbour Development (DaHar R&D project Route Optimization on Multimodal Transport Network)*, microCad 2013 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2013, Miskolc, Hungary

V. NEMZETKÖZI KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENŐ, NEM LEKTORÁLT, MAGYAR NYELVŰ ANYAG

[P/15.] **LADÁNYI R.**, 2002, *Járművek újrahaznosítása*, VII. Fialal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2002, Kolozsvár, ISBN 973-8232-16-7, pp. 93-96

VI. HELYI KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENŐ, NEM LEKTORÁLT, MAGYAR NYELVŰ ANYAG

[P/16.] **LADÁNYI R.**, **CHRABÁK P.**, 2011, *Térinformatikai megoldás a hulladékgyűjtés járattervezésére*, XII. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum és Kiállítás, 2011, Szombathely, pp. 118-123

Szakmai előadások

VII. SZAKMAI ELŐADÁSOK IDEGEN NYELVEN

- [SZ/1.] R. LADANYI, 2010, *Selective Waste Collection Route Optimisation*, International Symposium on Advanced Engineering & Applied Management, Section: Environmental Engineering & Ecology, 2010, Hunedoara, Romania
- [SZ/2.] R. LADANYI, 2010, *The Role and Importance of Simulation in the logistic processes of Public Transport*, microCad 2010 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2010, Miskolc, Hungary
- [SZ/3.] R. LADANYI, 2011, *Optimisation of Selective Waste Collection Systems on the base of GIS*, microCad 2011 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary
- [SZ/4.] R. LADANYI, 2011, *Case Study of a Supplier Warehousing Process Rationalization*, microCad 2011 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary
- [SZ/5.] R. LADANYI, 2012, *Planning of Waste Collection System at the New Hungarian AUDI Plant by using GIS*, microCad 2012 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary
- [SZ/6.] R. LADANYI, 2012, *GIS based Approximation of the Filling of Selective Collection Containers*, microCad 2012 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2011, Miskolc, Hungary
- [SZ/7.] R. LADANYI, 2013, *Danube Harbour Development (DaHar R&D project Route Optimization on Multimodal Transport Network)*, microCad 2013 International Scientific Conference, Section P: Material Flow Systems, Logistical Information Technology, 2013, Miskolc, Hungary

VIII. SZAKMAI ELŐADÁSOK MAGYAR NYELVEN

- [SZ/8.] LADÁNYI R., 2009, *Szelektív hulladék gyűjtését végző járatok tervezése*, XIV. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, 2009, Budapest

- [SZ/9.] **LADÁNYI R.**, 2010, *Kommunális hulladék gyűjtését végző járatok tervezése*, XV. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, 2010, Budapest
- [SZ/10.] **LADÁNYI R.** CHRABÁK P., 2011, *Innovatív módszerek alkalmazása a kommunális hulladékgyűjtés hatékonyságának növelése érdekében*, XII. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum és Kiállítás, 2011, Szombathely
- [SZ/11.] **LADÁNYI R.**, 2011, *Hulladék gyűjtését végző rendszerek tervezésének új megközelítése –térinformatikai szoftver felhasználásával*, XVI. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, 2011, Budapest
- [SZ/12.] **LADÁNYI R.**, 2013, *Másodnyersanyagok hasznosítását elősegítő rendszer kidolgozása térinformatikai alapokon*, I. Bay Ösztöndíjas Kutatók Szemináriuma, 2013, Miskolc
- [SZ/13.] **LADÁNYI R.**, 2013, *Térinformatika alkalmazása a lakossági elkülönített hulladékgyűjtés hatékonyságának növelése érdekében*, XVIII. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, 2013, Budapest

10 Hivatkozásjegyzék

10.1 Tézisfüzetben hivatkozott szakirodalom

- [1] C, Garce S, Alberto L, Marta P. P, Rivera **Urban Waste Recycling Behavior: Antecedents of Participation in a Selective Collection Program** 2002 Zaragoza, Spain, 2002 Springer-Verlag
- [2] J.R. Bringham, E. Zandonade, W.M.R. Günther: **Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion.** Resources, Conservation and Recycling 2011. ELSEVIER, 2011
- [3] G. Tavares, Z. Zsigraiova, V. Semiao, M.G. Carvalho, **Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling.** Waste Management Vol. 29. 2009, ELSEVIER, 2009
- [4] O. Apaydin, M.T. Gonullu, **Route Optimization for solid waste collection: Trabzon Case Study** Global Nest Journal Vol 9., 2007 GLOBAL NEST 2007
- [5] Vityi Andrea, **A szelektív hulladékgyűjtés humán vonatkozásainak vizsgálata**, PhD értekezés, Nyugat – Magyarországi Egyetem, 2006
- [6] A, Rovetta, F, Xiumin, F, Vicentini, Z, Minghua, A, Giusti, H, Qichang. **Early detection and evaluation of waste through sensorized containers for a collection monitoring application.** Waste Management, 29(12):2939 – 2949, 2009.
- [7] O. M, Johansson. **The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system.** Waste Management, 26(8):875 – 885, 2006.
- [8] P, Toth, D., Vigo.(editors) **The vehicle routing problem.** Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA, USA, 2001.
- [9] Prof. J. Cselényi, Prof. B. Illés, **Logisztikai rendszerek I.** Miskolci Egyetemi Kiadó, 2004
- [10] M. Gubán, **Késleltetett összeszerelő üzemek logisztika orientált telepítésére szolgáló matematikai modellek és módszerek fejlesztése globalizált termelés esetén,** Miskolci Egyetem 2003.
- [11] T. Bányai, B. Oláh, **Optimisation of permutation flowshop scheduling problem with genetic algorithm,** in: Annuals of the Oradea University. Proceedings of Annual Session of Scientific Papers. Management and Technological Engineering. Oradea. 2002.

[12] L. Kota, **Hozzárendelési feladatok logisztikai ráfordítás alapján történő optimalizálása hálózatszerűen működő, műszaki felügyeletet és karbantartást ellátó rendszerekben**, Miskolci Egyetem, 2012.

10.2 Hivatkozott ipari K+F jelentések

[K/1] Magyar Posta Zrt., Térinformatikai járat tervező rendszer bevezetésének előkészítése, 2008

[K/2] AVE Miskolc Kft., Szelektív hulladékgyűjtés járat optimalizálása, 2008

[K/3] Mentó Környezetkultúra Kft., Integrált hulladékkezelő logisztikai rendszer fejlesztése, 2008

[K/4] Borsod Volán Zrt, Közösségi közlekedési rendszer járat tervezése, 2009

[K/5] AVE Miskolc Kft., Kommunális hulladékgyűjtés járat optimalizálása, 2010

[K/6] Jászkun Volán Zrt, Közösségi közlekedési rendszer járat tervezése, 2010

[K/7] AUDI Hungária Kft, Az AHM új győri gyárában keletkező hulladékok gyűjtési rendszerének tervezése, 2011-2013