

Evsel katı atık toplama sisteminin CBS tabanlı modellenmesi

Bülent ARMAĞAN*, **İbrahim DEMİR**

İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Katı atık yönetim sisteminde atık toplama maliyeti % 65-95 arasında bir paya sahiptir. Bu çalışmanın ana amacı, evsel katı atıkların yüksek verimle toplanabilmesi açısından uygun güzergahın tespiti için bir optimizasyon modeli geliştirmektir. Bunun yanında toplama maliyetinin % 70-80'nini işçi ücretleri oluşturmaktadır. Bu çerçevede pilot proje uygulaması için katı atık toplama faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştirildiği, tasarlanan tüm grafik ve sözel verileri içeren, yaklaşık 220 km yol ağına sahip bir alan seçilmiştir. Proje sınırları İstanbul ili Beşiktaş, Beyoğlu, Eminönü ve Şişli ilçelerinin bir bölümünü içermektedir. Katı atık toplama araçlarının güzergah optimizasyonunun ArcLogictics 1.1a'da modellenmesi için bir ön şart olan Network sistemi ArcView ortamında oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Katı atık yönetim sistemi, katı atık toplama sistemi, coğrafi bilgi sistemi, optimizasyon.*

Modelling municipal solid waste collection system by GIS based

Abstract

Rapid improvements in the hardware and software for geographic information system (GIS) have enhanced its potential for solving various types of engineering and management problems. Solid waste collection, which has an important part in the solid waste management system, has been taken as the core subject. Solid waste need to be stored and kept in appropriate places and conditions by the time it is collected and removed from the area that it originates. The economical period of collection is between once a week and every other day. The solid waste collection cost constitutes between 65-95 percent of the total costs in a solid waste management system. Besides, between 70-80 percent of the collection costs are the worker's wages. The purpose of this study is to develop an optimization model for the determination of a convenient route to effectively collect home solid waste, which are being piled up heterogeneously. In this context An area, with a dense activity of solid waste collection, which contains all of the graphical and verbal data and has approximately 220 km. of roads, is chosen as the sample area for this study. The sample area includes some parts of the Beşiktaş, Beyoğlu, Eminönü and Şişli districts of İstanbul. The Network system, in order to establish a solid waste collection information system, has been formed in the ArcView GIS 3.2 environment as 11 layers.

Keywords: *Solid waste management system, solid waste collection system, geographic information system, optimization.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Bülent ARMAĞAN. armagan1@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 65 43.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İnşaat Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Katı atık toplama maliyetlerinin minimizasyonu için coğrafi bilgi sisteminin kullanıldığı bir optimizasyon modeli geliştirilmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 30.10.2003 tarihinde dergiye ulaşılmış, 21.06.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.10.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Optimum katı atık yönetim planlaması yapmak büyük-küçük bütün belediyelerin ana problemleri arasında yer almaktadır. Katı atık yönetim uygulamaları daha karmaşık hal aldıkça, karar verme aşamasında ileri analitik metotlar daha sık kullanılmaktadır. A.B.D.'deki trend düzenli depolama veya yakma işlemlerinin yanında dönüşüm ve azaltma programlarının de uygulanması şeklindedir (Everett vd., 1993). Bu manada kaynağında geri kazanma programını uygulayan belediyelerin sayısında büyük artış olmuştur. Katı atık yönetim sistemindeki çeşitli parametrelerin analizleri ve projelendirilmesi için bir dizi simülasyon modelleri geliştirilmiştir.

Orta gelir grubunda sayılan Türkiye'de katı atık toplama maliyetlerinin 30–40 \$/ton mertebesinde olduğu bilinmektedir. Bu durumda kaba bir yaklaşımla 10 milyon nüfuslu İstanbul için günde kişi başına 1 kg katı atık oluştuğu ve katı atık toplama maliyetinin 30 \$/ton olduğu kabul edilirse yıllık toplama maliyeti 100 milyon \$ mertebesine ulaşmaktadır. Bu maliyet uygun bir optimizasyon modeli kullanılarak 15 \$/ton mertebesine düşürülebilir (Kınacı ve diğ., 2000). Böylece yılda yaklaşık 50 milyon \$ mertebesinde tasarruf sağlanabilecektir.

Optimizasyon modelleri ile özelde toplama maliyetini genelde ise toplam katı atık yönetim masraflarını optimize edebilme mümkün olabilmektedir. Model aynı zamanda toplama için harcanan süreyi ve toplama için kullanılan araç-gereçleri de optimize edebilmekte, ayrıca karışık olarak biriktirilen katı atıkların yüksek verimle toplanabilmesi için en uygun güzergahın tespit edilebilmesi sağlanmaktadır.

Evsel katı atık toplama modelleri

Everett ve Shahi (1996a) tarafından yapılan çalışmada kompostlaşabilir materyallerin kaynağında toplanmasının pahalı olabileceğini hem katı atıkların kaynağında toplanmasının maliyetinin yüksek olmasından hem de evlerde üretilen katı atık miktarına göre bu tip atıkların düşük miktarlarda kalacağından ve dışarı çıkaracak atığı bulunmayan evlerin önünden geçmek suretiyle verimsiz zaman tüketimi yapılacağını ifade

edilmektedir. Ayrıca bu çalışmada makalede dışarı çıkarma oranı ve dağılımı, toplanan materyal miktarı ve toplama metodu özelliklerine göre çalışan güzergah süresini tahmin etme kabiliyeti olan bir model geliştirilmiştir. Model ayrıca seyahat süresi, toplama süresi ve dur işareti ile trafik işaretinde beklerken harcanan süreleri de tahmin edebilmektedir. Model parametreleri itibari ile kompostlaşabilir materyallerin toplanması üzerine kurulmuştur. Oklahama'nın Norman bölgesinde bir toplama güzergahı için 6 toplama günü üzerinden model güzergah süresini gözlenen değerden % 4.8'lik bir farkla tahmin etmiştir.

Aynı yazar grubu yaptıkları ikinci çalışmada (Everett ve Shahi 1996b) modelin simülasyonu ve uygulamasını yapmışlardır. Bu çalışmada simülasyon modeli, toplama metodu ve güzergah özelliklerinin toplama süresi üzerindeki etkilerini araştırmak için kullanılmıştır. Simülasyon analizleri göstermiştir ki, güzergah süresi (RT), atığını belirtilen günde dışarı çıkartan evlerin belli bir değerinde dışarı çıkarma oranı (SOR) ile lineer olarak değişmektedir. Toplanan kap başına güzergah süresi (RTU) daha yüksek dışarı çıkarma oranı (SOR) değerinde nispeten sabit kalmaktadır. Fakat SOR'un belli değer altına düştüğü dönemlerde RTU değeri hızla artmaktadır. Toplama metodunun ve mahallenin özellikleri RT ve RTU değerlerini etkilemektedir. Ancak dışarı çıkarma oranının (SOR) üzerinde yaklaşık %5'lik küçük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Modak ve Everett (1996a, 1996b) katı atık sistemlerinin optimal programlanması çalışmalarının birinci bölümünde bir deterministik lineer programlama modeli üzerinde çalışmışlardır. Model belirli bir entegre katı atık yönetim sisteminde bertaraf ve dönüşüm seçeneklerinin uzun süreli planlanmasında karar vericilere yardımcı olmak için sunulmuştur. Bu model, uzun vadeli bir planlama dönemi boyunca maliyetleri asgariye indirebilmek amacıyla, hangi tip entegre katı atık yönetim programının uygulanacağına ve ne zaman uygulanacağına karar vermek için kullanılabilir. Model, belirli yerleşim birimlerini, depolama alanları

ve yakma fırınları, geri dönüşüm ve kompost programları gibi belirli toplama ve ayırma (diversion) tercihlerinin muhtemel uygulamasını entegre edebilme yeteneğine de sahiptir. Bunun yanında model, birbirinden bağımsız toplama ve işleme tercihlerini entegre edebilmektedir. Ayrıca model, depolanan atık hacmini ve yakılan atığın enerji muhtevasını tanımlamada, atık akımları üzerinde dönüşüm seçeneklerine vasıta olmaktadır.

Bir diğer makalede Chang ve Wang (1996) katı atık yönetim sistemleri için Fuzzy Yöntemi ile optimum planlama yöntemi üzerinde durmuşlardır. Sistem planlaması sırasında en kritik sorular; Geri dönüşümün kapsamı ve uygun yakma metodu nedir? Spesifik yönetim senaryoları altında özel ve resmi sektör üzerindeki ekonomik etkilerin sonuçları nelerdir olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak katı atık bileşiminden, üretiminden ve katı atığın sıcaklık değerinden kaynaklanan zorluklar gibi ikinci el materyal pazarındaki durgunluk yönetimde karar vericilere ilave zorluklar çıkarabilmektedir. Bu makale bu tip problemleri çözmek için non-lineer fuzzy amaçlı program yaklaşımlarını ele almaktadır. Özellikle yönetim planlama senaryolarını değişik türdeki üyelik fonksiyonlarının kullanımında fuzzy'in alabileceği rolü karar vericilere göstermektedir.

Başka bir makalede ise Shik ve Lin (1999) hastane atıklarının toplanmasında optimum güzergahın belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Tayvan'daki irili-ufaklı hastaneler ürettikleri tıbbi atıkların bertarafı için kendi bünyelerinde herhangi bir uzaklaştırma sistemine sahip olmayıp bu atıkları toplayıp uzaklaştıracak bir organizasyona ihtiyaç duymaktadırlar. Birbirinden bağımsız merkezlerde üretilen tıbbi atıklar, planlama ve toplama programı problemi bir periyodik araç güzergah problemi olarak formüle edilmiştir. Atıkların haftalık olarak toplanması konusunda gerekli dikkat gösterilmiştir. Modelin optimal çözümünde iki adımlı bir yaklaşım kullanılmıştır. Birinci adımda standart bir toplama aracı güzergah problemi üzerinde çalışılmıştır. İkinci adımda ise karışık entegre program kullanılarak güzergahlar haftanın belli günlerine göre düzenlenmiştir.

Evsel katı atıkların toplanmasında coğrafi bilgi sistemi yaklaşımı

Katı atıkların toplanmasında coğrafi bilgi sistemini uygulamak için ilk olarak optimizasyon modeline esas teşkil edecek Katı Atık Toplama Bilgi Sisteminin kurulması gerekmektedir. Katı Atık Toplama Bilgi Sistemi (KATBS) tasarım aşamasında önce sistem tasarımında gerekli minimum konfigürasyon ve özellikler tespit edilmiştir. Birbirine paralel olarak veri tasarımı, işlem tasarımı ve fiziksel tasarım yapılmıştır. Veri tasarımında analizde saptanan coğrafi nesnelere katmanları, öznitelikleri, ilişkisel veri tabanı tabloları belirlenmiştir. İşlem tasarımında sistemde yapılacak işlemler belirlenmiştir. Sistem gereksinimlerini karşılayacak olan işlemler çizim, coğrafi analiz ve sorgulama, çıktı ve raporların hazırlanması, veri girişi ve güncelleştirme olarak tasarlanmıştır. Fiziksel tasarımda uygulamada kullanılacak olan yazılım ve donanım kesinleştirilmiş ve yazılım özellikleri dikkate alınarak veri tasarımı fiziksel hale dönüştürülmüştür. Bu çalışmada kişisel bilgisayar, ArcView ve ArcLogistics Route CBS yazılımları, Microstation CAD yazılımı, Windows 98 işletim sistemleri kullanılmıştır.

Pilot proje bölgesinin seçilmesi

Pilot proje uygulaması için katı atık toplama faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştirildiği, tasarlanan tüm grafik ve sözel verileri içeren, yaklaşık 220 km yol ağına sahip bir alan seçilmiştir. Bu alanın seçilmesinde farklı coğrafi ve mahalle koşullarının varlığı, trafik yoğunluğunun bazı bölgelerde gündüz saatlerinde fazla olması gibi faktörlerde belirleyici olmuştur. Proje sınırları İstanbul ili Beşiktaş, Beyoğlu, Eminönü ve Şişli ilçelerinin bir bölümünü içermektedir. Çalışma alanındaki mevcut durum, idari sınırları, ortofoto haritalar, UTM pafta indeksi ile ilgili grafik ve sözel veriler sayısal olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Harita Müdürlüğünden temin edilmiştir. Seçilen pilot bölgede öncelikle bir dizi arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve bölgedeki sokak ve caddelerdeki binalara ait kapı numaraları, trafik işaretleri, trafik yönleri ile sokak ve cadde isimlerinden oluşan datalar araziden toplanmıştır.

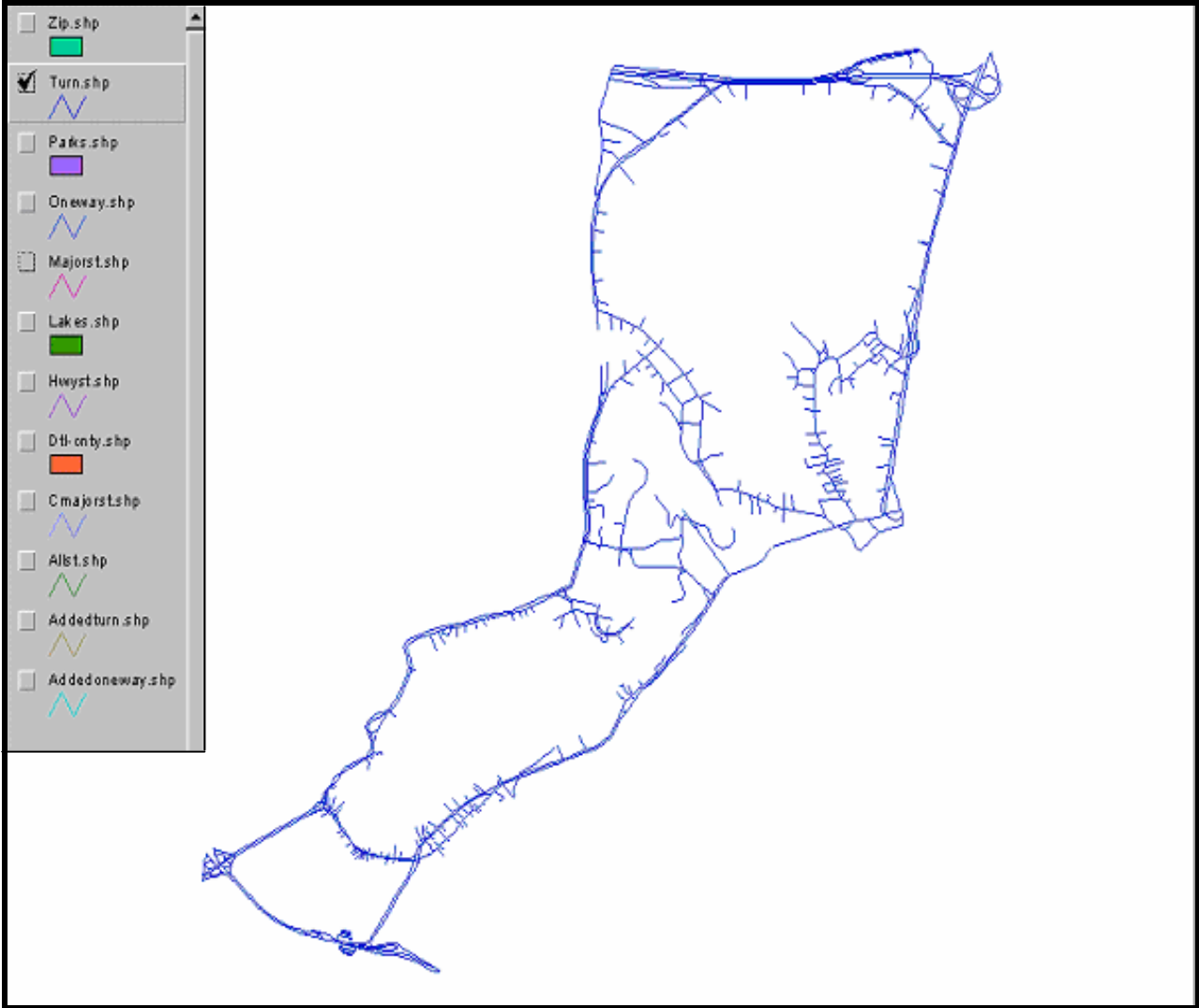
ArcView ortamında 11 ayrı katmanın oluşturulması

Seçilen bölgeye ait katı atık toplama araçlarının güzergah optimizasyonu için bir ön şart olan Network sistemi ArcView ortamında oluşturulmuştur. Bu çerçevede ArcView GIS 3.2 programı uygulama bilgisayarına yüklenerek network sistemi oluşturulmuştur. Şekil 1’de ArcView ortamında oluşturulan AllSt.shp katmanının tablosu görülmektedir.

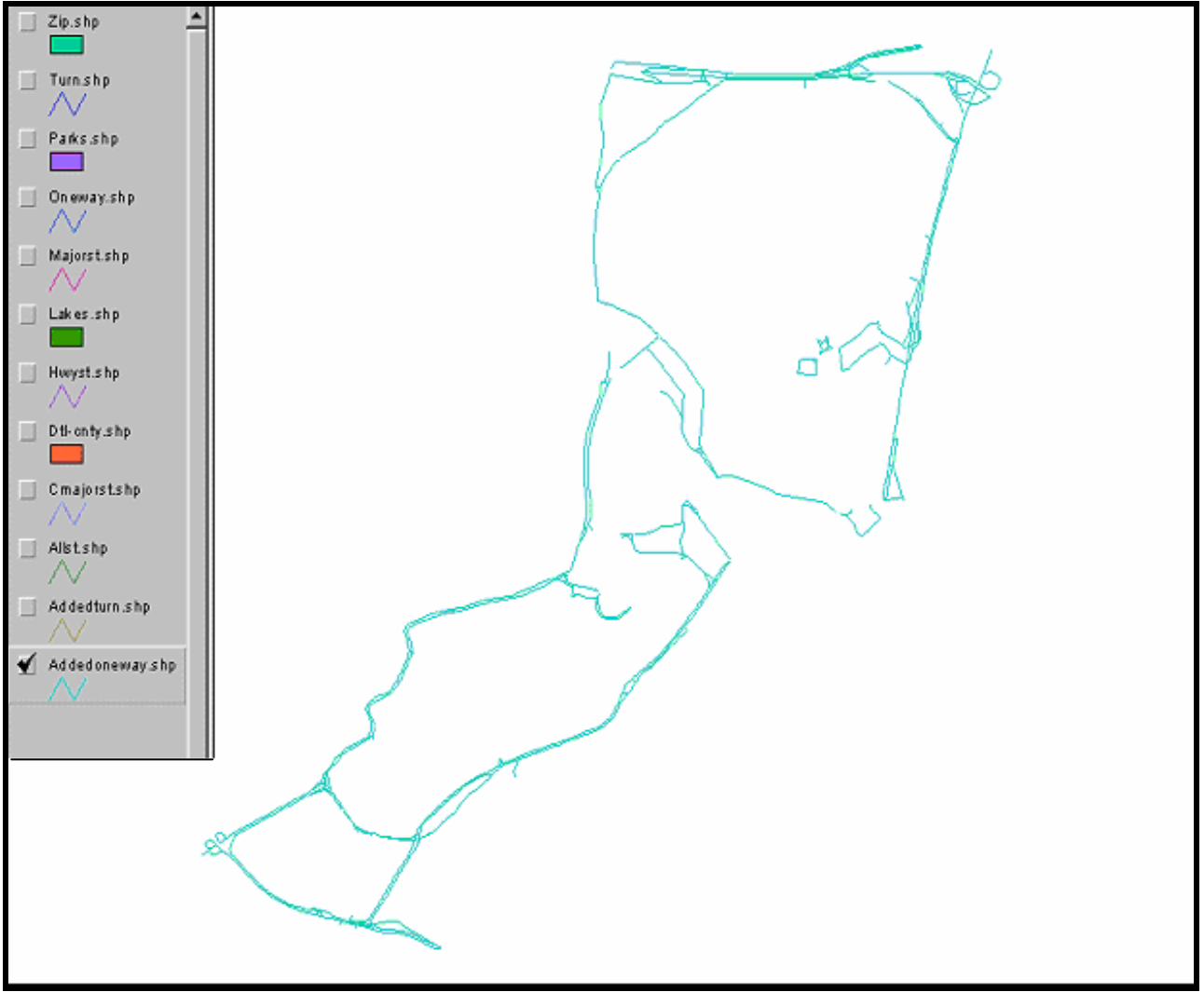
Bu tabloda network analizinin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan; AllSt.shp, MajorSt.shp, HwySt.shp, Oneway.shp, Addedoneway.shp, Turn.shp, Addedturn.shp, Dtl-Cnty.shp, ZIP.shp, Lakes.shp, Parks.shp katmanları ayrı ayrı tanımlanmıştır. Şekil 1’deki tabloya seçilen pilot

bölgeye ait tüm yol bilgileri girilmiştir ve toplam 3208 satırdan oluşmaktadır. Burada önemli olan nokta seçilen bölgede yukarıda ifade edilen katmanlar o bölgede tanımlı olsun yada olmasın network analizi içinde bulunma gerekmektedir.

Şekil 2’de ise ArcView ortamında oluşturulan Turn.shp katmanına ait harita sayfası görülmektedir. Turn.shp dosyası toplam 3644 satırdan oluşmaktadır. Seçilen pilot bölgeye ait tüm yollardaki dönüşler hakkında detay bilgileri içermektedir. Bir sonraki adımda oluşturulan Addedturn.shp dosyası 2159 satırdan oluşmaktadır. Addedoneway.shp katmanı pilot bölgedeki tüm yollara ait yön bilgilerini içermektedir. Şekil 3’te Addedoneway.shp dosyasının harita şeklindeki gösterimi görülmektedir.



Şekil 2. ArcView ortamında Turn.shp katmanının görünümü



Şekil 3. ArcView ortamındaki Addedoneway.shp katmanının görünümü

Sonuç ve değerlendirme

Bu çalışmada katı atık toplama sisteminde güzergah optimizasyonu coğrafi bilgi sistemi yardımı ile modellenmiştir. Bu çerçevede katı atık bilgi sisteminin oluşturulması için mevcut faaliyetlerin analizi yapılmış, analizde saptanan gereksinimleri, beklentileri karşılayacak, veri, işlem ve fiziksel tasarım yapılmıştır. Tasarım pilot proje alanını içeren veriler ile ArcView yazılımında gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sistemle yürütülecek katı atık toplama faaliyetlerinde;

- Güncel ve doğru verilerin/bilgilerin kullanılması,
- İhtiyaçların doğru olarak belirlenmesi
- Kaynakların en iyi şekilde kullanılması,
- Verimin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi,
- Hizmet hızının ve güvenliğinin artırılması, olanakları sağlayacaktır.

Diğer taraftan oluşturulan sistem katı atık toplama faaliyetlerinde,

- Yol ağının oluşturulması, sorgulanması ve yol ağı analizleri,
- Sefer yoğunluklarının tespiti ve analizi,
- Sefer saatlerinin sorgulanması ve düzenlenmesi,
- Her bir konteynere uğrama saatinin sorgulanması ve düzenlenmesi,
- Yeni güzergah ve konteyner ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Yeni konteyner yerlerinin belirlenmesi,
- Yeni güzergah için en uygun yolun belirlenmesi,
- Katı atık toplama araçlarının garaj çıkış ve dönüşlerinin belirlenmesi,
- Kaza yapan ve arızalanan araçlara yardıma gidecek araçların belirlenmesi,

- Hat, konteyner ve güzergahlara ait raporların hazırlanması,
- Rapor ve çizimlerin çıktılarının alınması,
- Sistemdeki tüm mevcut verilerin güncelleştirilmesi amaçlarıyla kullanılabilir.

Sistem oluşturmada veri toplanması maliyetleri en çok arttıran iş adımıdır. Bu nedenle kurumlar arası koordinasyon sağlanmalı ve veri standartları belirlenmelidir. Veri bu standartlara göre toplanmalı ve sisteme aktarılmalıdır. Verinin doğruluğunu kaybetmemesi için güncelleştirme prosedürleri oluşturulmalı ve işlerliği sağlanmalıdır. Bu şekilde verinin kurumlar arasında ortak kullanımı sağlanabilecek, iş tekrarı önlenerek zaman ve maddi kazanç elde edilecektir.

Pilot proje uygulaması için katı atık toplama faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştirildiği, tasarlanan tüm grafik ve sözel verileri içeren, yaklaşık 220 km yol ağına sahip bir alan seçilmiştir. Proje sınırları İstanbul ili Beşiktaş, Beyoğlu, Eminönü ve Şişli ilçelerinin bir bölümünü içermektedir. Bu alanın seçilmesinde farklı coğrafik ve mahalle koşullarının varlığı, trafik yoğunluğunun bazı bölgelerde gündüz saatlerinde fazla olması gibi faktörlerde belirleyici olmuştur. Çalışma alanındaki mevcut durum, idari sınırları, ortofoto haritalar, UTM pafta indeksi ile ilgili grafik ve sözel veriler sayısal olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Harita Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Pilot bölgeye ait tüm konteynerler ve konumları, binaların kapı numaraları, trafik işaretleri, trafik yönleri ile toplama araçlarına ait ihtiyaç duyulan hız gibi bazı özellikler arazi çalışması ile tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında ArcLogistic Optimizasyon programının çalışmasında bir ön şart olan Network sistemi ArcView ortamında oluşturulmuştur. Network sistemi için ihtiyaç

duyulan; AllSt.shp, MajorSt.shp, HwySt.shp, Oneway.shp, Addedoneway.shp, Turn.shp, Addedturn.shp, Dtl-Cnty.shp, ZIP.shp, Lakes.shp, Parks.shp katmanları ArcView GIS 3.2 programı yardımıyla ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Kaynaklar

- Chang, N. B., Wang, S. F., (1996). Managerial Fuzzy Optimal Planning for Solid Waste Management Systems, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **122**, 7, 649-658.
- Everett, J. W., Modak, A. R., Jacobs, T.L., (1993). Optimal Scheduling of Composting, Recycling, and Landfill Operations in an Integrated Solid Waste Management System, *Journal of Resource Management and Technology*, **21** 3, 122-132.
- Everett, J. W., Shahi, S., (1996a). Curbside Collection of Yard Waste: I. Estimating Route Time, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **122**, 2, 107-114.
- Everett, J. W., Shahi, S., (1996b). Curbside Collection of Yard Waste: II. Simulation and Application, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **122**, 2, 115-121.
- Kınacı, C., Görgün, E., Arslan, M., Armağan, B., Tuna, M., (2000). Private Sector Participation in Municipal Solid Waste Services-A Case Study for Kadıköy of Istanbul in Turkey, *Wastecon 2000, Biennial Conference and Exhibition on Integrated Waste Management in The New Millennium*, 5-7 September, Sommerset West Near Cape Town, South Africa.
- Modak, A. R., Everett, J. W., (1996a). Optimal Regional Scheduling of Solid Waste Systems I. Model Development, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **122**, 9, 785-792.
- Modak, A. R., Everett, J. W., (1996b). Optimal Regional Scheduling of Solid Waste Systems II. Model Solutions, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **122**, 9, 793-799.
- Shih, L.H. and Lin, Y.T., (1999). Optimal Routing for Infectious Waste Collection, *Journal of Environmental Engineering*, 479-484.