

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEKANİK OTOYARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE
BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR
YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga KARASAY

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

ŞUBAT 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEKANİK OTOYARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE
BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR
YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tolga KARASAY
(523121013)**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mine ÖZKAR

ŞUBAT 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 523121013 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tolga KARASAY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MEKANİK OTOPARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mine ÖZKAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özgür EDİZ
Uludağ Üniversitesi

Teslim Tarihi : 28 Ocak 2016
Savunma Tarihi : 03 Şubat 2016





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez konumu belirlerken yüksek lisans programım dahilinde aldığım “Mimari Tasarımda Evrimsel Yaklaşımlar” isimli doktora dersinin etkisi büyük olmuştur. Bu dersin motivasyonu, çalışmak istediğim probleme karar vermeye ve tezimi oluşturacak fikrîsel altyapıyı kurgulamaya fırsat buldum. Tezimin temellerini attığım bu dönemde yorum ve önerileriyle beni destekleyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ ve Sayın Araş.Gör.Dr. Ethem GÜRER’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin gelişim aşamasından tamamlanmasına kadar olan süreçte bana rehberlik edip, değerli yorum ve önerileriyle çalışmalarına önemli katkılarda bulunan tez danışmanım Sayın Prof.Dr. Mine ÖZKAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin yazılma sürecinde beni hem maddi hem de manevi olarak destekleyen aileme ve hep yanımda olup beni cesaretlendiren arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ocak 2016

Tolga KARASAY
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Otopark Sorunu: İstanbul Örneği	2
1.2 Literatürden Otopark Sorununa Çözüm Yaklaşımları.....	5
1.2.1 Otopark sorununu algılama biçimleri.....	5
1.2.2 Park politikaları	6
1.2.2.1 Geleneksel yaklaşım	7
1.2.2.2 Park yönetimi yaklaşımı.....	8
1.2.2.3 Piyasa tabanlı yaklaşım.....	9
1.3 Otopark Sorununa Çözüm Yaklaşımları: İstanbul Örneği.....	11
1.4 Amaç, Kapsam ve Yöntem	11
2. OTOPARK TESİS PLANLAMASI	13
2.1 Otopark Tesis Tipi Seçimi	14
2.1.1 Başlıca otopark tipolojileri.....	14
2.1.2 Çok katlı otomatik otoparklar	15
2.1.3 İstanbul için ideal otopark tesis tipi.....	17
2.2 Otopark Tesis Yeri Seçimi.....	17
2.2.1 Yer seçimi bilimi	17
2.2.2 Yer seçimi problemlerinin sınıflandırılması	18
2.2.2.1 Çok nitelikli karar verme (ÇNKV) problemleri	19
2.2.2.2 Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) problemleri.....	21
2.2.3 Otopark tesisi için yer seçimi.....	24
2.3 Otopark Tesisinin Boyutlandırılması	30
3. MODELİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER	33
3.1 Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerinde Genetik Algoritmalar	33
3.2 Doğrusal Programlama	34
3.3 Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Weighted Sum Method).....	35
3.4 Ceza Fonksiyonu (Penalty Function)	35
4. MEKANİK OTOPARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM.....	37
4.1 Mekanik Otopark Tesislerinin Yer Seçimi ve Boyutlandırılması İçin GA Tabanlı Bir Model.....	37
4.1.1 Kriterler.....	38
4.1.2 Problem Formülasyonu.....	39
4.1.2.1 Ceza fonksiyonlarının tanımlanması	41

4.1.2.2 Matematiksel modelin oluşturulması	42
4.1.3 Akış diyagramı	42
4.2 Vaka Çalışması: Şişli	53
4.2.1 Proje kapsamı	53
4.2.2 Verilerin toplanması ve işlenmesi	54
4.2.3 Değişkenler	56
4.2.4 Genetik algoritma ile eniyileme süreci	57
4.2.4.1 Birinci senaryo	57
4.2.4.2 İkinci senaryo	60
4.2.5 Değerlendirme	63
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	65
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	79



KISALTMALAR

AAS	: Analitik Ağ Süreci
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
BTA	: Basit Toplamsal Ağırlık
ÇAKV	: Çok amaçlı karar verme
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
ÇNKV	: Çok nitelikli karar verme
DP	: Doğrusal proglamlama
GA	: Genetik algoritma
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TL	: Türk Lirası
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Yıllara göre motorlu kara taşıt sayıları.....	2
Çizelge 1.2 : Eski ve yeni park paradigmaları.	5
Çizelge 1.3 : Park politikasına üç farklı yaklaşım.....	6
Çizelge 1.4 : Park yönetimi stratejileri.	8
Çizelge 2.1 : Çok nitelikli yer seçimi problemleri.	19
Çizelge 2.2 : ÇNKV-ÇAKV karşılaştırması.	21
Çizelge 2.3 : Çok amaçlı yer seçimi problemleri.	22
Çizelge 2.4 : Literatürdeki bazı otopark yeri seçimi çalışmaları.	27
Çizelge 4.1 : Kriterler.	38
Çizelge 4.2 : Parksafe 580, 582 ve 583 sistemlerinin kat sayısına göre araç kapasiteleri ve yükseklikleri.	45
Çizelge 4.3 : Otopark yönetmeliğindeki minimum otopark gereksinimleri.	55
Çizelge 4.4 : 2015 yılı rayiç bedelleri.	56
Çizelge 4.5 : Değişkenler.	57
Çizelge 4.6 : Farklı senaryolardaki en iyi bireylerin başarı oranları.	63
Çizelge 4.7 : Senaryolara ait parametreler.	64



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Otopark yeri aramanın sürücülerin moralleri üzerindeki etkisi.....	4
Şekil 1.2 : Yol üstü parklanma fiyatlandırması ve arama trafiği	10
Şekil 2.1 : Otopark tesislerinin uygulanabilirliği için karar modeli.	13
Şekil 2.2 : Otoparkların tipolojik sınıflandırılması.	14
Şekil 2.3 : Statik otoparklardaki 5 farklı rampa düzeni.	15
Şekil 2.4 : Otomatik otoparklarda istifleme işlemi	15
Şekil 2.5 : Parksafe 580 (sırayla ön ve yan görünüş)	16
Şekil 2.6 : Tel Aviv’de 3 metre genişliğinde dar bir arsa parçasına inşa edilmiş 23 araç kapasiteli otomatik otopark.....	16
Şekil 2.7 : Yer seçimi problemlerinin sınıflandırılması.	19
Şekil 3.1 : Jenerik bir GA akış diyagramı.....	34
Şekil 3.2 : Bir arama uzamı örneği.....	36
Şekil 4.1 : A ve B noktaları arasındaki öklidyen uzaklık ve en kısa yol uzaklığı.	39
Şekil 4.2 : Akış diyagramı.	43
Şekil 4.3 : Otoparkın uzunluğu (u), genişliği (g) ve X eksenine yaptığı açı (α).	44
Şekil 4.4 : Parksafe 580, 582 ve 583 sistemleriyle üretilebilecek bazı varyasyonların ön görünüşleri.....	44
Şekil 4.5 : Soldan sağa Parksafe 580, 582 ve 583 sistemlerinin yan görünüşleri ve giriş kat planları.....	46
Şekil 4.6 : Üretilen otoparkın yapı adalarının dışında kalması ve sokakla çakışması durumu.	49
Şekil 4.7 : Algoritmaya ait grasshopper kodu.....	51
Şekil 4.8 : Şişli İlçesi ve Mahmut Şevket Paşa Mahallesi.	53
Şekil 4.9 : Çalışma alanı.	54
Şekil 4.10 : Şişli Belediyesi’nin çevrimiçi CBS platformu.	55
Şekil 4.11 : Verilerin Ms Excel’de işlenmesi	55
Şekil 4.12 : Otopark ihtiyaçlarının hesaplanmasında kullanılan algoritmaya ait sözde-kod.	56
Şekil 4.13 : Birinci senaryonun eniyileme sürecinde üretilen bazı çözümler.	58
Şekil 4.14 : Birinci senaryoda üretilen otoparkların hizmet verdiği binalar.	59
Şekil 4.15 : Birinci senaryodaki en uygun çözümün üç boyutlu gösterimi.	59
Şekil 4.16 : Birinci senaryoda üretilen en iyi çözüme göre çalışma alanında yapılacak değişiklikler.	60
Şekil 4.17 : İkinci senaryonun eniyileme sürecinde üretilen çözümler	61
Şekil 4.18 : İkinci senaryoda otoparkların hizmet verdiği binalar.	62
Şekil 4.19 : İkinci senaryodaki en iyi çözümün üç boyutlu gösterimi.	62
Şekil 4.20 : İkinci senaryoda üretilen en iyi çözüme göre çalışma alanında yapılacak değişiklikler.....	63
Şekil 5.1 : Birinci ve ikinci senaryolardaki en iyi çözümler.....	66



MEKANİK OTOPARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Dünyanın pek çok kentinde hızlı nüfus artışıyla doğru orantılı olarak artan taşıt sayısı ulaşım problemlerinin de artmasına yol açmıştır. Otopark sorunu günümüzde metropollerin en önemli ulaşım sorunlarından biridir. Taşıt sayısındaki hızlı artışa karşın otopark alanlarının yetersiz kalması ve bunun kent ölçeğinde meydana getirdiği tüm olumsuz etkiler “otopark sorunu” kapsamında ele alınır. Ortalama bir hususi taşıt günde 23 saat, başka bir deyişle ömrünün yüzde 95’i boyunca otoparkta park halindedir. Bu süre, taşıtın hareket halinde olduğu süreden çok daha fazladır. Taşıtların hareketini sağlamak için yollar gerektiği gibi, durması için de yeterli park alanlarına ihtiyaç vardır.

Uluslararası literatüre göre dünyada park politikasına 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar, geleneksel yaklaşım, park yönetimi yaklaşımı ve piyasa tabanlı yaklaşım olarak kategorize edilebilir.

Dünya kentlerinin çoğunda geleneksel park politikası uygulanmaktadır. Bu yaklaşımda otopark sorunu bir altyapı sorunu olarak görülür ve park politikasının temel hedefi otopark talebini karşılamaktır. Yönetmeliklerde belirtilen minimum otopark gereksinimleri geleneksel yaklaşımın birincil düzenleme aracıdır. Geleneksel park politikasına göre her binanın öngörülen azami otopark talebini karşılayabilecek sayıda otopark alanına sahip olması gerekir. Geleneksel yaklaşımda otopark sorunu “otopark miktarının yetersizliği” şeklinde tanımlandığı için, çözüm olarak her binanın kendi otopark talebini kendi arazisi içinde karşılaması önerilir. Çözüm kapsamında her bir arazi kullanım çeşidine göre önerilen minimum otopark gereksinimleri belirlenir ve otopark yönetmelikleri hazırlanır. Uluslararası literatüre göre minimum otopark gereksinimlerine dayalı geleneksel yaklaşım problematik ve yoğun kent dokusuyla uyumsuz bir yaklaşımdır.

Park yönetimi, park politikaları arasında en yaygın ikinci yaklaşımdır. Bu yaklaşım, geleneksel park politikasının yoğun ve sıkışık bölgeler için uygulanabilir olmayışından dolayı ortaya çıkmıştır. Park yönetimi yaklaşımı genellikle otopark sorununun olduğu, fakat fazladan otopark arzının mümkün olmadığı veya arzu edilmediği yerlerde uygulanmaktadır. Park yönetimi, otoparkların daha verimli kullanılmasını hedefleyen politikalar ve programlardan oluşmaktadır.

Piyasa tabanlı park politikasında, otopark arz ve talep dengesinin piyasa tabanlı fiyatlandırma vasıtasıyla sağlanması öngörülmektedir. Piyasa tabanlı yaklaşımda taşma sorunu (spillover) olumsuz bir durum olarak değil, yerel otopark piyasasının canlı kalmasını sağlayan bir durum olarak görülür ve fiyatlandırma ile önüne geçilebileceği savunulur.

İstanbul'daki otopark sorununun çözülebilmesi için otopark arz ve talebinin dengelenmesine yönelik adımlar gerekmektedir. Mevcut durumda otopark talebinin otopark arzından çok daha fazla olduğu bilinmekte ve bunun sonuçları açıkça görülmektedir. Talep ve arzın dengelenmesinde uygulanacak yöntemler talebin azaltılması ve/veya arzın artırılmasıdır. Sadece arzın artırılması sürdürülebilir bir çözüm değildir. Sadece arzın artırılması halinde, sunulan her otopark alanı kendi ihtiyacını yaratacak ve otomobille ulaşım teşvik edilmiş olacaktır. Olması gereken çözümde mevcut otopark talebi karşılanmalı ve gelecekte öngörülen otopark talebini minimize etmeye yönelik adımlar atılmalıdır. Bu tez kapsamında arzın artırılmasına yönelik girişimler üzerinde durulmuştur. Arzın artırılması yeni otopark alanlarının sağlanması ile mümkündür. Bu doğrultuda İstanbul'un mevcut durumu (yüksek nüfus yoğunluğu, plansız yapılaşma, vb.) dikkate alınarak yeni otopark tesisleri planlanmalı ve inşa edilmelidir.

Yeni inşa edilecek otopark tesislerinin planlama sürecini, tesis tipi seçimi, tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırılması olarak üç aşamaya ayırmak mümkündür.

Tez kapsamında, otopark tesislerinin yer seçimi ve boyutlandırılması aşamalarında karar vericiye/tasarımcıya destek olacak GA tabanlı yeni bir hesaplamalı model tanıtılmaktadır. Ardından bu model bir vaka çalışması kapsamında gerçek verilerle test edilmiştir. Vaka çalışması için İstanbul'un otopark yönünden en sorunlu ilçelerinden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir.

Tesis tipi seçimi yapılırken otopark çeşitleri ve otopark tesis tipolojileri ele alınmıştır. Otoparklar yol üstü veya yol dışı olmak üzere iki çeşittir. Yol dışı otoparkları hemzemin veya katlı olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Katlı otoparklar araçların park edilişlerine göre statik veya otomatik olmak üzere ikiye ayrılır. Statik otoparklarda araçlar sürücüler tarafından park edilirken otomatik otoparklarda bu işlem yatayda ve dikeyde hareket edebilen asansörler vasıtasıyla araçların park hücrelerine istiflenmesi şeklinde gerçekleştirilir. İstanbul gibi nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ve plansız gelişen kentlerde yeni otopark alanlarının inşa edilmesi için arazi bulmak her zaman mümkün olmamaktadır. Bulunan arsalar ise büyük yapıların inşa edilmesine olanak vermeyecek kadar küçük veya alternatif yatırım maliyetleri göz önüne alındığında çok pahalıdır. Tezde İstanbul için en uygun otopark sistemlerinin en az alanda en çok aracın istiflenmesine olanak sağlayan otomatik otopark sistemleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Tesis yeri seçiminde en az bir kıstasın (maliyet, kâr, seyahat mesafesi, hizmet, bekleme süresi, kapsama alanı, pazar payı gibi) eniyilenmesi hedeflenir. Tezin tesis yeri seçimiyle ilgili bölümünde yer seçimi bilimi üzerine yapılan literatür taraması sunulmuş, yer seçimi problemleri sınıflandırılmış ve otopark yeri seçimi problemlerinde kullanılan çözüm prosedürleri ele alınmıştır.

Tezin tesislerin boyutlandırılmasıyla ilgili olan kısmında otopark tesis boyutunu belirleyen unsurlar ve otopark ihtiyacının belirlenmesine dair yöntemler ele alınmıştır. Otopark tesis planlamasında inşa edilecek yeni tesisin kapasitesini belirleyebilmek için yerel otopark talebi ve var olan otopark arzının bilinmesi gerekmektedir. Bu veriler otopark etütleri ile elde edilir. Otopark etütleri sürücülerle anket, sahada sayım, uydu veya uçak vasıtasıyla elde edilen fotoğraflar ile sayım, CBS üzerinden sayım gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Tez kapsamında sunulan vaka çalışmasında Şişli ilçesine ait detaylı otopark etütleri bulunmadığından otopark ihtiyacı belirlenirken İstanbul Otopark Yönetmeliği'ndeki kullanım türü ve alan büyüklüğe göre minimum otopark ihtiyacının hesaplanmasına yönelik kılavuzda belirtilen rakamlar esas alınmıştır. Tesis

boyutunu belirlerken dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur çevredeki mimari dokudur. Otopark tesisinin boyut ve ölçeği etrafındaki binalarla uyumlu olmalıdır. Tezdeki vaka çalışmasında, çalışma alanındaki yapı adaları içinde bulunan en yüksek binalar referans alınarak maksimum otopark yükseklikleri belirlenmiş, bu şekilde üretilen otoparkların kentsel dokuya uygun olmasına dikkat edilmiştir.

Tez kapsamında tanıtılan model oluşturulurken genetik algoritmalar, doğrusal programlama, ağırlıklı toplam yöntemi ve ceza fonksiyonları kullanılmıştır. Genetik Algoritma (GA) Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuş, optimizasyon problemlerinde sıkça karşılaşılan bir çözüm yöntemidir. Doğrusal programlama (DP) sınırlı kaynakların tahsisini eniyilemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Tipik bir DP problemi üç bileşenden oluşmaktadır: Amaç fonksiyonu, kısıt fonksiyonları ve negatif olmama şartı. Ağırlıklı toplam yöntemi çok amaçlı bir optimizasyon problemini tek amaçlı bir optimizasyon problemine dönüştürmede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir amaç fonksiyonu karar verici tarafından skaler ağırlıklar verilerek toplanır. Böylece problem tek bir fonksiyon ile ifade edilebilir ve herhangi bir tek amaçlı optimizasyon yöntemiyle çözülebilecek hale gelir. GA doğası gereği sadece kısıtsız optimizasyon problemlerinde kullanılabilir. Ceza fonksiyonu kullanılarak kısıtlı optimizasyon problemleri kısıtsız optimizasyon problemlerine dönüştürülebilir. Böylece GA'nın kısıtlı optimizasyon problemlerinde de kullanılması mümkün olur.

Modelde tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırılması gibi her biri başlı başına NP-zor karmaşıklık derecesinde olan çok kriterli iki farklı probleme eşzamanlı olarak çözüm aranmaktadır. Modelin oluşturulmasında bir 3-boyutlu modelleme yazılımı olan Rhinoceros'tan ve bu yazılım üzerinde çalışan Grasshopper eklentisinden faydalanılmıştır. Grasshopper bir görsel programlama ortamıdır. Grasshopper'da üretilen algoritma Rhinoceros içindeki araziye ait çizgesel verilerle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca Grasshopper eklentisi içindeki Galapagos bileşeni sayesinde GA ile çalışmak mümkün olmuştur.

Modelde birbiriyle etkileşen çok sayıda kriter bulunmaktadır. Bu kriterler; maliyet kriterleri, erişilebilirlik kriteri, sosyal kriter ve teknik kriterler olmak üzere dört ana başlık altında toplanabilir.

Vaka çalışması için İstanbul'da otopark sorununun en fazla yaşandığı ilçelerden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir. Çalışma alanı Şişli İlçesi, Mahmut Şevket Paşa Mahallesi'nde yer alan 18.870 m² büyüklüğünde bir alandır. Seçilen alan çoğunluğu konutlardan oluşan 81 bina içermektedir. Alandaki işyerleri hakkında yeterli veri bulunmadığı için çalışmada sadece konutlara ait otopark ihtiyacı ele alınmıştır. Üretilecek otoparklar var olan konutlara ait otopark talebini karşılamak üzere planlanmıştır. Vaka çalışması kapsamında farklı GA parametreleri kullanılarak iki farklı senaryo üretilmiştir. Her iki senaryoda da başarılı birer çözüme ulaşılmıştır. Bu vaka çalışmasıyla genetik algoritmaların tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırılması problemlerindeki başarısı bir kez daha kanıtlanmıştır.



A GA BASED APPROACH TO LOCATION SELECTION AND DIMENSIONING OF AUTOMATED PARKING FACILITIES

SUMMARY

Number of vehicles increasing directly proportional to rapid population growth has also led transportation problems to increase in many cities of the world. Parking problem is one of the most important transportation issues in today's metropolises. The fact that parking spaces are inadequate despite the rapid increase in the number of vehicles and all the negative effects at the urban scale caused by this fact can be covered within the scope of "parking problem". An average car spends 23 hours a day, i.e. 95 percent of its lifetime, parked. This period of time is much greater than the time period in which the vehicle is in motion. As it is necessary to supply roads for the movement of vehicles, sufficient parking space is needed for them to be parked.

According to international literature, there are 3 different approaches to parking policy in the world. These can be categorized as conventional approach, parking management approach and market-based approach.

Conventional parking policy is implemented in most of the world's cities. In this approach, parking problem is perceived as an infrastructure issue. The main objective of this approach is to meet the demand for parking. Minimum parking requirements are the primary regulation tool of the conventional approach. According to conventional parking policy, each building must provide enough parking space to meet its own anticipated maximum parking demand. Since conventional approach defines parking problem as "lack of parking space", it recommends each building to meet its own demand in its own building plot as the solution. Minimum parking requirements are determined depending to kind of land use and parking regulations are prepared within the scope of the proposed solution. According to international literature; conventional approach, which is based on minimum parking requirements, is incompatible with problematic and dense urban fabric.

Parking management is the second most common approach among parking policies. This approach has emerged due to the fact that conventional parking policy is not feasible for dense and congested areas. Parking management approach is usually implemented for the areas where parking problem exists but it is not possible, or desirable, to provide extra parking supply. Parking management consists of policies and programs aiming more efficient use parking spaces.

In market-based parking policy, balance between parking supply and demand is expected to be achieved through market-based pricing. Spillover is not seen as a negative issue in the market-based approach, but it is seen as a state that is keeping local parking market alive and can be prevented through pricing.

Steps towards balancing parking supply and demand should be taken to solve the parking problem in Istanbul. In the current situation it is known that parking demand is much higher than parking supply and the consequences of this fact are evident.

Methods to be applied in balancing parking supply and demand can be based on reducing demand or increasing supply. Only increasing supply is not a sustainable solution itself. If supply is increased only, it can be anticipated that each parking space will create its own demand and car-dependent transportation will be encouraged. In an ideal solution, both current parking demand should be met and steps towards minimizing probable demand in future should be taken. This thesis focuses on the steps towards increasing supply. It is possible to increase supply only by creating new parking spaces. Accordingly, new parking facilities should be planned and built by taking current status of Istanbul (high population density, unplanned urbanization, etc.) into consideration.

The planning process of parking facilities to be newly built is comprised of three stages. These are: selection of parking facility type, selection of parking facility location and dimensioning of parking facility.

A novel GA-based computational model which is supposed to support decision-maker/designer in site selection and dimensioning stages of parking facility planning is presented in this thesis. After, introduced model is tested with real-world data in the context of a case study and successful results are achieved.

Types of parking and parking facilities are discussed while deciding the type of facility. There are two types of parking regarding parking space's relationship with street: on-street and off-street. Off-street parking can be analyzed in two groups of ground-level or multi-storey. Multi-storey parking facilities are divided into static or automatic relative to how vehicles are parked. Cars are parked by drivers in static facilities. In automatic facilities, parking is accomplished through lifts that are able to move horizontally and vertically in order to carry and stack vehicles into parking cells. It is not always possible to find a land to build a new parking facility in cities like Istanbul which have high population density and unplanned urbanization problem. Available lands are usually too small to build a large structures on or too expensive given cost of alternative investment. In this thesis it is concluded that automatic parking facilities are the most appropriate parking systems for Istanbul case, since they allow maximum number of vehicles to be parked in the minimum amount of space.

At least one criterion such as cost, profit, travel distance, service, waiting time, coverage, market share, etc. is aimed to be optimized while determining facility location. In the section about facility location; a literature review on location science is presented, facility location problems are classified and solution procedures used in parking facility location problems are discussed.

In the section about dimensioning of facilities, the factors determining the dimensions of a parking facility and the methods to calculate parking demand are covered. In the facility planning phase, it is necessary to know the local parking demand and supply in order to determine the capacity of the new parking facility to be built. This data is obtained through parking surveys. Parking surveys are made via methods such as survey with drivers, count on field, count on photos obtained by satellite or airplane and count on GIS. Surrounding urban fabric is another factor to be considered when determining facility dimensions. Size and scale of parking facilities should be compatible with surrounding buildings.

Genetic algorithms, linear programming, weighted sum method and penalty functions are the methods used in creating the model that is introduced in this thesis. Genetic Algorithm (GA), which is inspired by Darwin's theory of evolution, is a solution procedure frequently used in optimization problems. Linear programming (LP) is a

method used in order to optimize allocation of limited resources. A typical LP problem consists of three components: objective function, problem constraints and non-negative variables. Weighted sum method is a method for converting a multi-objective optimization problem to a single-objective optimization problem. In this method, each objective function is multiplied by scalar weights determined by decision maker and all the weighted objective functions are summed up. Thus the problem can be expressed by one function, and can now be solved by any single-objective optimization method. Due to its nature, GA can only be used in unconstrained optimization problems. Constrained optimization problems can be converted into unconstrained optimization problems using penalty functions. Thus, it becomes possible to use GA also for constrained optimization problems.

By this model; two different multi-criteria problems such as facility location and dimensioning, which are both NP-hard, are solved simultaneously. The model is created using Rhinoceros, a 3-dimensional modeling software, and Grasshopper which is a visual programming environment integrated with Rhinoceros. The graphical data of the land in Rhinoceros is associated with the algorithm that is created in Grasshopper. In addition; Galapagos, which is a component in Grasshopper, is utilised to be able work with GA.

There are many conflicting criteria in this model. These criteria can be grouped under four main headings: the cost criteria, the accessibility criterion, the social criterion and the technical criteria.

Şişli, which is one of the most problematic districts in Istanbul in terms of parking, is selected for the case study. Study area is an area of 18 870 m² which is located in Şişli District, Mahmut Şevket Paşa Neighborhood. This area consists of 81 buildings which are mostly residential. Since there is not enough data on commercial buildings in this area, only residential parking demand was covered. The parking facilities to be generated are planned to meet the existing residential parking demand. In the context of this case study, two different scenarios are generated using different GA parameters. One successful solution is achieved in each scenario. By this case study, success of GA in problems such as facility location and dimensioning is proven once again.

1. GİRİŞ

Dünyanın pek çok kentinde hızlı nüfus artışıyla doğru orantılı olarak artan taşıt sayısı ulaşım problemlerinin de artmasına yol açmıştır. Otopark sorunu günümüzde metropollerin en önemli ulaşım sorunlarından biridir. Taşıt sayısındaki hızlı artışa karşın otopark alanlarının yetersiz kalması ve bunun kent ölçeğinde meydana getirdiği tüm olumsuz etkiler “otopark sorunu” kapsamında ele alınır (Yardım ve Ağrikli, 2005).

Ortalama bir hususi taşıt günde 23 saat, başka bir deyişle ömrünün yüzde 95’i, boyunca park halindedir (Hagman, 2006). Bu süre, taşıtın hareket halinde olduğu süreden çok daha fazladır. Taşıtların hareketini sağlamak için yollar gerektiği gibi, durması için de yeterli park alanlarına ihtiyaç vardır.

Kent içi yolların birinci işlevi taşıtların ve yayaların ulaşımını sağlamaktır. Sokak ve caddelerin park amaçlı kullanılması bu birincil işleve engel olmaya başlamıştır (Burrage ve Mogren, 1957). Taşıt ve yayaların hareketlerine ayrılmış kent içi yolların park halindeki taşıtlar tarafından işgal edilmesi sonucunda ulaşım ağında tıkanıklıklar ve darboğazlar meydana gelmektedir (Yardım ve Ağrikli, 2005).

Seyahat sonunda varılan noktada taşıtın park edilebilmesi için uygun park yerinin bulunmaması durumunda, sürücüler taşıtlarını bırakabilecekleri bir yer bulabilmek için fazladan zaman harcamaktadırlar. Ayrıca bu durum “arama trafiği” oluşturarak kentin genel trafiğine önemli bir yük bindirmektedir (Yardım ve Ağrikli, 2005).

Metropollerde otopark sorunu; trafik tıkanıklığı, trafik kazaları ve çevre kirliliği gibi sorunlarla doğrudan ilişkilidir (Liu ve diğ, 2012). *Yol üstü park*¹ etmenin fazla olduğu bölgelerde daralan yol şeritleri trafik akışını yavaşlatmakta, kazaları artırmaktadır.

¹ Yol üstü otopark: “taşıt veya yaya yolu sathı üzerinde, yaya kaldırımından ayrılmış cepte veya orta refüjde olmak üzere yol kenarında yapılan; kullanımına göre kullanım süresi sınırsız, kullanımı zaman ile sınırlı olmak üzere iki çeşit olan açık otoparktır” (TSE, 1992).

Ayrıca, taşıtların trafikte geçen süresinin artması sonucunda karbon salınımı da artmaktadır.

Otopark sorununun bireylere ve kamuya getirdiği maddi zararların yanında, insanların yaşam kalitesini düşürdüğü de bilinmektedir (Yardım ve Ağrikli, 2005).

Otopark sorunu aynı zamanda mimarlık bağlamında ele alınabilir. Otoparklar tasarlanması gereken ve sağlamlık, kullanışlılık ve estetik yönünden bazı niteliklere sahip olması beklenen mekânlardır. Gerekli nitelik ve nicelikten yoksun otoparklar otopark sorununun mimari yönünü oluşturur. Ayrıca, nicelik yönünden yetersiz otoparklar sokakların arabalarla dolup taşmasına ve bireylerin kentsel alanlardan yeterince faydalanamamasına yol açmaktadır. Tıkalı sokaklar kullanıcıların binalara erişimini zorlaştırmakta veya tamamen engellemektedir. Bir yapının mimari yönden başarılı olması erişimin iyi çözülmesine de bağlı olduğundan otopark sorununun doğrudan mimari başarıyı etkilediği, geniş ölçekte bakılınca kentsel mimaride başarısızlığa yol açtığı söylenebilir.

1.1 Otopark Sorunu: İstanbul Örneği

Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da 3.383.812 motorlu taşıt bulunmaktadır (Url-1, 2015). İstanbul aynı zamanda Türkiye'nin en çok motorlu taşıt barındıran ilidir (Url-2, 2015). Türkiye'deki araçların yüzde 18'i İstanbul'a kayıtlıdır. Çizelge 1.1'de Türkiye ve İstanbul'daki motorlu kara taşıt sayılarının son beş yıldaki değişimi görülmektedir (Url-1, 2015).

Çizelge 1.1 : Yıllara göre motorlu kara taşıt sayıları (Url-1, 2015).

	2010	2011	2012	2013	2014
Türkiye	15.095.603	16.089.528	17.033.413	17.939.447	18.828.721
İstanbul	2.794.236	2.927.650	3.065.465	3.230.908	3.383.812

İstanbul'da son bir yılda 152.904 taşıt daha trafiğe katılmıştır (Url-1, 2015). Otopark ihtiyacı da artan taşıt sayısı ile paralel olarak artmaktadır. Bu talep karşılanamadığı için İstanbul'un otopark sorunu git gide büyümektedir.

2013 yılının sonu itibariyle İstanbul genelinde açık, kapalı ve yol üstü olmak üzere toplamda 4.223 otopark bulunmaktadır. Bu otoparkların toplam kapasitesi 520.913 araçtır (Url-3, 2015). Bu kapasite İstanbul'un otopark ihtiyacının çok altında kalmaktadır. Olması gereken kapasite için bugün sağlıklı ve bilimsel bir değer

bulunmamakla beraber 2009 yılı için bu sayının 700.000-750.000 arasında olduğu tahmin edilmiştir (Yardım ve Demir, 2009). Günümüzde bu ihtiyacın artan taşıt sayısıyla doğru orantılı olarak arttığı ve bu değerlerin çok daha üstünde olduğu tahmin edilmektedir.

Otopark ihtiyacının tespitine yönelik İBB bünyesinde yapılan bir araştırmaya göre, hane halkına ait taşıtların %62,10'u sokaklara, %33,97'si garajlara, %2,75 i açık otoparklara, %1,18'i kapalı otoparklara park edilmektedir (Url-4, 2015). Otopark alanlarının yetersizliği nedeniyle, birinci işlevi yaya ve taşıtların hareketini sağlamak olan kent içi karayollarının büyük bir kısmı duran taşıtlar tarafından işgal edilmiştir. Bunun sonucunda kamusal mekânlarda öncelik sıralaması değiştirmiştir. Kent içi karayollarındaki mevcut öncelik sıralamasında; birinci sırada duran taşıtlar, ikinci sırada hareket halindeki taşıtlar, üçüncü sırada ise yayalar vardır (Acar, 2003). Hâlbuki sağlıklı ve sürdürülebilir bir ulaşım için insanı öne çıkartacak bir öncelik sıralaması gerekmektedir:

- 1) Yayalar
- 2) Motorsuz ulaşım araçları
- 3) Toplu ulaşım araçları
- 4) Hareket halindeki taşıtlar
- 5) Park halindeki taşıtlar.(Acar, 2003)

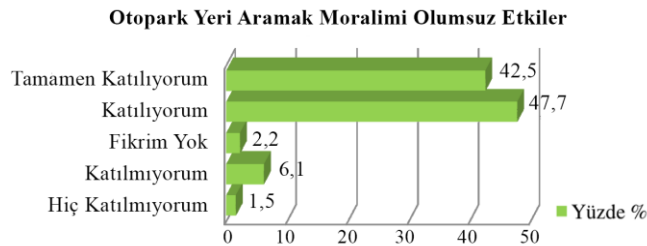
İstanbul'daki otopark sorununun başlıca sebepleri: hızlı nüfus artışı, plansız yapılaşma, kaçak yapılaşma, mevcut imar planlarında yeterli otopark alanının ayrılmaması, araç sayısındaki hızlı artış, projelerde otopark olarak gösterilen alanların farklı amaçlarla kullanılması, ilçe belediyelerinin topladığı otopark bedellerinin oluşturduğu fondan İBB'ye yeterli aktarımın yapılmaması, fonun ulaşım sorunlarını çözmek için kullanılmamasıdır (Url-4). Ayrıca toplu taşıma altyapısının yetersiz kalması taşıt sahipliği oranının artmasına ve mevcut otopark sorununun daha da büyümesine yol açmaktadır.

Otopark sorununun İstanbul'daki en belirgin sonucu trafik tıkanıklığıdır. Yol üstüne park edilmiş araçlar yol şeritlerini daraltarak darboğazlar oluşturmaktadır. Bunun sonucunda trafik yavaşlamakta ve yer yer durmaktadır. Park yeri arayan taşıtların da trafiğe eklenmesi trafiğe fazladan yük bindirmektedir. Uygun park yeri

bulunamadığında bazı sürücüler taşıtlarını yaya hareketlerine ayrılmış kaldırımlara park etmektedir. Bu durum yayaların ulaşımını engellemekte, trafik güvenliğini tehlikeye atmakta ve trafik kazalarına neden olmaktadır. Ayrıca, kaldırıma park etmiş araçlar engelli kent sakinlerinin ulaşımını tamamen engellemektedir.

Park halindeki araçların sokaklarda darboğaz oluşturması, acil durumlarında bazı olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. İtfaiye, ambulans, vb. araçların darboğazlardan geçememesi ve bu yüzden acil müdahalenin gecikmesi sonucu can ve mal kaybının oluşmaktadır. Bununla birlikte, yangın kaçışlarını kapatan park halindeki araçlar da ölümcül sonuçlara sebebiyet verebilmektedir.

Otopark sorununun İstanbul sakinlerine ve kamuya verdiği maddi zararların yanında bireylerin yaşam kalitesini de olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bir yüksek lisans tezi kapsamında İstanbul’da 537 sürücüyle yapılan ankette sürücülere otopark yeri ararken harcadıkları zaman sorulmuştur (Kozalı, 2014). Katılımcıların %51,2’si günde 0-5 dakika, %28,7’si günde 6-10 dakika, %11,9’u ise günde 11-15 dakika park yeri aradıklarını ifade etmiştir. Aynı ankette sürücülerin %45,8’i en az bir defa otopark yeri için diğer sürücülerle tartışma yaşadıklarını belirtmiştir. “Otopark yeri bulma zorluğu günlük programınızın akışını nasıl etkiler?” sorusuna verilen cevaplarda katılımcıların %6,7’si otopark yeri bulmakta zorlanmaları söz konusu ise programlarını iptal edeceklerini, %18,2’si programlarını kısa süreli olarak erteleyeceklerini, %9,5’i program yaptıkları yeri değiştireceklerini, %65,5’i programlarında herhangi bir değişiklik yapmayacaklarını ifade etmişlerdir. Otopark sorununun sürücüler üzerindeki psikolojik etkisini araştırmak amacıyla sorulan “Otopark yeri aramak moralimi olumsuz etkiler” şeklindeki likert ölçekli soruya katılımcıların %47,7’si katıldıklarını, %42,5’i tamamen katıldıklarını belirtmişlerdir (Şekil 1.1). Bu araştırmaya göre otopark sorunu kent sakinlerinin yaşam kalitelerini ve psikolojilerini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir.



Şekil 1.1 : Otopark yeri aramanın sürücülerin moralleri üzerindeki etkisi (Kozalı, 2014).

1.2 Literatürden Otopark Sorununa Çözüm Yaklaşımları

1.2.1 Otopark sorununu algılama biçimleri

Otopark sorununa çözüm yaklaşımları, problemin nasıl algılandığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Litman'a göre park planlamasında eski ve yeni olmak üzere iki farklı paradigma mevcuttur. Eski paradigmaya göre otopark alanları bol ve ücretsiz olmalıdır. Bu anlayışta arzın maksimize, fiyatın minimize edilmesi hedeflenir. Bu paradigmada, seyahat sonunda varılan her noktada bol miktarda park alanı bulunması ve her yoğunlukta park ihtiyacının rahatça karşılanabilmesi öngörülür (Litman, 2013).

Yeni paradigma optimal otopark arzı ve fiyatlandırmayı savunur. Bu paradigmaya göre otopark arzının gereğinden fazla olması, gereğinden az olması kadar zararlıdır. Otopark fiyatlandırma için de aynı durum söz konusudur. Aşırı yüksek fiyatlar, aşırı düşük fiyatlar kadar zararlıdır. Yeni paradigmada, var olan otopark alanlarının verimli bir şekilde kullanılması esastır (Litman, 2013). Çizelge 1.2'de yeni ve eski paradigmlar karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 1.2 : Eski ve yeni park paradigmaları (Litman, 2013). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Eski Park Paradigması	Yeni Park Paradigması
"Otopark sorunu" yetersiz otopark arzıdır.	Otopark sorununun birçok çeşidi olabilir. Bu sorun yetersiz veya aşırı otopark arzından, çok alçak veya çok yüksek otopark fiyatlandırmadan, kullanıcının yeterince bilgilendirilmemesinden, verimsiz park yönetiminden kaynaklanabilir.
Bol otopark arzı her zaman için istenen bir durumdur.	Otopark arzının gereğinden fazla olması gereğinden az olması kadar zararlıdır.
Otoparklar genellikle ücretsiz olmalıdır ve dolaylı olarak -kiralara ve vergiler ile- finanse edilmez.	Sürücüler otopark için doğrudan ödeme yapmalıdır.
Otopark yerine ilk gelen sürücü önceliklidir.	Otoparklar yüksek öncelik sıralamasına göre düzenlenmelidir. Verimlilik teşvik edilmelidir.
Otopark yönetmeliğinde belirtilen otopark gereksinimleri istisnasız bir şekilde, katı olarak uygulanmalıdır.	Otopark gereksinimleri her özel durumu dikkate alarak hazırlanmalı ve esnek olarak uygulanmalıdır.
İnovasyonların verimi artıracağı ispatlanmalıdır. İnovasyonlar ancak onaylanırsa ve yaygın olarak kabul edilirse uygulamaya konulur.	İnovasyonlar teşvik edilmelidir. Çünkü en başarısız deneylerden bile yararlı bilgiler elde edilebilir.
Park yönetimi ancak artan otopark arzının elverişli olmaması halinde uygulanır.	Park yönetim programları otopark sorununa karşı yaygın olarak uygulanmalıdır.
"Ulaşım" bireysel taşıt kullanımı demektir. Dağınık ve geniş bir alana yayılmış arazi kullanımı kabul edilebilir ve istenen bir durumdur.	Bireysel taşıt kullanımı ulaşım türlerinden biridir. Otomobile bağımlı, yayılmış arazi kullanım desenleri arzu edilmeyen bir durum olabilir.

Litman park planlamasında eski paradigmanın işleyişini *tahmin et ve temin et* şeklinde özetleyip, geçmiş eğilimler değerlendirilerek gelecekteki ihtiyacın tahmin edildiğini belirtmektedir. Eski paradigmadaki bol otopark arzının otomobil kullanımını artırdığını savunur (Litman, 2013).

1.2.2 Park politikaları

Asian Development Bank (2011) ve Barter (2010)'a göre dünyada park politikasına 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar; *geleneksel yaklaşım*, *park yönetimi yaklaşımı* ve *piyasa tabanlı yaklaşım* olarak kategorize edilebilir. Çizelge 1.3'te bu yaklaşımlar karşılaştırılmaktadır (Barter, 2010).

Çizelge 1.3 : Park politikasına üç farklı yaklaşım (Barter, 2010). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

	Geleneksel yaklaşım	Park yönetimi yaklaşımı	Piyasa tabanlı yaklaşım
Otopark sorununa bakış açısı	Otopark miktarının yetersizliğinden kaynaklanır.	Park koşulları park politikasının büyük hedefleriyle örtüşmüyorsa sorun vardır. Hedefler arasında denge kurmak zordur.	Olması gerekenden daha düşük bir fiyatta olan yol üstü parklanma arama dışsallığı** (<i>search externality</i>) sebep olur ve yol dışı otopark piyasasını olumsuz etkiler. Arz yönlü politika çözdüğü sorunlardan daha büyük sorunlara neden olur.
Otoparkların dolup taşmasına (<i>spillover</i>) bakış açısı	Bir bedavacılık sorunu* (<i>free-rider problem</i>) olarak görülür. Bu sorunun önüne geçmek için her arazi kendi otoparkını barındırmalıdır.	Keşmekeş kaynağıdır. Ya park yönetimi ile minimize edilmeli ya da paylaşımlı otopark planlaması ile önüne geçilmelidir.	Fiyatlandırma dolup taşma sorununu engeller.
Belirlenecek otopark miktarına bakış açısı	Tahmin edilen talebi (genelde ücretsiz olarak) arazi içinde karşılayabilmek için müteahhitler yeterli otopark alanını sağlamalıdır	Park politikasının büyük hedeflerine ulaşmak için; otopark miktarı, konumu ve kullanım desenleri politikanın çeşitli araçlarıyla planlanmalı ve yönetilmelidir.	Verimli bir yol üstü parklanma fiyatlandırması uygulanmalıdır. Özel sektörün yerel piyasalarda yol dışı otopark arzını belirlemesine izin verilmelidir.
Halka açık paylaşımlı otoparka bakış açısı	Alışılmadık bir durum. Çünkü her arazinin kendi otopark ihtiyacını karşılaması bekleniyor.	Kullanışlı bir yöntemdir fakat karışıklığı önlemek için dikkatlice yönetilmelidir.	Norm haline gelmelidir.

* Tüketicilerin sunulan hizmet karşılığında para ödememesi sonucu ortaya çıkan aşırı yoğun kullanım ve hizmette kalite düşüşlerinin yaşanması.

** Park yeri arayan her bir sürücünün, diğerinin park yeri bulma şansını düşürmesi ve sonuç olarak sunulan faydalardan eşit olarak yararlanamama durumu.

Literatürdeki tüm çözüm yaklaşımlarında otopark talebi ile arzının dengelenmesi hedeflenmektedir. Çözüm yaklaşımı ya otopark talebini azaltmaya yönelik önlemlerden, ya otopark arzını artırmaya yönelik girişimlerden ya da her ikisinin birleşiminden oluşabilir.

1.2.2.1 Geleneksel yaklaşım

Dünya kentlerinin çoğunda *geleneksel park politikası* uygulanmaktadır. Bu yaklaşımda otopark sorunu bir altyapı sorunu olarak görülür ve park politikasının temel hedefi otopark talebini karşılamaktır. Yönetmeliklerde belirtilen *minimum otopark gereksinimleri* geleneksel yaklaşımın birincil düzenleme aracıdır. Geleneksel park politikasına göre her binanın öngörülen azami otopark talebini karşılayabilecek sayıda otopark alanına sahip olması gerekir. Minimum otopark gereksinimleri, binaların mevcut otopark alanlarının yetersiz kalmasını ve otoparkların dolup taşması sorununu (*spillover*) önlemek için vardır (Asian Development Bank, 2011). Geleneksel yaklaşım, minimum otopark gereksinimleri olmadığı takdirde müteahhitlerin arazi içinde gerekenden çok daha az otopark alanı sağlayacağını varsayar (Barter, 2010).

Geleneksel yaklaşım otopark sorununu “otopark miktarının yetersizliği” şeklinde tanımladığı için, çözüm olarak her binanın kendi otopark talebini kendi arazisi içinde karşılamasını önerir. Çözüm kapsamında her arazi kullanım çeşidine göre önerilen minimum otopark gereksinimleri belirlenir ve otopark yönetmelikleri hazırlanır (Barter, 2010). Bu yönetmelikler hazırlanırken otoparkların kullanıcılarına ücretsiz olacağı varsayılmaktadır (Shoup, 1999). Kullanıcılara karşı cömertçe hazırlanmış bu yönetmelikler sebebiyle otoparklar sürücüler için ücretsiz olurken, otopark ücretini bina sahipleri dolaylı olarak ödemektedir (Barter, 2010). Başka amaçlarla kullanılabilecek alanlar ücretsiz otopark olarak kullanıldığında bir fırsat maliyeti doğmaktadır. Bu maliyet müteahhitler tarafından bina fiyatlarına yansıtılır. Sonuçta gayrimenkul fiyatları artmaktadır. Shoup, “ücretsiz otopark” diye bir şeyin olmadığını, otopark maliyetinin her şeyin fiyatını yükselttiğini ve bu maliyetin herkes tarafından dolaylı olarak ödendiğini belirtir (Shoup, 2005).

Uluslararası literatüre göre minimum otopark gereksinimlerine dayalı geleneksel yaklaşım problematik ve yoğun kent dokusuyla uyumsuz bir yaklaşımdır (Asian Development Bank, 2011).

1.2.2.2 Park yönetimi yaklaşımı

Park yönetimi, park politikaları arasında en yaygın ikinci yaklaşımdır (Asian Development Bank, 2011). Bu yaklaşım, geleneksel park politikasının yoğun ve sıkışık bölgeler için uygulanabilir olmayışından dolayı ortaya çıkmıştır. (Barter, 2010) Park yönetimi yaklaşımı genellikle otopark sorununun olduğu, fakat fazladan otopark arzının mümkün olmadığı veya arzu edilmediği yerlerde uygulanmaktadır (Litman, 2006). Park yönetimi, otoparkların daha verimli kullanılmasını hedefleyen politikalar ve programlardan oluşmaktadır (Litman, 2013).

Geleneksel yaklaşımın aksine, bu yaklaşımda otopark arzı ve talebini eşitlemek ikincil hedeftir (Asian Development Bank, 2011). Litman'a göre, park yönetimi uygulanarak hem gerekli otopark alanlarının sayısı azaltılabilir hem de ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar sağlanabilir (Litman, 2013). Çizelge 1.4'te, Litman'ın önerdiği park yönetimi yaklaşımına ait stratejiler sunulmuştur. Ayrıca bu stratejilerin gereken otopark miktarını ne oranda azalttığı ve araç trafiği üzerindeki etkisi çizelgede belirtilmektedir. (Litman, 2013)

Çizelge 1.4 : Park yönetimi stratejileri (Litman, 2013). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Strateji	Açıklama	Tipik Azalma	Trafik Azalması
Paylaşımlı park	Bir otopark alanını tek kişiye tahsis etmek yerine paylaşımlı kullanımını sağlamak	%10-30	
Otopark düzenlemeleri	Servis araçları, teslimat araçları, müşterilerin araçları gibi öncelikli kullanımların lehine düzenlemeler	%10-30	
Daha doğru ve esnek standartlar	Otopark standartlarını belirli durumlardaki talebi karşılayacak şekilde belirlemek.	%10-30	
Azami otopark sınırlaması	Binaların bulunduğu araziler için azami otopark alanı miktarının sınırlandırılması.	%10-30	
Uzaktan park	Arazi dışında (<i>off-site</i>) ve kent eşiklerinde (<i>urban fringe</i>) otopark tesislerinin temin edilmesi.	%10-30	
Akıllı büyüme	Diğer ulaşım alternatiflerinin kullanımına olanak sağlayan ve paylaşımlı park kullanımını ön plana çıkaran kentsel gelişimi teşvik etmek	%10-30	✓
Yaya ve bisikletlilere yönelik iyileştirmeler	Yürüyüş ve bisikletle ulaşım şartlarını iyileştirmek.	%5-15	✓

Çizelge 1.4 (devam): Park yönetimi stratejileri (Litman, 2013). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Strateji	Açıklama	Tipik Azalma	Trafik Azalması
Var olan tesis kapasitelerinin artırılması	Kayıp alanların kullanarak arabaların daha az yer kaplayacak şekilde istiflenmesini sağlamak.	%5-15	
Ulaşım yönetimi	Ulaşım talep yönetimi (UTY) programları ile otomobil ile ulaşımı azaltmak, diğer ulaşım türlerini kullanmaya teşvik etmek	%10-30	✓
Otopark ücretlendirme	Sürücülerin otopark tesisini kullanma karşılığında doğrudan ödeme yapmasını sağlamak.	%10-30	✓
Ücretlendirme yöntemlerini geliştirme	Daha iyi ücretlendirme yöntemleri ile uygun fiyattan ücretlendirmeyi sağlamak.	Değişken	✓
Ekonomik Teşvik	<i>Parking cash out*</i> gibi sistemlerle diğer ulaşım türlerinin kullanımını mali olarak teşvik etmek.	%10-30	✓
Ayrık Parklanma	Otopark alanlarının binalardan ayrı olarak kiralanması veya satılması.	%10-30	✓
Otopark vergisi reformu	Vergilendirme politikasını, park yönetimi hedeflerini destekleyecek şekilde düzenlemek.	%5-15	✓
Bisiklet tesisleri	Bisiklet park etmeye ve aktarma yapmaya uygun tesislerin sağlanması.	%5-15	✓
Bilgilendirme ve pazarlamayı geliştirme	Haritalar, işaretler, broşürler ve interneti kullanarak sürücülerin müsait park alanları ve otopark ücretleri hakkında bilgilendirmek.	%5-15	✓
Yaptırımı geliştirme	Yasal yaptırımların caydırıcı, mantıklı ve adil olmasını sağlamak.	Değişken	
Ulaşım Yönetim Birlikleri	Belli bir bölgede ulaşım ve parklanma konusunda yönetim hizmeti veren üye kontrollü örgütler kurmak	Değişken	✓
Yoğun Parklanma Planları	Otopark talebinin en fazla olduğu anlarda talep yönetimi için plan yapmak	Değişken	
Dolup Taşma Sorununa Çözüm	Otoparkların dolup taşmasını önlemek için yönetim, yaptırım ve fiyatlandırmadan yararlanmak	Değişken	
Otopark Tesis Tasarımı ve İşletmesi	Sorunları çözmek ve park yönetimini desteklemek için otopark tesis tasarımını ve işletimini geliştirmek	Değişken	

*Bu sistemde işveren işyerine gelen işçilere bedava otopark sunarken, bir diğer seçenek olarak işçiye otopark ücreti kadar ödeme yapar. Böylece işçiler otomobil dışı ulaşım araçlarını kullanmaya teşvik edilir.

1.2.2.3 Piyasa tabanlı yaklaşım

Piyasa tabanlı park politikasında, otopark arz ve talep dengesinin piyasa tabanlı fiyatlandırma vasıtasıyla sağlanması öngörülmektedir (Asian Development Bank, 2011). Bu yaklaşım yaklaşık yüzyıllık bir geçmişe sahiptir. 1920'lerde Harvard ulaşım planlamacısı Miller McClintock yol üstü parklanmanın yasaklanması halinde yeterli

miktarda *yol dışı otopark*² alanının özel sektör tarafından sağlanabileceğini ve otopark sorununun bu şekilde çözülebileceğini öne sürmüştür (Shoup, 2005; Barter, 2010). Ardından Vickrey (1954) benzer bir görüşü savunmuş, fakat McClintock'tan farklı olarak yol üstü parklanmanın yasaklanması yerine *optimal fiyatlandırma*yı önermiştir. Roth (1965) ve Shoup'un da (2005) Vickrey'in optimal fiyatlandırma fikrini benimsediği görülmektedir. Her ikisi de zamana ve mekana göre değişen performansa dayalı bir fiyatlandırmaı önermektedir. Optimal fiyatlandırma vasıtasıyla yol üstü otopark doluluk oranının yaklaşık %85 olması, böylece park yeri arama süresinin sıfıra indirilmesi hedeflenmektedir (Barter, 2010).

Shoup'un Los Angeles'ta bir ticari bölge olan Westwood Village'te yaptığı gözleme istinaden oluşturduğu diyagram Şekil 1.2'de sunulmuştur. Diyagramın sol tarafında yol üstü parklanmanın olması gerekenden daha düşük fiyatlandırılması sonucu oluşan durum gösterilmektedir. Bu durumda tüm park yerlerinin dolu olduğu, park etmek isteyen araçların bloğun etrafında daireler çizdiği görülmektedir. Diyagramın sağ tarafında, yol üstü parklanmanın optimal fiyatlandırılması sonucunda bloğun her cephesinde 8 park yerinden birinin boş kaldığı ve böylece park yeri arama sorununun önüne geçildiği görülmektedir (Shoup, 2005).



Şekil 1.2 : Yol üstü parklanma fiyatlandırması ve arama trafiği (Shoup, 2005). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Piyasa tabanlı yaklaşımda taşma sorunu (*spillover*) olumsuz bir durum olarak değil, yerel otopark piyasasının canlı kalmasını sağlayan bir durum olarak görülür ve fiyatlandırma ile önüne geçilebileceği savunulur (Barter, 2010).

² Araçların park edilebilmesi için ayrılmış, yol dışında kalan alanlardır. Hemzemin ve katlı otopark olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. (Kaplan ve Yıldız, 2002)

1.3 Otopark Sorununa Çözüm Yaklaşımları: İstanbul Örneği

İstanbul'daki otopark sorununun çözülebilmesi için otopark arz ve talebinin dengelenmesine yönelik adımlar atılmalıdır. Mevcut durumda otopark talebinin otopark arzından çok daha fazla olduğu bilinmekte ve bunun sonuçları açıkça görülmektedir. Talep ve arzın dengelenmesinde uygulanacak yöntemler talebin azaltılması ve/veya arzın artırılmasıdır. Sadece arzın artırılması sürdürülebilir bir çözüm değildir. Sadece arzın artırılması halinde, ekonomideki *Say Kanunu*³'ndan hareketle sunulan her otopark alanı kendi ihtiyacını yaratacak ve otomobille ulaşım teşvik edilmiş olacaktır. Olması gereken çözümde mevcut otopark talebi karşılanmalı ve gelecekte öngörülen otopark talebini minimize etmeye yönelik adımlar atılmalıdır.

Otomobille ulaşım olan talebin azaltılması için otomobile göre daha cazip alternatifler sunulmalıdır. Mevcut durumda İstanbul'daki otomobil sahipliğini azaltmaya yönelik girişimlerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Ulaşımında otomobilin yerini alacak alternatif ulaşım sistemleri yeterince yaygın değildir. Toplu taşıma altyapısı ve kalitesinin yeterli seviyede olmadığı bilinmektedir. Toplu taşıma ağının yaygınlaştırılması ve seyahat konforunun artırılmasıyla otopark talebinin azaltılması mümkündür. Ayrıca otomobil bağımlılığını azaltacak bisiklet gibi çevre dostu ulaşım araçlarının yaygınlaştırılması ve bu yönde gerekli altyapının sağlanması otopark talebini azaltmaya yardımcı olacaktır.

Arzın artırılması yeni otopark alanlarının sağlanması ile mümkündür. Bu doğrultuda İstanbul'un mevcut durumu (yüksek nüfus yoğunluğu, plansız yapılaşma, vb.) dikkate alınarak yeni otopark tesisleri planlanmalı ve inşa edilmelidir.

1.4 Amaç, Kapsam ve Yöntem

Otopark sorunu; inşaat mühendisliği, şehir planlama, trafik mühendisliği, peyzaj mimarlığı, mimarlık, otomotiv, ulaştırma mühendisliği, sosyoloji ve ekonomi gibi birçok bilim dalının ilgi alanındadır. Bu tezin amacı otopark sorununa mimarlık ve şehir planlama ölçeklerinde çözüm bulunması sürecine dahil olup, karar verici/tasarımcılara destek olacak hesaplamalı bir model geliştirmektir.

³ Jean Baptiste Say tarafından ileri sürülmüş, basitçe "her arz kendi talebini yaratır" şeklinde açıklanabilecek kanun.

Bu bölümde otopark sorununun küresel ve yerel boyutları üzerinde durulmuştur. Özellikle çalışmanın yapılacağı İstanbul için otopark sorunu ve bu sorunu meydana getiren unsurlar detaylı bir biçimde tanımlanmaya çalışılmıştır. Sorunun tanımlanmasının ardından; ulaştırma mühendisliği, ekonomi, trafik mühendisliği, şehir planlama gibi bilim dallarına ait uluslararası literatürler incelenerek otopark sorununa yönelik mevcut çözüm yaklaşımları ele alınmıştır. Bu araştırmaların sonucunda İstanbul'un otopark sorunu için nasıl bir çözüm politikası izlenmesi gerektiği tartışılmış ve bir hipotez üretilmiştir. Hipoteze göre çözüm için hem otomobil sahipliğinin azaltılmasına yönelik hem de otopark arzının artırılmasına yönelik politikalar bir arada uygulanmalıdır. Bu tez kapsamında otopark arzının artırılmasına yönelik yaklaşımlar üzerinde durulmuştur. Otopark arzının artırılması yeni otopark alanlarının yaratılmasıyla mümkün olmaktadır.

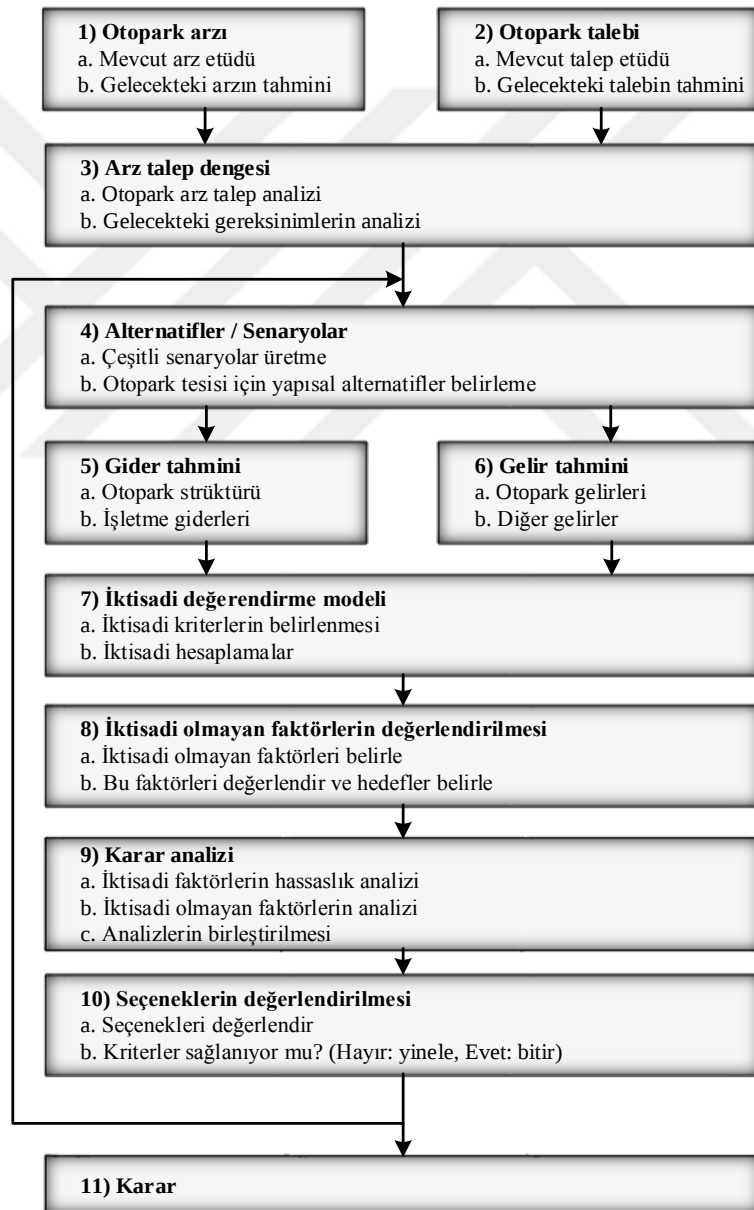
İkinci bölümde yeni otopark tesislerinin planlama süreci ele alınmıştır. Bu süreç; tesis tipi seçimi, tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırma gibi aşamalardan meydana gelmektedir. Her bir aşama; inşaat mühendisliği, mimarlık, şehir planlama, ulaştırma mühendisliği gibi bilim dallarına ait uluslararası literatürler ışığında detaylı olarak ele alınmıştır. Tesis tipi seçimiyle ilgili olan kısımda otopark tipolojileri ele alınmış ve İstanbul gibi nüfus yoğunluğu yüksek şehirler için en uygun otopark sisteminin ne olabileceği tartışılmıştır. Tesis yeri seçimiyle ilgili olan kısımda; yer seçimi bilimi üzerine yapılan literatür taraması sunulmuş, yer seçimi problemleri sınıflandırılmış ve otopark yeri seçimi problemlerinde kullanılan çözüm prosedürleri ele alınmıştır. Tesis boyutlandırma ile ilgili olan kısımda otopark tesis boyutunu belirleyen unsurlar ve otopark ihtiyacının belirlenmesine dair yöntemler ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde tezin uygulama kısmında kullanılacak yöntemler anlatılmıştır. Model oluşturulurken genetik algoritmalarından, doğrusal programlamada, ağırlıklı toplam yönteminden ve ceza fonksiyonlarından yararlanılmıştır.

Dördüncü bölümde tesis yeri seçimi ve boyutlandırma aşamalarında karar vericiye/tasarımcıya destek olacak GA tabanlı yeni bir hesaplama model tanıtılmaktadır. Ardından bu model bir vaka çalışması kapsamında gerçek verilerle test edilmiştir. Vaka çalışması için İstanbul'da otopark sorununun en fazla yaşandığı ilçelerden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir.

2. OTOPARK TESİS PLANLAMASI

Otopark tesis planlaması, mevcut ve gelecekteki muhtemel otopark talep ve arzının belirlenmesi, senaryoların/alternatiflerin tanımlanması, iktisadi ve iktisadi olmayan faktörlerin değerlendirilmesi aşamalarından oluşur. Şekil 2.1’de otopark tesislerinin uygulanabilirliği için bir karar modeli örneği sunulmuştur (Merino, 1989).



Şekil 2.1 : Otopark tesislerinin uygulanabilirliği için karar modeli (Merino, 1989).
Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Bu bölümde otopark tesis planlaması, tesis tipi seçimi, yer seçimi ve boyutlandırma yönlerinden ele alınacaktır.

2.1 Otopark Tesis Tipi Seçimi

2.1.1 Başlıca otopark tipleri

Otopark araçların park edildiği, yol üstü ve yol dışı olmak üzere iki çeşidi bulunan yer veya tesistir (TSE, 1992). Şekil 2.2’de otoparklar tipolojik olarak sınıflandırılmıştır.

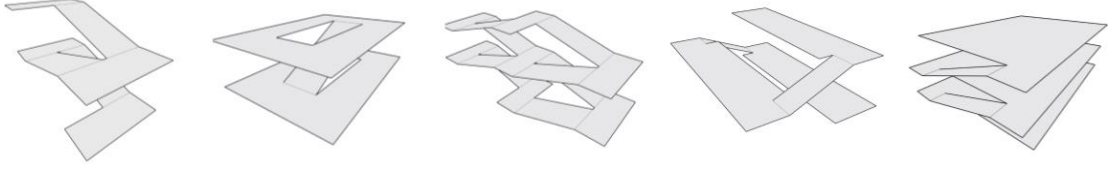


Şekil 2.2 : Otoparkların tipolojik sınıflandırılması.

Yol üstü otopark “taşıt veya yaya yolu sathı üzerinde, yaya kaldırımından ayrılmış cepte veya orta refüjde olmak üzere yol kenarında yapılan; kullanımına göre kullanım süresi sınırsız, kullanımı zaman ile sınırlı olmak üzere iki çeşit olan açık otoparktır” (TSE, 1992). Yol üstü otopark düzeni park etme şekline göre yol kenarına paralel, dik veya açılı (30°,45°,60°,vb.) olabilir (Burrage ve Mogren,1957).

Yol dışı otoparklar araçların park edilebilmesi için ayrılmış, yol dışında kalan alanlardır. Hemzemin ve katlı otopark olmak üzere iki sınıfta incelenebilir (Kaplan ve Yıldız, 2002). Katlı otopark tesisleri “statik” ve “otomatik” olmak üzere ikiye ayrılır. Statik otopark tesislerinde araçlar sürücü veya otopark görevlisi tarafından park edilmektedir. Statik otoparklarda araçları alt veya üst katlara götürebilmek için rampalar mevcuttur. Şekil 2.3’de statik otopark tesislerinde sıkça karşılaşılan 5 farklı rampa düzeni görülmektedir. Bu tür otopark tesislerinde rampa ve koridorlar çok yer kaplayarak mevcut alanın yüksek verimlilikte kullanılmasına izin vermemektedir.

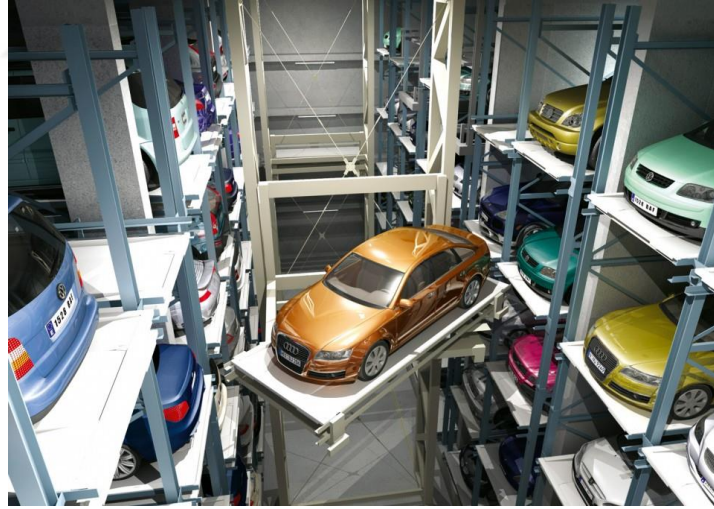
Otomatik otoparklarda ise araçlar yatayda ve dikeyde hareket edebilen asansör benzeri bir platform vasıtasıyla, rampa ve koridorlara gerek duyulmadan park yerine götürülür.



Şekil 2.3 : Statik otoparklardaki 5 farklı rampa düzeni (Northeastern University School of Architecture, 2008).

2.1.2 Çok katlı otomatik otoparklar

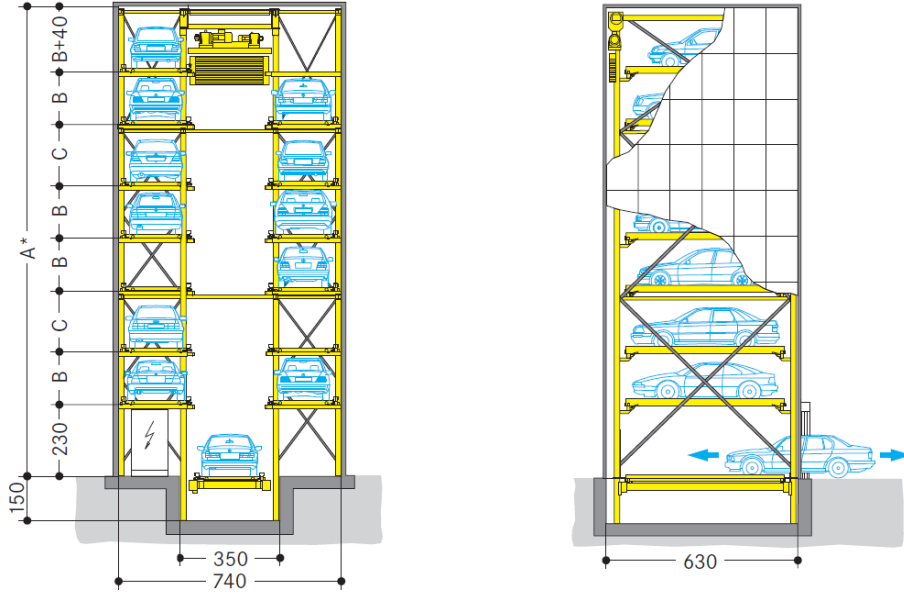
Otomatik otopark sistemleri, sürücülerin otopark içerisine girmeden sadece araçlarını kabul odasına bırakarak park etmelerini sağlayan akıllı sistemlerdir. Kabul odasına bırakılan araçlar akıllı taşıyıcılarla “park hücrelerine” istiflenir (Yardım ve Ağrikli, 2005). Şekil 2.4’te Wöhr firmasının ürettiği bir otomatik otopark sistemindeki (Multiparker 710) araç istifleme işlemi görülmektedir (Url-5, 2015). Bu tür otoparklarda rampa ve koridor kullanmadan sadece araç yüksekliklerinde katlar inşa edilerek park yeri kapasitesi en üst düzeye çıkarılır (Url-6, 2015).



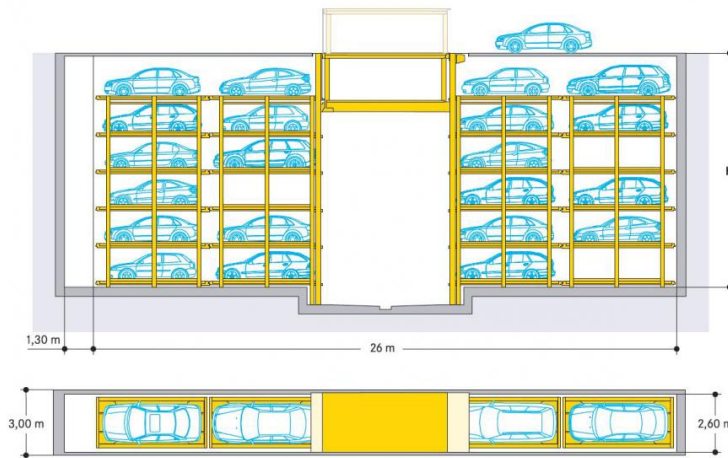
Şekil 2.4 : Otomatik otoparklarda istifleme işlemi (Url-6, 2015).

Otomatik otoparklarda sisteme giriş noktası kabul odasıdır. Sürücü kabul odasına gelince aracın boyutları, pozisyonu ve araç içinde canlı olup olmadığı sistem tarafından tespit edilir. Ayrıca aracın plakası okunarak sisteme kaydedilir. Tüm bu süreç boyunca kullanıcı bir ekran ile bilgilendirilir. Kabul odasına bırakılan araç yatay ve düşey hareket edebilen otomatik bir taşıyıcı ile boyutlarına uygun bir park hücresine götürülür (Yardım ve Ağrikli, 2005).

Şekil 2.5'te Wöhr firmasına ait Parksafe 580 isimli otomatik otopark sistemi görülmektedir. Parksafe 580, Avrupa'nın birçok kentinde (Budapeşte, Hamburg, Berlin, Sindelfingen, vs.) kullanımda olan bir sistemdir. Bu sistemde yaklaşık 47 metrekarelik bir arazide azami 98 aracın parklanması mümkündür (Url-7, 2015). Otomatik otopark sistemleri modüler olduğu için neredeyse her ölçü ve şekildeki araziye uygun bir çözümdür (Yardım ve Ağrikli, 2005). Şekil 2.6'da Tel Aviv'de dar bir arazi için uygulanmış otomatik otopark çözümü görülmektedir (Url-8, 2015).



Şekil 2.5 : Parksafe 580 (sırayla ön ve yan görünüş). Boyu 160 cm'ye kadar olan araçlar için B = 173 cm, C=198 cm; boyu 200 cm'ye kadar olan araçlar için B=213 cm, C=238 cm'dir. A* uzunluğu arzu edilen kat sayısına göre değişmektedir (Url-7, 2015).



Şekil 2.6 : Tel Aviv'de 3 metre genişliğinde dar bir arsa parçasına inşa edilmiş 23 araç kapasiteli otomatik otopark (Url-8, 2015).

Otomatik otoparklarda araç güvenliğini tehdit eden hırsızlık, vandalizm gibi tehlikeler yoktur. Ayrıca bu sistemlerde aydınlatma ve havalandırma gerekmediği için işletme maliyetleri düşüktür (Url-7, 2015).

2.1.3 İstanbul için ideal otopark tesis tipi

İstanbul gibi nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ve plansız gelişen kentlerde yeni otopark alanlarının inşa edilmesi için arazi bulmak her zaman mümkün olmamaktadır (Tezcan ve Yayla, 2010). Bulunan arsalar ise büyük yapıların inşa edilmesine olanak vermeyecek kadar küçük veya alternatif yatırım maliyetleri göz önüne alındığında çok pahalıdır (Yardım ve Ağrikli, 2005). Bu nedenle mevcut ve yakın gelecekte öngörülen araç sayısını dikkate alarak, en az alanda en çok sayıda aracın istiflenmesine olanak sağlayan otopark tesisleri planlanmalıdır.

Hemzemin otoparklar katlı otoparklara göre birim alanda çok daha az sayıda aracın park etmesine olanak veren otoparklardır. Bu yüzden hemzemin otopark İstanbul gibi arazi bedellerinin ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgeler için elverişli bir çözüm değildir.

Katlı otoparklar kendi aralarında karşılaştırıldığında otomatik otoparkların statik otoparklara göre daha küçük bir alanda daha çok aracın istiflenmesine olanak verdiği bilinmektedir (Yardım ve Ağrikli, 2005). Bunun sebebi statik otoparklarda araç sirkülasyonu için geniş rampalara ve araçların park etmesine imkân veren manevra alanlarına ihtiyaç duyulmasıdır. Manevra mesafesi gerektirmediği için yer tasarrufu sağlayan çok katlı otomatik otoparklar inşa etmek İstanbul için en uygun çözüm olarak öne çıkmaktadır.

2.2 Otopark Tesis Yeri Seçimi

2.2.1 Yer seçimi bilimi

Tesis yeri seçimi coğrafi verilere dayalı bir karar verme sürecidir. Yer seçimi konusu; yönetim bilimi, endüstri mühendisliği, coğrafya, ekonomi, bilgisayar bilimi, matematik, pazarlama, elektrik mühendisliği, şehir planlama gibi birçok bilim dalının ilgi alanındadır (Drezner, 1995).

Tesis yeri seçimi problemlerinde en az bir yeni tesis konumlandırılırken, en az bir kıstasın (maliyet, kâr, seyahat mesafesi, hizmet, bekleme süresi, kapsama alanı, pazar

payı gibi) eniyilenmesi hedeflenir (Farahani ve diğ., 2010). Yer seçimi genellikle aşağıdaki amaçlar doğrultusunda yapılmaktadır:

- Toplam kurulum maliyetlerinin minimize edilmesi
- Var olan tesislerden uzaklığın minimize edilmesi,
- Sabit giderlerin minimize edilmesi,
- Yıllık işletme maliyetlerinin minimize edilmesi,
- Hizmetin maksimize edilmesi,
- Seyahat edilen ortalama süre ve ortalama mesafenin minimize edilmesi,
- Seyahat edilen maksimum süre ve maksimum mesafenin minimize edilmesi,
- Toplam tesis sayısının minimize edilmesi,
- Çevresel kirlenmenin minimize edilmesi (Farahani ve diğ., 2010).

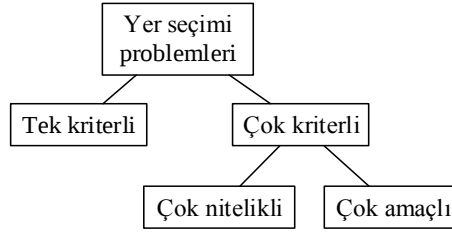
Drezner ve diğ. (2002) yer seçimi biliminin 17. yüzyılda; Pierre De Fermat, Evangelistica Torricelli ve Battista Cavallieri'nin çalışmalarıyla ortaya çıkmış olabileceğini savunur. Bununla birlikte konu araştırmacıları Alfred Weber'in kitabını (Weber, 1909) modern literatürde yer seçimi alanında ilk yayın olarak kabul eder (Owen ve Daskin, 1998; Tabari ve diğ., 2008; Farahani ve diğ., 2010; Şen ve diğ., 2011). Yer seçimi teorisi, Weber'in bir depo için en uygun yeri belirlediği çalışmasıyla (Weber, 1909) ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada tek bir depo ile birden fazla müşteri arasındaki toplam mesafenin minimize edilmesi hedeflenmiştir (Owen ve Daskin, 1998).

2.2.2 Yer seçimi problemlerinin sınıflandırılması

Yer seçimi problemlerini kriter niceliği bakımından tek kriterli ve çok kriterli olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Weber'in yer seçimi teorisini tanıttığı kitabında (Weber, 1909) ele aldığı problem tek kriterli yer seçimi problemlerine örnek gösterilebilir. Tek kriterli modellemenin en büyük dezavantajı yer seçimi kararını etkileyen tüm faktörlerin aynı anda değerlendirilememesidir (Terouhid ve diğ., 2012).

Literatürde çok kriterli karar verme problemlerinin kendi içinde çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) problemleri olmak üzere iki

kategoriye ayrıldığı görülmektedir (Farahani ve diğ., 2010, Malczewski, 2006). Şekil 2.7’de yer seçimi problemlerinin kriter sayısı bakımından sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil 2.7 : Yer seçimi problemlerinin sınıflandırılması.

2.2.2.1 Çok nitelikli karar verme (ÇNKV) problemleri

ÇNKV problemlerinde genellikle sınırlı sayıda önceden belirlenmiş alternatif bulunmaktadır. Bu alternatifler çeşitli kriterlere göre değerlendirilir. Karar verici tüm alternatifler arasından en iyi çözüm veya çözümleri seçer (Farahani ve diğ., 2010).

ÇNKV problemlerini çözmek için geliştirilmiş birçok yöntem vardır. Literatürdeki en popüler yöntemler baskınlık, maksimin, maksimaks, bağlayıcı yöntem, ayrıştırıcı yöntem, leksikografik yöntem, belli yönlemlere göre eleme, permütasyon yöntemi, doğrusal atama yöntemi, basit toplamsal ağırlık (BTA), analitik hiyerarşi süreci (AHS), analitik ağ süreci (AAS), ELECTRE, çok nitelikli fayda teorisi (MAUT), TOPSIS, hiyerarşik ödünleşim, tercihin çok boyutlu analizi için doğrusal programlama teknikleri (LINMAP), etkileşimli BTA yöntemi ve ideal nokta ile çok boyutlu ölçeklendirme yöntemidir (Hwang ve Yoon, 1981, Farahani ve diğ., 2010).

Literatürdeki bazı çok nitelikli yer seçimi çalışmaları; yazarları, yayın tarihleri, problem içerikleri ve kullanılan yöntemler belirtilerek; Çizelge 2.1’de yazar adlarına göre alfabetik sırayla listelenmiştir.

Çizelge 2.1 : Çok nitelikli yer seçimi problemleri.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Kullanılan yöntem
Aras ve diğ. (2004)	Rüzgar gözlem istasyonu için yer seçimi	Analitik hiyerarşi süreci (AHS)
Badri (1999)	Petrokimya fabrikası için yer seçimi	Analitik hiyerarşi süreci ve çok amaçlı hedef programlama
Canbolat ve diğ. (2007)	Küresel üretim tesisi için yer seçimi	Karar ağacı ve Çok nitelikli fayda teorisi (MAUT)
Cáceres ve diğ. (2009)	Perakende kahve satış mağazaları için yer seçimi	SMAA, Monte Carlo simülasyonu ve olasılık elemanları

Çizelge 2.1 (devam): Çok nitelikli yer seçimi problemleri.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Kullanılan yöntem
Chan ve Chung (2004)	Dağıtım ağı tesisleri için yer seçimi	Analitik hiyerarşi süreci, genetik algoritmalar ve lineer programlama
Chou ve diğ. (2008)	Otel yeri seçimi	Bulanık AHS
Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008)	Tekstil fabrikası için yer seçimi	Bulanık AHS ve bulanık TOPSIS
Fernández ve Ruiz (2009)	Endüstri alanı için yer seçimi	Bulanık mantık ve AHS
Guo ve He (1999)	Tarım tesisleri için yer seçimi	AHS ve hedef programlama
Ho ve diğ. (2013)	Kahve dükkanı/restoran için yer seçimi	AHS ve çok seçenekli hedef programlama (MCGP)
Ishizaka ve diğ. (2013)	Kumarhane için yer seçimi	PROMETHEE, TOPSIS ve ağırlıklı toplam yöntemi (WSM)
Kahraman ve diğ. (2003)	Motor fabrikası için yer seçimi	Bulanık AHS
Lahdelma ve diğ. (2002)	Katı atık arıtma tesisi için yer seçimi	Sıralı kriter ile SMAA (SMAA-O)
MacIntyre ve Parfitt (1998)	Konut arazisi seçimi	AHS
Norese (2006)	Katı atık arıtma tesisleri için yer seçimi	ELECTRE
Tabari ve diğ. (2008)	Kuruluş yeri seçimi	Bulanık AHS
Türetken (2008)	BT yedekleme tesisleri için yer seçimi	Nitel ayırıcı süreç (Qualitative discriminant process, QDP)
Tuzkaya ve diğ. (2008)	İstenmeyen (nükleer, atık, vb.) tesisler için yer seçimi	Analitik ağ süreci
Tzeng ve diğ. (2002)	Restoran için yer seçimi	AHS ve VIKOR
Yang ve diğ. (2008)	Mağaza yeri seçimi	AHS ve AAS
Yong (2006)	Tesis yeri seçimi	Bulanık TOPSIS

2.2.2.2 Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) problemleri

ÇAKV problemlerinde önceden belirlenmiş çözüm alternatifleri yoktur. Bu tür problemlerde belirli ölçülebilir kısıtlar dikkate alınarak en iyi alternatifi tasarlamak hedeflenir. ÇAKV yöntemleri şu üç ortak özelliğe sahiptir: (1) ölçülebilir kriterler, (2) iyi tanımlanmış kısıtlar, (3) ödünleşim⁴ bilgisi elde etme işlemi (Hwang ve Yoon, 1981; Farahani ve diğ., 2010). Çizelge 2.2’de ÇNKV ve ÇAKV yaklaşımları karşılaştırılmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981).

Çizelge 2.2 : ÇNKV-ÇAKV karşılaştırması (Hwang ve Yoon, 1981). Tolga KARASAY tarafından Türkçe’ye çevrilmiştir.

	Çok nitelikli karar verme	Çok amaçlı karar verme
Kriterleri belirleyen nedir?	Nitelikler	Amaçlar
Amaçların tanımlanması	Üstü kapalı (iyi tanımlanmamış)	Belirgin (iyi tanımlanmış)
Niteliklerin tanımlanması	Belirgin (iyi tanımlanmış)	Üstü kapalı (iyi tanımlanmamış)
Kısıtlar	Aktif değil (Niteliklere dâhil edilmiş)	Aktif
Alternatifler	Sınırlı sayıda, önceden tanımlanmış	Sonsuz sayıda, süreç esnasında beliren
Karar vericiyle etkileşim	Çoğunlukla	Fazla değil
Kullanım amacı	Seçim/Değerlendirme	Tasarım

ÇAKV problemlerinin çözümünde kullanılan birçok yöntem vardır. Literatürde bu tür problemlerde kullanılmış en yaygın yöntemler şunlardır: global kriter yöntemi, fayda fonksiyonu, L-P metrik yöntemleri, sınırlanmış amaçlar yöntemi, leksikografik yöntem, hedef programlama, amaç erişim yöntemi, Geoffrion yöntemi, etkileşimli hedef programlama, yedek değer ikame yöntemi, makul hedefler yöntemi (method of satisfactory goals), Zionts-Wallenius yöntemi, STEM ve benzeri yöntemler, SEMOPS

⁴ Ödünleşim (trade-off): bir şeyi elde etmek için başka bir şeyden vazgeçme.

ve SIGMOP yöntemi, hedef programlamalı STEM (GPSTEM) yöntemi, Steuer yöntemi, parametrik yöntem, ϵ -kısıt yöntemi ve uyarlanır arama yöntemi (Hwang ve Masud, 1979).

Literatürdeki bazı çok amaçlı yer seçimi çalışmaları; yazarları, yayın tarihleri, problem içerikleri ve kullanılan yöntemler belirtilerek; Çizelge 2.3'te yazar adlarına göre alfabetik sırayla listelenmiştir.

Çizelge 2.3 : Çok amaçlı yer seçimi problemleri.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Kullanılan yöntem
Araz ve diğ. (2007)	Acil servis araçları için yer seçimi	Leksikografik çok amaçlı lineer programlama, Bulanık hedef programlama (FGP), Toplamsal FGP (A-FGP-C) ve Ağırlıklı toplamsal FGP (WA-FGP-T)
Caballero ve diğ. (2007)	Katı hayvansal atık yakma tesisleri	Tabu aramasına dayalı üstsezgisel bir algoritma
Colebrook ve Sicilia (2007)	Tesis ağı için yer seçimi	Polinomial algoritma
Dias ve diğ. (2008)	Tesis yeri seçimi	Genetik algoritmalar ve yerel arama algoritmalarından oluşan etkileşimli bir memetik algoritma
Doerner ve diğ. (2007)	Mobil sağlık tesisi için yer ve rota seçimi	Pareto karınca kolonisi optimizasyonu (P-ACO), Vektör Değerlendirmeli Genetik Algoritma (VEGA), Çok amaçlı genetik algoritma (MOGA)
Doerner ve diğ. (2009)	Tsunami tehlikesi olan bölgelerde kamu kuruluşları için yeri seçimi	Matematiksel programlama ve Bastırılmamış Sınıflandırmalı Genetik Algoritma II (NSGA-II)
Du ve Evans (2008)	Satış sonrası hizmet tesisi için yer seçimi	Kısıt yöntemi, Dual simpleks yöntemi ve Dağınık arama algoritması (Scatter search algorithm)
Galvão ve diğ. (2006)	Hamilelik ve doğum merkezleri (perinatal tesisler) için yer seçimi	Kısıt yöntemi ve Lagranj Sezgiseli
Giannikos (1998)	Atık tesisi için yer seçimi	Hedef programlama (GP) ve ceza fonksiyonu (penalty function)
Hamacher ve diğ. (2002)	Yarı-istenen tesisler (enerji santralleri, havalimanları, çöp sahaları gibi) ağı için yer seçimi	Polinomial zaman algoritması
Harewood (2002)	Ambulanslar için yer seçimi	Monte Carlo simülasyonu
Hong ve diğ. (2007)	Statik transfer şalterleri için yer seçimi (Elektrik)	Prüfer sayı dizisi ile bir genetik algoritma

Çizelge 2.3 (devam): Çok amaçlı yer seçimi problemleri.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Kullanılan yöntem
Klimberg ve Ratick (2008)	Tesis yeri seçimi	Veri zarflama analizi (DEA), DEA2
Maniezzo ve diğ. (1998)	Endüstriyel atık tesisleri için yer seçimi	Hiyerarşik çok amaçlı karar modeli
Melachrinoudis ve Min (2000)	Üretim ve depolama tesisleri için yer seçimi	Çok amaçlı karma tamsayılı programlama modeli (MOIPM)
Nema ve Gupta (1999)	Tehlikeli atık tesisleri için yer seçimi	Çok amaçlı tamsayı programlama
Ogryczak ve diğ. (1989)	Yük aktarma yeri seçimi	Dinamik etkileşimli ağ analiz sistemi (DINAS)
Pati ve diğ. (2008)	Geri dönüşümlü kağıt dağıtım ağını oluşturan tesisler için yer seçimi	Karma tamsayılı hedef programlama (MIGP)
Raisanen ve Whitaker (2005)	Baz istasyonları için yer seçimi	Dört farklı genetik algoritma (SEAMO, SPEA2, PESA, NSGA-II)
Rakas ve diğ. (2004)	İstenmeyen tesisler (tehlikeli atık sahaları gibi) için yer seçimi	Bulanık küme teorisi ve ağırlık verme yöntemi kombinasyonu
Selim ve Ozkarahan (2006)	Tedarik zinciri ağını oluşturan tesisler için yer seçimi	Bulanık hedef programlama
Stummer ve diğ. (2004)	Sağlık tesisleri için yer ve boyut seçimi	Tabu arama algoritması
Uno ve Katagiri (2008)	Savunma üsleri için yer seçimi	İki seviyeli 0-1 programlama
Villegas ve diğ. (2006)	Kolombiya kahvesi tedarik ağını oluşturan tesisler için yer seçimi	Bastırılmamış Sınıflandırılmalı Genetik Algoritma II (NSGA-II), Pareto arşivli evrim stratejisi (PAES) ve matematiksel programlama
Xu ve diğ. (2008)	Tedarik zinciri ağını oluşturan tesisler için yer seçimi	Prüfer sayı dizisi ile kapsama ağacı tabanlı bir genetik algoritma (st-GA)
Yang ve diğ. (2007)	İtfaiye istasyonları için yer seçimi	Bulanık çok amaçlı programlama ve bir genetik algoritma
Yapicioglu ve diğ. (2007)	Yarı-istenen tesisler (enerji santralleri, havalimanları, çöp sahaları gibi) için yer seçimi	Tek amaçlı PSO (Parçacık Sürü Optimizasyonu), İki amaçlı PSO

Farahani ve diğerlerinin (2010) yaptığı araştırmaya göre literatürdeki çok amaçlı yer seçimi problemlerinde en sık karşılaşılan kriterler şunlardır:

- Maliyet kriterleri: Bu kriterler sabit ve değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Kurulum ve başlangıç giderleri sabit maliyetlere örnek gösterilebilir. Değişken maliyetler ise ulaşım, işletme, üretim, hizmet, dağıtım, lojistik, atıkların bertarafı, bakım maliyetleri ve çevresel maliyet gibi giderlerden oluşmaktadır.
- Çevresel risk kriterleri: Ulaşım riskleri, doğal riskler, atıklardan kaynaklanan riskler bu kriter altında değerlendirilmektedir.
- Kapsama kriterleri: Mesafe, zaman ve miktar yönünden kapsama gibi kriterlerden oluşur. ÇAKV problemlerinde mesafe ve nüfus yönünden kapsama en çok karşılaşılan kapsama kriterleridir.
- Hizmet seviyesi ve verim kriterleri
- Krlılık kriteri
- Diğer kriterler: Kaynaklara erişilebilirlik, sosyal riskler, politik riskler, vb.

Tez kapsamında oluşturulan model de bir ÇAKV modelidir. Modelde yer alan kriterler, literatürdeki benzer çalışmalarda kullanılan kriterler dikkate alınarak belirlenmiştir.

2.2.3 Otopark tesisi için yer seçimi

Otopark tesisi için yer seçimi problemleri diğer yer seçimi problemlerinde olduğu gibi çoğu zaman birbiriyle etkileşen çok sayıda kriter içermektedir. Geleneksel yöntemlerle önceki deneyim ve idlere dayalı olarak verilen yer seçimi kararlarında genellikle istenen verim alınamamaktadır. Çünkü karar verirken yer seçimini etkileyen tüm faktörleri önem derecelerine göre göz önünde bulundurmak insan aklı için oldukça zor bir işlemdir. Tüm kriterlerin aynı anda değerlendirilmesine olanak veren karar destek modelleri bu noktada karar vericinin yardımına yetişmektedir.

Otoparklar park yeri ile varış noktası arasındaki yürüme mesafesini, park yeri aramakla kat edilen gereksiz mesafeyi ve geçen süreyi minimize edecek şekilde konumlandırılmalıdır (Weant, 1978). Weant'a göre (1978) büyük (nüfusu 250 binin üzerindeki) şehirlerde park yeri ile varış noktası arasındaki kabul edilebilir mesafeler uzun süreli parklanma için 1000 ila 1500 feet (yaklaşık 305-457 metre), kısa süreli parklanma için 500 ila 800 feet (yaklaşık 152-244 metre) arasında olmalıdır. Amerikan deneyimi ise yol dışı otopark ile varış noktası arasındaki mesafenin 90 ila 180 metre arasında olması gerektiğini göstermiştir (Weant ve Levinson, 1991; O'Flaherty, 1997).

Ayrıca otoparklar yayalar için doğrudan, güvenli ve keyifli bir yürüyüş imkânı sağlayacak şekilde tasarlanmalı ve yerleştirilmelidir (Weant, 1978).

Otopark tesisi, arazi parçalanmasını önlemek amacıyla otopark talebine mümkün olduğunca yakın konumlandırılmalıdır. Potansiyel arazilerin otopark tesisi için uygunluğu otopark etüdleri ile tespit edilir. Fakat bazı bölgelerde otopark talebi yüksek olmasına rağmen yüksek arazi fiyatları ve erişime elverişsizlik sebebiyle yakındaki arazilere otopark tesisi inşa etmek mümkün olmamaktadır. (Weant, 1978) Böyle bir problem bir karar destek modeliyle çözülmeye çalışıldığında tüm bu birbiriyle etkileşen kriterler göz önünde bulundurulabilir ve en uygun sonuca ulaşılabilir.

Otopark yeri seçimi problemlerini ÇNKV ve ÇAKV olarak iki kategoriye ayırmak mümkündür. Yapılan literatür incelemesine göre ÇNKV kategorisindeki otopark yeri seçimi çalışmalarında genellikle şu prosedür uygulanmaktadır:

- 1) İlk önce uzman görüşleri doğrultusunda ve/veya literatür taraması vasıtasıyla kriterler belirlenir.
- 2) Uzmanlar tarafından alternatif çözümler belirlenir.
- 3) Kriterlere ağırlık vererek önem derecelerine göre katsayılar almaları sağlanır.
- 4) Kullanılacak yöntem belirlenir ve karar destek modeli oluşturulur.
- 5) Alternatifler karar destek modeli vasıtasıyla tüm kriterlere göre değerlendirilir ve puanlandırılır.
- 6) Alternatiflerin aldıkları puanlar karşılaştırılır. En yüksek puanı alan alternatif en uygun çözüm olarak öne çıkmaktadır.

ÇAKV kategorisindeki otopark yeri seçimi problemlerinde prosedür biraz daha farklılaşmaktadır. Bu tip problemlerde çözüm aşamaları aşağıdaki gibidir:

- 1) İlk önce uzman görüşleri doğrultusunda ve/veya literatür taraması vasıtasıyla kriterler belirlenir.
- 2) Kriterlere ağırlık vererek önem derecelerine göre katsayılar almaları sağlanır.
- 3) Kullanılacak yöntem ve çözüm algoritmaları belirlenir. Buna göre karar destek modeli oluşturulur.
- 4) Çözüm algoritmaları vasıtasıyla alternatifler üretilir.
- 5) Alternatifler kriterlere göre puanlandırılır.

6) En yüksek puanı alan alternatif en uygun alternatif olarak öne çıkar.

ÇNKV kategorisindeki otopark yeri seçimi çalışmaları incelendiğinde alternatiflerin önceden belirlenmiş olduğu ve çalışma amacının en iyi alternatifi seçmek olduğu görülmüştür. ÇAKV kategorisindeki problemlerde ise alternatifler süreç boyunca üretilmekte ve üretilen alternatifler arasından belli kriterlere göre en uygun çözümler seçilmektedir. ÇNKV problemlerinde sadece seçim yapılırken, ÇAKV problemlerinde hem tasarım hem seçim yapılmaktadır. Tez kapsamında üretilen model bir ÇAKV modelidir.

Literatürdeki bazı otopark yeri seçimi çalışmaları; yazarları, yayın tarihleri, problem içerikleri, çalışmanın yapıldığı yerler, kriter niteliği bakımından problem türleri, çalışmada yer alan başlıca kriterler, kriterlerin alındığı kaynaklar, çözüm kümesini oluşturan alternatif sayıları ve kullanılan yöntemler belirtilerek; Çizelge 2.4'te yazar adlarına göre alfabetik sırayla listelenmiştir.

Çizelge 2.4 : Literatürdeki bazı otopark yeri seçimi çalışmaları.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Problem yeri	Problem türü	Ana kriterler	Kriterlerin alındığı kaynak	Alternatif sayısı	Kullanılan yöntem
Baseri ve diğ. (2012)	Halka açık otopark için yer seçimi	İsfahan/İran	ÇNKV	1) Turizm çekim merkezlerine uzaklık (ticaret, sağlık, resmi kurum ve eğitim-rekreasyon merkezlerine uzaklık) 2) Yol ağına olan uzaklık 3) Gayrimenkul değeri	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Analitik hiyerarşi süreci (AHS), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)
Chen ve diğ. (2012)	Yeni park et devam et tesisleri için yer seçimi	Pekin/Çin	ÇNKV	1) Nüfus yoğunluğu 2) Yıllık hane geliri 3) Park et devam et tesislerinin erişilebilirlik durumu 4) Şehir merkezine uzaklık 5) Seyahat zamanından tasarruf	Literatür ve uzmanlar	Önceden belirlenmiş 5 alternatif	Analitik hiyerarşi süreci (AHS) ve Puanlama yöntemi (Expert Scoring Method - ESM)
Deluka-Tibljaš ve diğ. (2011)	Otopark tesisi için yer seçimi	Hırvatistan	ÇNKV	1) Trafik kriterleri (planlanan otopark kapasitesi, mevcut yol ağının trafik yükü, mevcut ulaşım ağına göre trafik önemi ve erişilebilirlik) 2) Ekonomik kriterler (inşaat giderleri, tesisten elde edilecek gelirler) 3) Çevresel kriterler (İnşaat sürecinde çevreye etki, tesisi işletirken çevreye etki, kent dokusuna uygunluk) 4) Sosyal kriter	Literatür	Önceden belirlenmiş 5 alternatif	Analitik hiyerarşi süreci (AHS)
Fan ve diğ. (2014)	Park et devam et tesisleri için yer seçimi	Çengdu/Çin	ÇAKV	1) Tüketici rantı 2) Üretici rantı 3) Toplumsal refah	Literatürden türetilmiş	Süreç boyunca beliren 2000 alternatif	0-1 tamsayılı programlama, Genetik algoritma, Ardışık ortalamalar yöntemi (MSA)

Çizelge 2.4 (devam): Literatürdeki bazı otopark yeri seçimi çalışmaları.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Problem yeri	Problem türü	Ana kriterler	Kriterlerin alındığı kaynak	Alternatif sayısı	Kullanılan yöntem
Jajac ve diğ. (2008)	Otopark garajları için yer seçimi	Split/ Hırvatistan	ÇNKV	1) Sosyal kriterler (nüfus yoğunluğu, işyeri yoğunluğu, işyerlerinin kapladığı alan, kamu kurumlarının yoğunluğu) 2) Teknik ve kentsel kriterler (yapılabilirlik, kent planına uygunluk, ana yollara yakınlık) 3) Ekonomik kriterler (yatırım, arsayı satın alma imkanı, yatırımcıların varlığı) 4) Ekolojik kriterler (çevrenin gürültüye hassasiyeti, çevrenin egzoz gazına hassasiyeti)	Vatandaşlar, ulaşım uzmanları ve il yönetimi	Önceden belirlenmiş 29 alternatif	Analitik hiyerarşi süreci (AHS), PROMETHEE, 0-1 programlama
Jelokhani- Niaraki ve Malczewski (2015)	Otopark yeri seçimi	Tahran/ İran	ÇNKV	1) Aday arsaya 0-500 metre uzaklıkta bulunan komşu nüfus 2) Arsa boyutu 3) Arsa bedeli 4) Ana yollara uzaklık 5) Arsanın rekreasyon merkezlerine ortalama uzaklığı 6) Arsanın idari merkezlere ortalama uzaklığı 7) Arsanın ticaret merkezlerine ortalama uzaklığı 8) Arsanın ulaşım istasyonlarına ortalama uzaklığı	Literatür	Önceden belirlenmiş 20 alternatif	Sıralı ağırlıklı ortalama (OWA), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Borda yöntemi
Karimi ve diğ. (2006)	Halka açık otopark için yer seçimi	Şiraz/ İran	ÇNKV	1) Seyahat üreten odaklara (ticaret, ofis, hizmet, rekreasyon ve turist çekim alanlarına) uzaklık 2) Otopark inşasına uygun olmayan alanların varlığı (tarihi yapılar, camiler, hastanelere 50 metreden daha yakın olan arsalar gibi) 3) Sokak erişim dereceleri (trafik kapasitesi ve sokak genişliğine bağlı) 4) Arsa üzerindeki mülkün değeri 5) Yapı kalitesi (harabe, kullanılabilir durumda, yeni inşa edilmiş)	Literatür	Önceden belirlenmiş 5 alternatif	Bulanık mantık, Analitik hiyerarşi süreci (AHS), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

Çizelge 2.4 (devam): Literatürdeki bazı otopark yeri seçimi çalışmaları.

Yazar (Tarih)	Problem içeriği	Problem yeri	Problem türü	Ana kriterler	Kriterlerin alındığı kaynak	Alternatif sayısı	Kullanılan yöntem
Razavi ve diğ. (2014)	Otopark yapısı için arazi seçimi	Tahran/İran	ÇNKV	1) Erişilebilirlik kriterleri (ana yollara) 2) Komşuluk kriterleri (yerleşim yeri; parklar ve yeşil alanlar; araştırma, spor, ve rekreasyon merkezleri; sağlıkla ilgili tesisler; ticari merkezler) 3) Çevresel kriterler (Fay, eğim)	Literatür	Önceden belirlenmiş 5 alternatif	Analitik hiyerarşi süreci (AHS), Sıralı ağırlıklı ortalama (OWA), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Bulanık mantık
Saeedi ve diğ. (2008)	Otopark yeri seçimi	Tahran/İran	ÇNKV	1) Arazinin fiziksel özellikleri (alan, biçim) 2) Seyahat üreten odaklara (ticaret, yönetim, eğitim, turizm merkezlerine ve ulaşım istasyonlarına) uzaklık 3) Trafik akışı (günlük ortalama trafik, sokak tipi) 4) Ekonomik parametreler (arazi mülkiyeti, yerel arazi fiyatları, inşaat kalitesi) 5) Yasal kısıtlamalar (Arazi kullanım planı, mevcut yeşil alanlar, tarihi, eğitimsel ve kültürel merkezler, hastahaneler, camiler, vb.)	Literatür	Belirtilmemiş	Sezgisel bulanık analitik ağ süreci (IF-ANP)
Tang ve Ren (2009)	Mekanik otopark için yer seçimi	Lanzhou/Çin	ÇAKV	1) Otopark ile varış noktası arasındaki yürüme mesafesi 2) Arazi bedeli 3) Araçların otoparkta durma süresi 4) En yoğun saatlerdeki parklanma sayısı	Literatür	Belirtilmemiş	Destek vektör makineleri ve Genetik algoritma (SVM-GA)

2.3 Otopark Tesisinin Boyutlandırılması

Otopark tesis planlamasında inşa edilecek yeni tesisin kapasitesini belirleyebilmek için yerel otopark talebi ve var olan otopark arzının bilinmesi gerekmektedir. Bu veriler otopark etütleri ile elde edilir. Otopark etütleri sürücülerle anket, sahada sayım, uydu veya uçak vasıtasıyla elde edilen fotoğraflar ile sayım, CBS üzerinden sayım gibi yöntemlerle yapılmaktadır (Anadol, 1973; Haldenbilen ve diğ., 1999; Gökdağ ve Yarbaşı, 2004; Güngör ve diğ., 2011; Gürsoy ve diğ., 2013; Levy ve Benenson, 2015). Otopark yönetmeliklerinde belirtilen arazi kullanımlarına göre otopark gereksinimleri otopark etütlerinin sonuçlarını kontrol etmek için kullanılabilir (Walker ve Haahs, 2006). Tez kapsamında üretilen modelin test edildiği vaka çalışmasında bölgeye ait detaylı otopark etütleri bulunmadığından, otopark ihtiyacı otopark yönetmeliğinde yer alan ve otopark etütlerinin sonuçlarını kontrol etmek için kullanılan minimum otopark gereksinimleri vasıtasıyla hesaplanmıştır.

Otopark etütleri genellikle geniş bir ekiple yapılan pahalı çalışmalardır. Son yıllarda otopark etütlerinin CBS yardımı ile yapılması, sayım işleminin insanlar yerine bilgisayara yaptırılması otopark talep ve arzının belirlenmesini kolaylaştırmakta ve çalışmanın maliyetini azaltmaktadır. Alinia ve diğ. (2015) otopark tesisi için yer seçimi yaptıkları çalışma kapsamında, otopark talebini seyahat üreten merkezlere gelen toplam ziyaretçi sayılarının ortalamasını alarak belirlemişlerdir. Mevcut otopark arzını ise CBS üzerinden aldıkları verileri işleyerek saptamışlardır. Levy ve Benenson (2015) Bat Yam şehrinin parklanma desenlerini belirledikleri çalışmada, şehirdeki otopark talebi ve arzını CBS'den aldıkları verileri ArcGIS programı üzerinde çalışan PARKFIT isimli eklenti yazılım vasıtasıyla işleyerek belirlemişlerdir.

Tez kapsamındaki vaka çalışmasında CBS sayesinde binaların kullanım türü, kat sayıları, alanları, binadaki konut sayıları, binanın kendi otoparkının olup olmadığı gibi verilere erişmek mümkün olmuştur. Bu veriler ve minimum otopark gereksinimleri dikkate alınarak binalara ait otopark ihtiyaçları belirlenmiştir.

Tesis boyutunu belirlerken dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur çevredeki mimari dokudur. Otopark tesisinin boyut ve ölçeği etrafındaki binalarla uyumlu olmalıdır. Mimar için otopark tesisinin görsel etkisini azaltmak veya altını çizerek parklanma elverişliliğini vurgulamak gibi iki seçenek vardır. Her iki seçenekte de mimar tasarladığı tesisin kentsel dokuya uygun olmasına dikkat etmelidir (Weant, 1978).

Vaka çalışmasında üretilen otoparklar boyutlandırılırken yapı adası içindeki en yüksek bina baz alınmış ve üretilen otoparkın bu binanın yüksekliğini geçmemesi hedeflenmiştir. Böylece üretilen otoparkların yükseklik bakımından çevredeki mimari doku ile uyumlu olmasına dikkat edilmiştir.



3. MODELİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

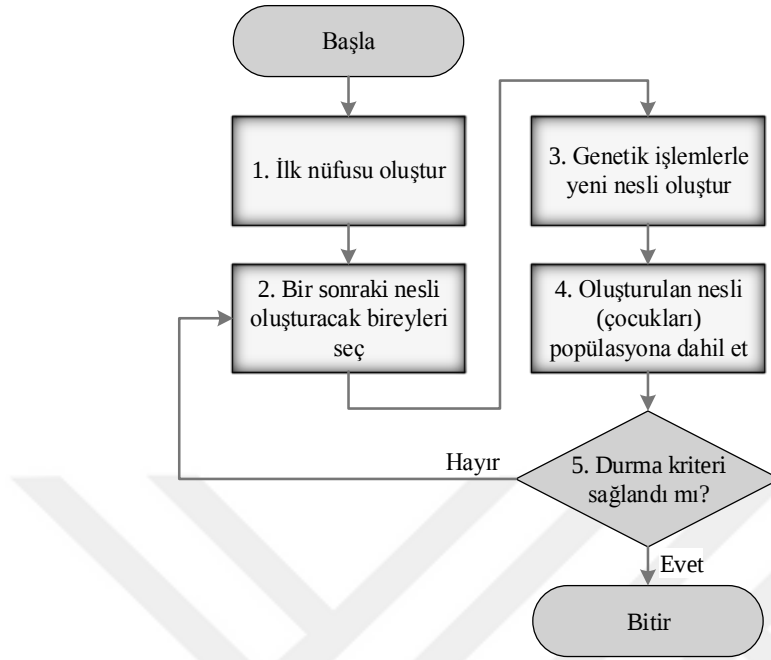
Modelde yer seçimi ve boyutlandırma gibi her biri başlı başına NP-zor karmaşıklık derecesinde olan çok kriterli iki farklı probleme eşzamanlı olarak çözüm aranmaktadır. NP-zor karmaşıklık sınıfında yer alan problemler genellikle çözüm kümesi çok geniş olan problemlerden oluşmaktadır. Bu tür problemlerde bilgisayarın tüm çözümleri tarayarak en uygun çözüme ulaşması günümüzün hesaplama olanaklarıyla binlerce yıl sürebilir. Buna rağmen stokastik çözüm prosedürleriyle bu zorluk aşılabilmekte ve kabul edilebilir zamanda kabul edilebilir uygunlukta çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır. Tesis planlama problemlerinde en çok kullanılan stokastik çözüm prosedürleri benzetilmiş tavlama (simulated annealing), tabu arama algoritması, karınca kolonisi algoritması, parçacık sürü optimizasyonu ve genetik algoritmalarıdır. Tez kapsamında üretilen modelde genetik algoritmalarından yararlanılmıştır.

3.1 Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerinde Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritma Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuş, optimizasyon problemlerinde sıkça karşılaşılan bir çözüm yöntemidir. GA kavramı ilk kez Holland (1975) tarafından ortaya atılmıştır. GA mekanizması doğal seçim üzerine temellenir. Doğal seçilime göre, bir popülasyonda çevreye uyum konusunda daha uygun genlere sahip bireylerin hayatta kalma ve soyunu devam ettirme şansı daha az uygun genlere sahip bireylere göre daha fazladır. Böylece bir popülasyonda yeterince iyi olmayan genler zamanla kaybolurken, iyi genler hayatta kalıp sonraki nesillere aktarılabilmektedir (Khoban ve Ghadimi, 2009; Neema ve Ohgai, 2010).

Tipik bir GA *başlangıç nüfusunun* ilk nesil olarak tanımlanmasıyla başlar. Başlangıç nüfusu çoğu zaman rastgele bireylerden oluşmaktadır. Nüfusu oluşturan bireylerin her biri *kromozom* olarak adlandırılır. Kromozomlar genlerden oluşmaktadır. Her bir gen kromozomun farklı bir özelliğini temsil eder. Problemin matematiksel olarak modellenmesi sırasında tanımlanmış olan *uygunluk fonksiyonuna* göre en iyi sonuçları veren kromozomlar hayatta kalır ve genlerini bir sonraki nesle aktarma imkânına sahip olur. Seçilmiş kromozomların *genetik işlemlerden* geçirilmesiyle yeni nesil

oluşturulur. Başlıca genetik işlemler *seçilim*, *çaprazlama* ve *mutasyondur*. (Khoban ve Ghadimi, 2009). Şekil 3.1’de basit bir GA’nın akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : Jenerik bir GA akış diyagramı, Khoban ve Ghadimi (2009)’den uyarlanmıştır.

Çok amaçlı optimizasyon problemleri genellikle birbirleriyle etkileşen amaçlar ve mukayese etmesi güç parametreleri içinde barındırdığı için hasta-tanımlı bir yapıdadır. Yapılan literatür taramasında GA’nın çok amaçlı optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Bunun temel nedeni GA’nın hasta-tanımlı (ill-defined) ve hınzır (wicked) problemlerin çözümünde başarılı bir yöntem olmasıdır (Fonseca ve Flemming, 1995; Coello, 2000; Xiao ve diğ., 2002).

Yang ve diğ. (2007) itfaiye istasyonları için yer seçimi, Khakbaz ve Nookabadi (2013) park et devam et tesisleri için yer seçimi, Tang ve Ren (2009) mekanik otopark tesisi için yer seçimi problemlerinde çözüm alternatifleri üretebilmek için genetik algoritmalarından faydalanmışlardır.

3.2 Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama (DP) sınırlı kaynakların tahsisini eniyilemek amacıyla yönetim bilimlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Sultan, 1993). Tipik bir DP problemi üç bileşenden oluşmaktadır: Amaç fonksiyonu, kısıt fonksiyonları ve negatif olmama şartı. Amaç fonksiyonuyla bir amacın minimize veya maksimize edilmesi hedeflenir.

Örneğin yer seçimi problemlerinde amaç fonksiyonları: toplam yürüme mesafesinin minimize edilmesi, toplam maliyetin minimize edilmesi, toplumsal faydanın maksimize edilmesi gibi amaçlardan oluşur. Gerçek-dünya problemlerindeki kısıtlar kısıt fonksiyonları ile matematiksel olarak ifade edilir. Böylece karar değişkenlerinin bu kısıtlamalara uygun değerler alması sağlanır. Negatif olmama şartı ile değişkenlerin negatif değerler almasının önüne geçilir.

3.3 Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Weighted Sum Method)

Ağırlıklı toplam yöntemi çok amaçlı bir optimizasyon problemini tek amaçlı bir optimizasyon problemine dönüştürmede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir amaç fonksiyonu karar verici tarafından skaler ağırlıklar verilerek toplanır. Böylece problem tek bir fonksiyon ile ifade edilebilir ve herhangi bir tek amaçlı optimizasyon yöntemiyle çözülebilecek hale gelir. Skaler ağırlıkların sabit tutulduğu problemlerde sadece bir pareto optimal çözüme ulaşılır (Liu ve diğ., 2011). Skaler ağırlıkların değiştiği durumlarda birden fazla pareto optimal çözüme ulaşılır. Karar verici bu optimal çözümler arasından birini tercih eder.

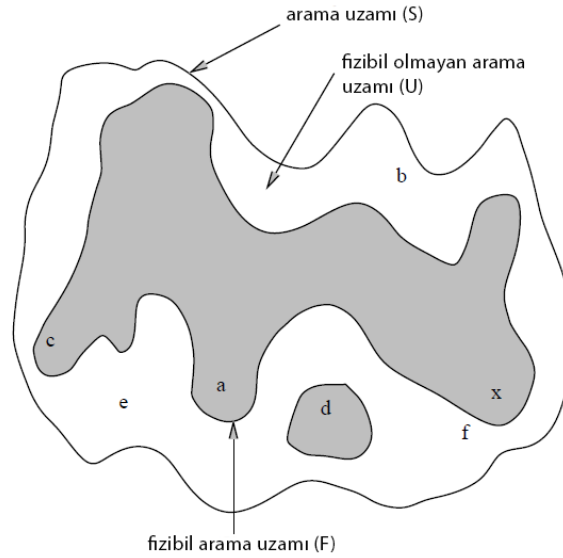
Üretilen modelde skaler ağırlıklar sabit tutulduğundan her bir çözüm sürecinin ardından bir adet pareto optimal çözüme ulaşılmaktadır. Çalışmada tüm kriterler maliyet cinsinden ifade edilebildiği için kriterlere ayrı önem ağırlıkları vermeye gerek kalmamış ve her bir kriter “1,00” ağırlığını almıştır.

3.4 Ceza Fonksiyonu (Penalty Function)

GA doğası gereği sadece kısıtsız optimizasyon problemlerinde kullanılabilir. Ceza fonksiyonu kullanılarak kısıtlı optimizasyon problemleri kısıtsız optimizasyon problemlerine dönüştürülebilir. Böylece GA’nın kısıtlı optimizasyon problemlerinde de kullanılması mümkün olur (Yeniay, 2005).

Ceza fonksiyonu yönteminde, GA ile oluşturulan çözüm alternatifleri fizibil arama alanının dışında kalıyorsa bu çözümlere ceza puanı eklenir. Şekil 3.2’deki örnek arama uzamında c , a , x ve d elemanları fizibil arama uzamı içinde (F bölgesinde) kalırken b , e ve f elemanları fizibil arama uzamının dışında (U bölgesinde) kalmaktadır (Michalewicz, 1995). Böyle bir durumda fizibil arama uzamının dışında (U bölgesinde) kalan elemanlara ceza puanı eklenecektir. Ceza puanı eklenen çözüm

alternatifleri yeterince iyi olmadıkları için GA ile eniyileme sürecinde hayatta kalamazlar ve genlerini bir sonraki nesle aktaramazlar.



Şekil 3.2 : Bir arama uzamı örneği (Michalewicz, 1995). Tolga KARASAY tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir.

Bu tez kapsamında *ölüm cezası fonksiyonları* (*death penalty functions*) ve *statik ceza fonksiyonları* (*static penalty functions*) kullanılmıştır. GA ile üretilen bir çözümün kabul edilemeyecek bir özellik göstermesi durumunda *ölüm cezası* uygulanır. Örneğin bir tesis yeri seçimi probleminde çözümün kesinlikle kabul edilemez bir yerde (sokakların üstünde, çalışma alanının dışında, vb.) üretilmesi çözüme ölüm cezası verilmesine sebep olmaktadır. Böylece o çözüm uygun çözümler arasında yer alamaz. Statik cezalar ise kabul edilebilir fakat tercih edilmeyen durumlar için kullanılmıştır.

4. MEKANİK OTOPARK TESİSLERİNİN YER SEÇİMİ VE BOYUTLANDIRILMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

Tezin önceki bölümlerinde değinildiği gibi İstanbul'daki otopark sorununun esas nedeni otopark talebi ile arzı arasındaki dengesizliktir. Mevcut durumda İstanbul'daki otopark sorununun çözülebilmesi için hem otopark talebinin azaltılmasına yönelik hem de otopark arzının artırılmasına yönelik çözümlerin bir arada uygulanması gerekmektedir. Bu tez kapsamında otopark arzının artırılmasına yönelik çözümler ele alınmaktadır. Otopark arzının artırılması yeni otopark alanlarının yaratılması anlamına gelir.

Yeni inşa edilecek otopark tesislerinin planlama sürecini; tesis tipi seçimi, tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırılması olmak üzere üç aşamaya ayırmak mümkündür. Tezin önceki bölümlerinde otopark tipolojileri ele alınmış ve İstanbul gibi nüfus yoğunluğu yüksek şehirler için en uygun otopark sistemlerinin en az alanda en çok aracın istiflenmesine olanak sağlayan otomatik otopark sistemleri olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bölümde öncelikle planlamanın diğer iki aşaması olan tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırılması aşamalarında karar vericiye destek olacak GA tabanlı yeni bir model tanıtılmıştır. Daha sonra bu model bir vaka çalışması kapsamında gerçek verilerle test edilmiştir. Vaka çalışması için İstanbulda otopark sorununun en yoğun yaşandığı ilçelerden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir. Çalışma alanı Şişli İlçesi'nin mahallelerinden biri olan Mahmut Şevket Paşa Mahallesi'nin 18.870 m²'lik bir kısmıyla sınırlandırılmıştır.

4.1 Mekanik Otopark Tesislerinin Yer Seçimi ve Boyutlandırılması İçin GA Tabanlı Bir Model

Bu modelde yer seçimi ve tesis boyutlandırılması gibi her biri başlı başına NP-zor karmaşıklık derecesinde olan çok kriterli iki farklı probleme eşzamanlı olarak çözüm aranmaktadır. NP-zor karmaşıklık sınıfında yer alan problemler genellikle çözüm kümesi çok geniş olan problemlerden oluşmaktadır. Bu tür problemlerde bilgisayarın

tüm çözümleri tarayarak en uygun çözüme ulaşması günümüzün hesaplama olanaklarıyla binlerce yıl sürebilir. Genetik algoritma gibi stokastik çözüm prosedürleriyle bu zorluk aşılabilmekte ve kabul edilebilir zamanda kabul edilebilir uygunlukta çözümlere ulaşmak mümkün olmaktadır.

Bu modelin oluşturulmasında bir 3-boyutlu modelleme yazılımı olan Rhinoceros'tan ve bu yazılım üzerinde çalışan Grasshopper eklentisinden faydalanılmıştır. Grasshopper bir görsel programlama ortamıdır. Kullanıcı Grasshopper'da ürettiği algoritmayı Rhinoceros içindeki araziye ait çizgesel verilerle ilişkilendirebilmektedir. Ayrıca Grasshopper eklentisi içindeki Galapagos bileşeni kullanıcıya GA ile çalışma imkânı vermektedir.

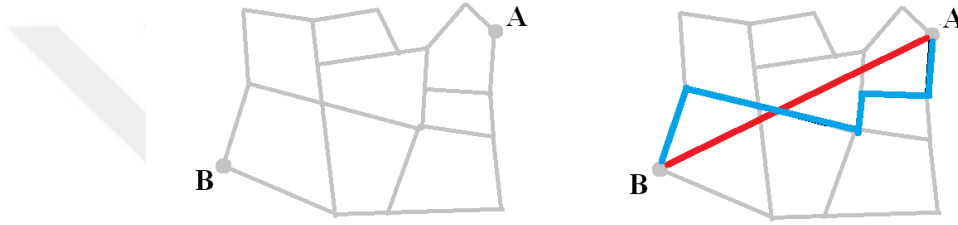
4.1.1 Kriterler

Önerilen modeldeki kriterler; maliyet kriterleri (M), erişilebilirlik kriteri (E), sosyal kriter (S) ve teknik kriterler (T) olmak üzere dört ana başlık altında toplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Kriterler.

Kriterler	Kısaltma	Açıklama	Birim	Amaç
Maliyet	M1	Arsa değeri	TL	Min
	M2	Yıkılacak binanın değeri	TL	Min
	M3	Yıkım ve enkaz kaldırma maliyeti	TL	Min
	M4	Yeni otopark tesisinin inşaat maliyeti	TL	Min
	M5	Yer değiştirecek otopark talebinden doğan maliyet	TL	Min
Erişilebilirlik	E	Otoparktan varılacak yere yürüme mesafeleri	m	Min
Sosyal	S	Otoparktan yararlanan kullanıcı sayısı	-	Maks
Teknik	T1	Otoparkın yapı adalarının dışında olması	-	Min
	T2	Otoparkın yıkılamayacak bir binayla çakışması	-	Min
	T3	Otoparkın kent dokusuna uyumsuz olması	-	Min
	T4	Üretilen otoparkların üst üste gelmesi	-	Min

Erişilebilirlik kriterinde otoparklar ile varış noktaları arasındaki yürüme mesafeleri ele alınır. Literatürdeki yer seçimi çalışmalarının bir kısmında *öklidyen uzaklık* kullanılırken (Melachrinoudis ve Xanthopoulos, 2003; Araz ve diğ., 2007; Doerner ve diğ., 2009) bir kısmında *en kısa yol uzaklığı* (*shortest path distance*) kullanıldığı (Current ve diğ., 1987; Fernandez ve Puerto, 2003) görülmüştür. Önerilen modelde hesaplamaların daha gerçekçi olması amacıyla en kısa yol uzaklığı tercih edilmiştir. Şekil 4.1'deki örnekte bir ağ üzerindeki iki nokta arasındaki uzaklık öklidyen ve en kısa yol uzaklığı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : A ve B noktaları arasındaki öklidyen uzaklık (kırmızı) ve en kısa yol uzaklığı (mavi).

T1'de otoparkların inşaat yapılması mümkün olmayan yerlerde (yolların üzerinde, yapı adalarının dışında, vb.) üretilmesi durumu söz konusudur. T2 kriterinde yıkılıp yerine otopark yapılması uygun olmayan binalar (tarihi eser, okul, hastane, vb.) kastedilmektedir. T3'te belirtilen kent dokusuna uyumsuzluk kriterinde ölçüt üretilen otoparkın çevredeki binaların yüksekliğini aşıp aşmaması durumudur. T4 kriteri, üretilen otoparkların çakışması durumu ile ilgilidir. Tüm teknik kriterler sadece evet veya hayır (1 veya 0) değerlerini alabilir.

4.1.2 Problem Formülasyonu

Otopark tesisleri için yer seçimi ve boyutlandırılması probleminin matematiksel anlatımında aşağıdaki notasyon kullanılmıştır:

x: Üretilen çözüm,

c₁: Satın alınacak arsaların değerleri toplamı,

c₂: Yıkılacak binaların değerleri toplamı,

c₃: Yıkım ve enkaz kaldırma maliyetleri toplamı,

c₄: Çözümde üretilen otopark tesislerinin inşaat maliyetleri toplamı,

c₅: Yer değiştirecek otopark talebinden doğan maliyet⁵,

m: Otoparklar ile varış noktaları arasındaki yürüme mesafelerinden 180 metreyi aşanların sayısı,

k: Karşılanamayan otopark talebi toplamı,

a: Çözümde üretilen otoparklardan en az birinin yapı adalarının dışında olması (var ise 1 yok ise 0 değerini alır),

b: Çözümde üretilen otoparkların en az birinin yıkılması uygun olmayan bir bina ile çakışması (var ise 1 yok ise 0 değerini alır),

y: Çözümde üretilen otoparklardan en az birinin izin verilen bina yüksekliğini aşması (var ise 1 yok ise 0 değerini alır),

t: Çözümde üretilen otoparkların üst üste gelmesi (var ise 1 yok ise 0 değerini alır),

f(x): çözüme ait uygunluk fonksiyonu,

p₁(x): Birinci ceza fonksiyonu,

p₂(x): İkinci ceza fonksiyonu,

p₃(x): Üçüncü ceza fonksiyonu,

p₄(x): Dördüncü ceza fonksiyonu,

p₅(x): Beşinci ceza fonksiyonu,

p₆(x): Altıncı ceza fonksiyonu,

w₁: Birinci ceza fonksiyonunun ağırlığı,

w₂: İkinci ceza fonksiyonunun ağırlığı,

w₃: Üçüncü ceza fonksiyonunun ağırlığı,

w₄: Dördüncü ceza fonksiyonunun ağırlığı,

w₅: Beşinci ceza fonksiyonunun ağırlığı,

⁵ Üretilen otopark tesislerinin herhangi bir bina ile çakışması durumunda o bina istimlak edilir ve tesislerin ideal kapasiteleri hesaplanırken o binaya ait otopark talebi hesaplamaya dahil edilmez. Yıkılan binaya ait otopark talebi karşılanmadan başka bir yerleşim yerine aktarılacağı için doğacak maliyet hesaplamaya dahil edilmiştir.

w_6 : Altıncı ceza fonksiyonunun ağırlığı.

4.1.2.1 Ceza fonksiyonlarının tanımlanması

Önerilen modelde çözülmek istenen kısıtlı optimizasyon problemi, ceza fonksiyonları vasıtasıyla kısıtsız optimizasyon problemine dönüştürülmüştür. Böylece problem genetik algoritma tarafından çözülebilir hale gelmiştir.

İlk ceza fonksiyonu (4.1), otopark ile varış noktası arasındaki mesafelerin 180 metrenin üzerinde olmasının önüne geçmek içindir. Amerikan deneyimine göre yol dışı otopark ile varış noktası arasındaki mesafe 180 metreyi geçmemelidir (Weant ve Levinson, 1991; O'Flaherty, 1997). Otopark ile varış noktası arasındaki mesafe 180 metreyi geçtiği çözümlere ceza puanı eklenir.

İkinci ceza fonksiyonu (4.2) karşılanamayan otopark talebini en aza indirebilmek için vardır. Üretilen bir çözümde herhangi bir otopark tesisi yerel talebi karşılamıyorsa, sağlanamayan her park yeri için çözüme belli miktarda ceza puanı eklenir.

$$p_1(x) = m \cdot w_1, \quad m \in \mathbb{N}, \quad w_1 \in \mathbb{N} \quad (4.1)$$

$$p_2(x) = k \cdot w_2, \quad k \in \mathbb{N}, \quad w_2 \in \mathbb{N} \quad (4.2)$$

Üçüncü ceza fonksiyonuyla (4.3) çözümlerin izin verilen alanlar içinde (yapı adaları) üretilmesi sağlanır. Dördüncü ceza fonksiyonu (4.4) otoparkların; tarihi eser, hastane, okul, vb. yıkılması uygun olmayan binalar ile üst üste gelmesini engellemektedir. Beşinci ceza fonksiyonuyla (4.5) çözümde üretilen otopark yüksekliklerinin çevredeki bina yüksekliklerini geçmemesi sağlanır. Böylece otoparkların çevrelerindeki kentsel dokuya uygun olması sağlanır. Son ceza fonksiyonuyla (4.6) üretilen otoparkların birbiriyle çakışması engellenir.

$$p_3(x) = a \cdot w_3, \quad a \in \{0,1\}, \quad w_3 \in \mathbb{N} \quad (4.3)$$

$$p_4(x) = b \cdot w_4, \quad b \in \{0,1\}, \quad w_4 \in \mathbb{N} \quad (4.4)$$

$$p_5(x) = y \cdot w_5, \quad y \in \{0,1\}, \quad w_5 \in \mathbb{N} \quad (4.5)$$

$$p_6(x) = t \cdot w_6, \quad t \in \{0,1\}, \quad w_6 \in \mathbb{N} \quad (4.6)$$

İlk iki ceza fonksiyonu (4.1 ve 4.2) birer sabit ceza fonksiyonudur. Diğer ceza fonksiyonları ise (4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6) ölüm cezası fonksiyonlarıdır. Ölüm cezası alan çözümlerin optimal çözümler arasında yer alması mümkün değildir.

4.1.2.2 Matematiksel modelin oluşturulması

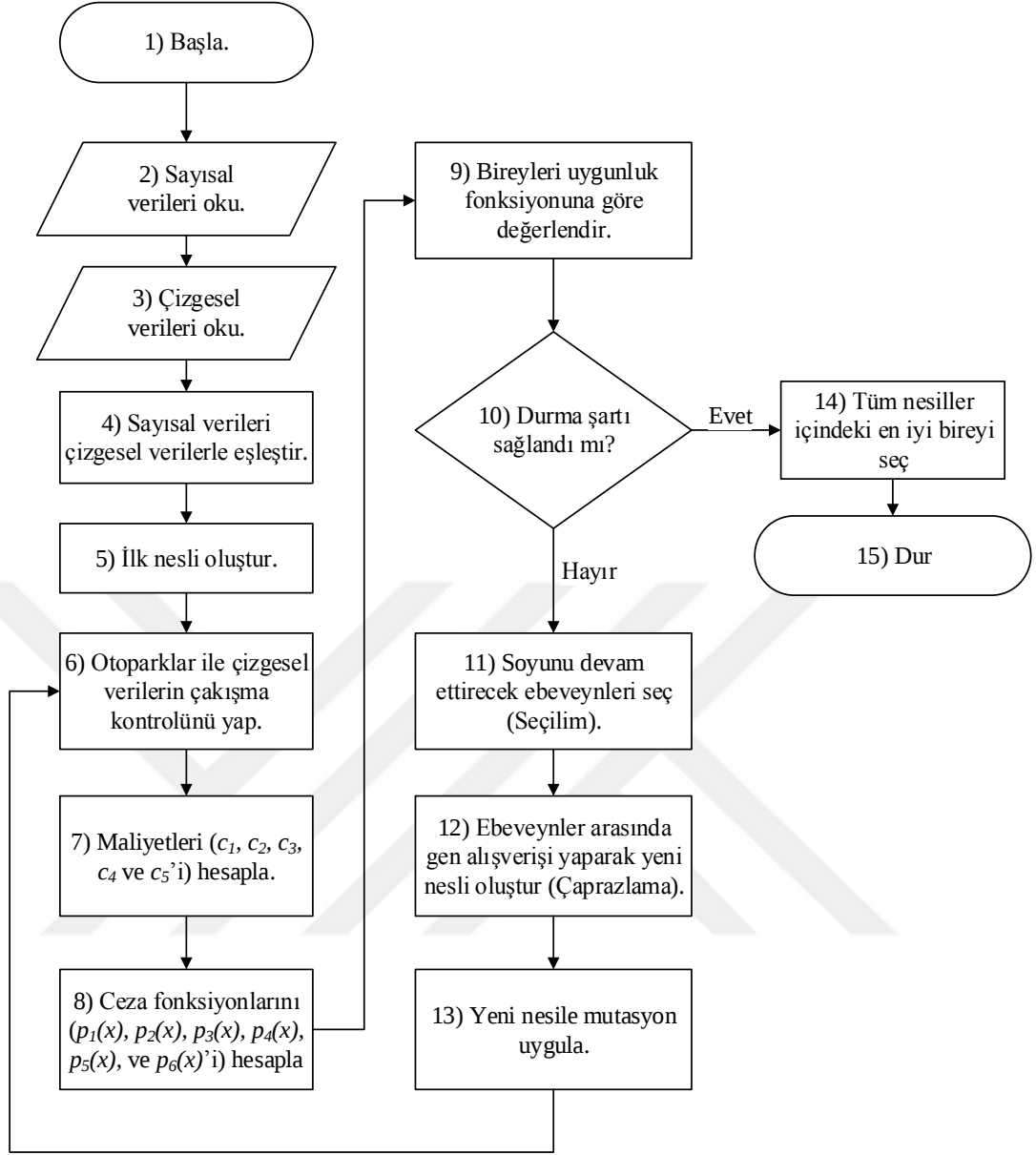
Literatürde birçok optimizasyon probleminde matematiksel model oluşturulurken kriterlerin alabileceği değerlerin $[0,1]$ aralığına indirildiği görülmüştür (Ogryczak ve diğ., 1992; Ohsawa, 1999; Fernandez ve Puerto, 2003; Harris ve diğ., 2014; Alinia ve diğ., 2015). Sözü geçen çalışmalarda skalerleştirilen değerler karar verici tarafından belirlenen ağırlıklarla çarpılır ve ağırlık verilen kriterler toplanarak uygunluk fonksiyonu oluşturulur. Fakat bu çalışmada ceza fonksiyonları sayesinde skalerleştirmeye gerek kalmamış, tüm kriterler maliyet birimleri ile ifade edilebilir hale gelmiştir. Probleme ait uygunluk fonksiyonu (4.7) aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 + p_1(x) + p_2(x) + p_3(x) + p_4(x) + p_5(x) + p_6(x) = \\ &= c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 + m.w_1 + k.w_2 + a.w_3 + b.w_4 + y.w_5 + t.w_6 \\ k.s. \quad c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, m, k, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6 &\geq 0, \\ a, b, y, t &\in \{0,1\} \end{aligned} \tag{4.7}$$

4.1.3 Akış diyagramı

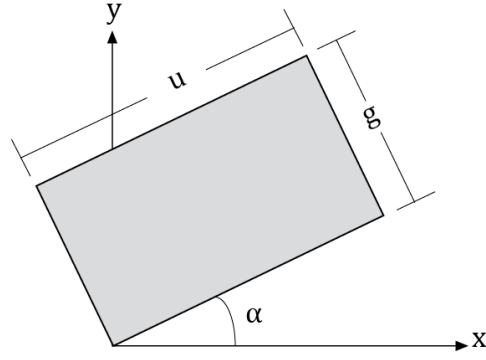
Şekil 4.2’de modelin 15 adımdan oluşan akış diyagramı verilmiştir. Akış diyagramına ait adımlar aşağıda ele alınmaktadır:

- 1) Başla.
- 2) Sayısal verileri oku: Bu adımda mevcut binaların maddi değerlerine, yıkım ve enkaz kaldırma bedellerine, yıkılmaya uygun olup olmadıklarına, sokak rayiç bedellerine, binaların otopark ihtiyaçlarına ve kullanılacak otopark sistemine dair sayısal veriler modelin içine alınır.
- 3) Çizgesel verileri oku: Bina izdüşümleri (çokgen), sokak ağı (çoklu çizgi), yapı adaları (çokgen) verileri karmaşık sırada içeri alınır.
- 4) Sayısal verileri çizgesel verilerle eşleştir: Bina izdüşümleri sayısal verilerin oluşturulma sırasına göre sıralanır ve numaralandırılır. Sokak ağını oluşturan sokaklar sokak rayiçleri listesindeki sıraya göre sıralanır ve numaralandırılır.



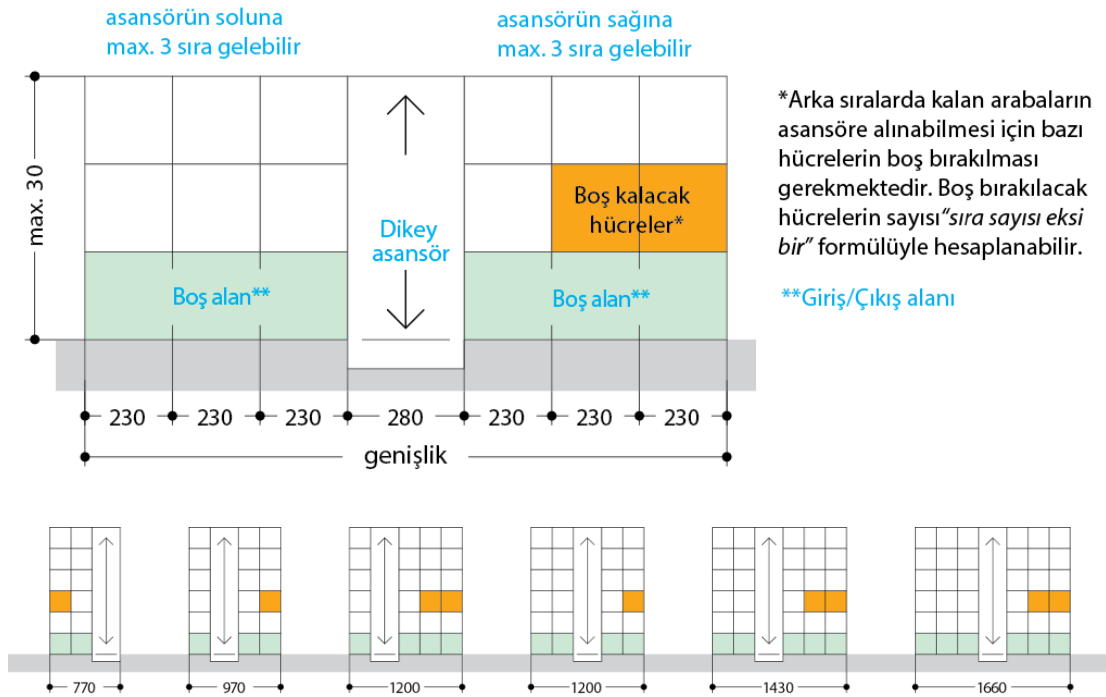
Şekil 4.2 : Akış diyagramı.

5) İlk nesli oluştur: Bu adımda genetik algoritma çalışmaya başlar ve ilk nesli oluşturan çözümler (kromozomlar) üretilir. GA tarafından üretilen her bir çözümde 1-5 arasında değişen sayıda otopark eşzamanlı olarak konumlandırılır ve boyutlandırılır. Otoparkların koordinat düzlemindeki yerlerini gösteren X ve Y değişkenleri, çözümde üretilecek otopark sayısı, otoparkların uzunluğu (u), genişliği (g), yüksekliği (h), otoparkların X eksenine yaptığı açılar (α) ve kullanılacak otopark sistemleri bu aşamaya ait parametrelerdir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Otoparkın uzunluğu (u), genişliği (g) ve X eksenine yaptığı açı (α).

Modelde Wöhr firmasının ürettiği Parksafe 580, 582 ve 583 adlı yerüstü tipi otomatik otopark sistemleri kullanılmıştır. Bu üç sistem, tesis uzunlukları (u) dışında tamamıyla aynı özelliklere sahiptir. Farklı tesis uzunlukları modelde daha çok varyasyon türetilmesine olanak sağlamıştır. Bu otopark sistemleri değişik boyutlardaki arsalara uyarlanabilmektedir. Bu sistemler modüler tasarıma elverişli olduğu için arzu edilen boyutlarda yüzlerce otopark varyasyonu türetilabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Parksafe 580, 582 ve 583 sistemleriyle türetilebilecek bazı varyasyonların ön görüşleri. Url-9'dan (2015) uyarlanmıştır.

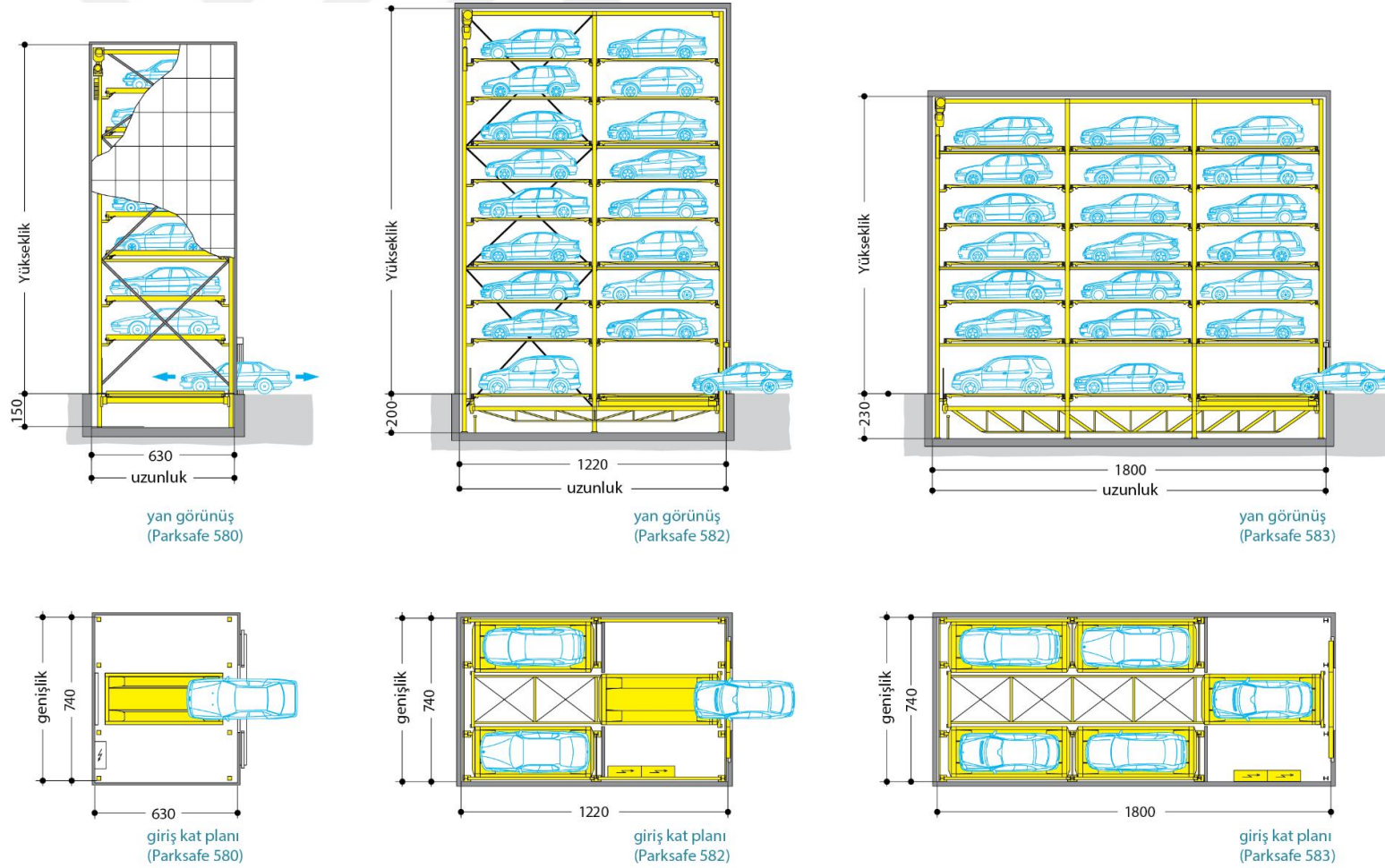
Modelde otopark uzunluğu (u) üç farklı değer alabilir. Bu uzunluk Parksafe 580 için 630cm, Parksafe 582 için 1220cm, Parksafe 583 için 1800cm'dir.

Otopark genişliğini (g); hücre sayısı (HS) değişkeni, hücre genişliği (HG) sabiti ve asansör genişliği (AG) sabiti ile hesaplamak mümkündür. Genişlik $g = HS.HG + AG$ formülü ile hesaplanır. Hücre yükseklikleri farklılık gösterdiğinden otopark yüksekliği hesaplanırken formül kullanılmamaktadır. Otopark yüksekliği Wöhr firmasının broşüründeki yükseklikler çizelgesi üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Parksafe 580, 582 ve 583 sistemlerinin kat sayısına göre araç kapasiteleri ve yükseklikleri. Url-9'dan (2015) uyarlanmıştır.

Parksafe 580		Parksafe 582		Parksafe 583	
Kat sayısı	Yükseklik (cm)	Kat sayısı	Yükseklik (cm)	Kat sayısı	Yükseklik (cm)
3	616	3	616	3	616
4	814	4	814	4	814
5	987	5	987	5	987
6	1160	6	1160	6	1160
7	1358	7	1358	7	1358
8	1531	8	1531	8	1531
9	1704	9	1704	9	1704
10	1902	10	1902	10	1902
11	2075	11	2075	11	2075
12	2248	12	2248	12	2248
13	2446	13	2446	13	2446
14	2619	14	2619	14	2619
15	2792	15	2792	15	2792
16	2990	16	2990	16	2990
17	3163	17	3163	17	3163

Parksafe 580, 582 ve 583 sistemlerine ait yan görünüş ve plan çizimleri Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5 : Soldan sağa Parksafe 580, 582 ve 583 sistemlerinin yan görünüşleri ve giriş kat planları. Url-9'dan (2015) uyarlanmıştır.

6) Otoparklar ile çizgesel verilerin çakışma kontrolünü yap: Bu adımda otoparkların izin verilen alanlarda ve izin verilen yükseklikte üretilip üretilmediği kontrol edilir. Maliyetler ve ceza fonksiyonları çakışma kontrolünün sonucuna göre hesaplanır.

7) Maliyetleri hesapla: Bu aşamada c_1, c_2, c_3, c_4 ve c_5 maliyetleri hesaplanır.

Satın alınacak arsaların bedellerinin (c_1) hesaplanması: Bu modelde satın alınacak arsanın otopark binasının izdüşümü büyüklüğünde olduğu varsayılır. Arsanın bedeli belirlenirken sokak rayiçleri tablosu kullanılmaktadır. Her bir arsanın en yakınındaki sokak bulunur ve o sokağa ait rayiç bedeli (TL) ile arsa büyüklüğü (m^2) çarpılarak arsa bedeli hesaplanır.

Yıkılacak mevcut binaların bedellerinin (c_2) hesaplanması: Bina bedelleri; bina kullanım tipine göre inşaat maliyetleri çizelgesine (Url-10,2015), binanın kaç konut veya işyerinden oluştuğuna, her bir konut veya işyerinin kaç metrekare olduğuna bakılarak hesaplanmaktadır.

Toplam yıkım ve enkaz kaldırma bedelinin (c_3) hesaplanması: Yıkım Müteahhitleri Derneği'nin Ağustos 2012 tarihinde yaptığı açıklamaya göre 1000 metrekarelik bir binanın yıkım ve enkaz kaldırma bedeli yaklaşık olarak 20 bin TL (birim fiyat: 20 TL/ m^2) olarak hesaplanabilir (Url-11, 2015). Modelde yıkım ve enkaz kaldırma maliyeti binanın taban alanı, kat sayısı ve birim fiyat çarpılarak hesaplanmaktadır.

Üretilen otoparkların inşaat maliyetlerinin (c_4) hesaplanması: Wöhr şirketinin Türkiye partneri olan Otomatik Otopark Sistemleri San. ve Tic. A.Ş.'den alınan bilgiye göre "tam otomatik otopark sistemlerinde inşaat ve çelik maliyetlerinde zemin etüdü dahil yapısal koşulların değişkenliği nedeni ile yaklaşık bir tahmin yapmak mümkün değildir". Bu yüzden inşaat maliyeti herhangi bir şekilde formüle edilememektedir (Y.Yapıcı, kişisel görüşme, 24 Kasım 2015). Buna mukabil yapılan literatür taramasında otomatik otopark tesisleri için inşaat maliyetinin kabaca hesaplanmasında kullanılabilecek bazı rakamlara ulaşılmıştır. Monahan'a göre (2012) bir yerüstü otomatik otopark tesisi inşa etmek park yeri başına yaklaşık 26.125,00 \$'a (24 Kasım 2015 TCMB dolar kuruna göre 74.950,00 TL'ye) mâl olmaktadır. Toplam inşaat maliyeti ise otoparkın araç kapasitesinin bu birim fiyat ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır.

- 8) Ceza fonksiyonlarını hesapla: Bu aşamada $p_1(x)$, $p_2(x)$, $p_3(x)$, $p_4(x)$, $p_5(x)$ ve $p_6(x)$ fonksiyonları hesaplanır.

Birinci ceza fonksiyonunun ($p_1(x)$) hesaplanması: Modelde otopark ihtiyacı olan her binadan otoparklara olan en kısa yol mesafeleri (shortest path distance) hesaplanmaktadır. Bu binaların otopark ihtiyaçlarının kendilerine en yakın olan otopark tarafından karşılanması hedeflenir. Binalar ile bu binalara en yakın otoparklar arasındaki mesafelerin 180 metreyi geçmesi halinde çözüme ceza puanı eklenmektedir. Bir çözümde 180 metre sınırı kaç defa ihlal edildiyse o sayıda (m) talep karşılanmamış sayılır. Yapılan literatür taramasında ceza fonksiyonlarının ağırlıklarının belirlenmesinde bilinen bir yöntem olmadığı ve ağırlıkların her bir problem için özel olarak tasarlandığı görülmüştür (Gen ve Cheng, 1997) . Çözümlerdeki başarı durumuna göre ağırlıklar artırılabilir veya azaltılabilir. Bu modelde 180 metre sınırının aşıldığı her durumda bir araçlık park talebi karşılanmamış kabul edildiği için birinci ceza fonksiyonunun ağırlığı (w_1) bir park yerinin inşaat maliyeti olarak belirlenmiştir.

İkinci ceza fonksiyonunun ($p_2(x)$) hesaplanması: Bu ceza fonksiyonu hesaplanırken her bir otoparkın kendi yerel talebini karşılayıp karşılamadığına bakılır. İkinci ceza fonksiyonunun ağırlığı (w_2) karşılanmayan her bir talep için iki park yeri maliyeti kadardır. Modelde karşılanan her bir park yerinin maliyeti 74.950,00 TL iken, karşılanmayan her bir park yeri için çözüme bunun iki katı kadar ceza puanı eklenir. Böylece yerel otopark talebinin maksimum oranda karşılanması sağlanır.

Üçüncü ceza fonksiyonunu ($p_3(x)$) hesapla: Bir çözümde yapı adalarının dışında üretilen en az 1 otopark varsa çözüme göreceli olarak (diğer tüm maliyetler ve ceza ağırlıkları göz önünde bulundurularak) çok yüksek bir ceza puanı eklenir ve bu çözümün başarısız olması sağlanır. Üçüncü ceza fonksiyonu ağırlığının (w_3) yüz milyon (10^8) olmasına karar verilmiştir. Şekil 4.6'da, vaka çalışmasına konu olan Mahmut Şevket Paşa mahallesinin sınırları dâhilindeki bir alanda otoparkın yapı adaları dışında üretildiği bir çözüm görülmektedir. Böyle çözümlerin hayatta kalmaları ve genlerini bir sonraki nesle taşımaları mümkün olmamaktadır.



Şekil 4.6 : Üretilen otoparkın (mavi) yapı adalarının dışında kalması ve sokakla çakışması durumu.

Dördüncü ceza fonksiyonunu ($p_4(x)$) hesapla: Bazı çözümlerde üretilen otoparklar yapı adalarının içinde üretilmesine rağmen yıkılması uygun olmayan binalarla (okul, hastane, tarihi eser, vb.) çakışabilmektedir. Böyle çözümlere göreceli olarak çok yüksek bir ceza puanı eklenerek bu çözümlerin hayatta kalması engellenir. Dördüncü ceza fonksiyonunun ağırlığı (w_4) üçüncü ceza fonksiyonunda olduğu gibi yüz milyon (10^8) olarak belirlenmiştir.

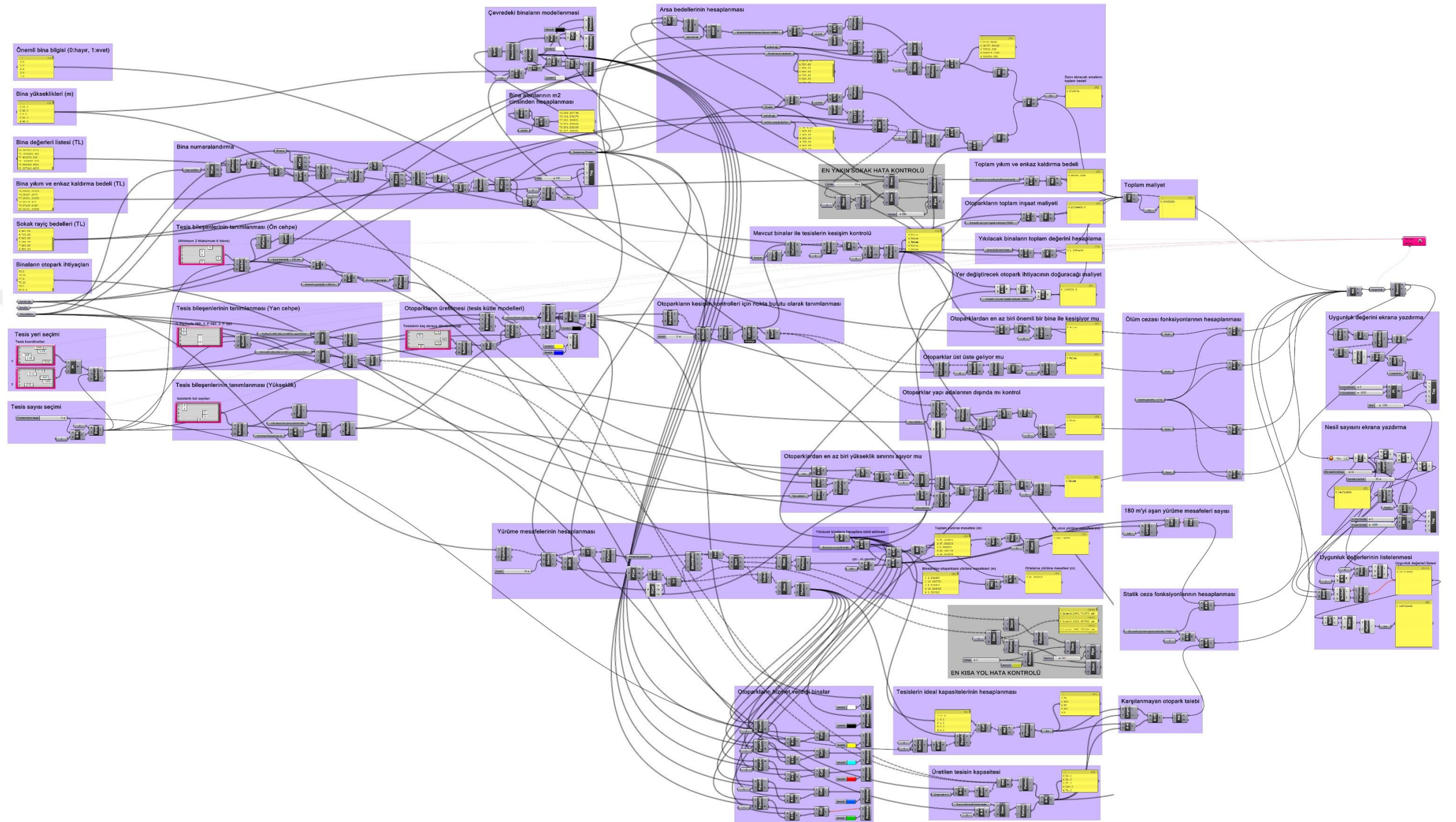
Beşinci ceza fonksiyonunu ($p_5(x)$) hesapla: Beşinci ceza fonksiyonu hesaplanırken otoparkların belirli bir yüksekliği aşıp aşmadığı kontrol edilir. Bu yükseklik sınırı imar planındaki izin verilen yükseklik veya otoparkın konumlandırıldığı yapı adasındaki en yüksek binanın yüksekliği olarak saptanabilir. Yükseklik sınırının aşıldığı çözümlere göreceli olarak çok yüksek bir ceza puanı eklenir. Beşinci ceza fonksiyonunun ağırlığı (w_5) üçüncü ve dördüncü ceza fonksiyonlarında olduğu gibi yüz milyon (10^8) olarak belirlenmiştir.

Altıncı ceza fonksiyonunu ($p_6(x)$) hesapla: Birden fazla otopark tesisinin üretildiği çözümlerde nadiren üretilen otoparkların üst üste gelmesi (çakışması) durumuyla karşılaşmıştır. Böyle bir durumda çözüme göreceli olarak çok yüksek bir ceza puanı eklenerek çözümün en uygun çözümler arasında yer alması ve GA ile eniyileme sürecinde genlerini sonraki nesillere aktarması engellenir. Altıncı ceza fonksiyonunun ağırlığı (w_6), üçüncü, dördüncü ve beşinci ceza fonksiyonlarında olduğu gibi yüz milyon (10^8) olarak belirlenmiştir.

- 9) Bireyleri uygunluk fonksiyonuna göre değerlendir: Her bir çözüm için tüm maliyetler ve ceza puanları toplanarak çözümlerin uygunluk değeri hesaplanır. Bu toplamın en az olduğu çözümler en uygun çözümlerdir.

- 10) Durma şartı sağlandı mı?: Genetik algoritmalarda durma şartı: maksimum nesil sayısına ulaşılması, son N nesilde hiçbir iyileşme olmaması, kullanıcının belirttiği uygunlukta bir bireye ulaşılması, algoritmanın önceden belirlenmiş maksimum çalışma süresini doldurmuş olması, vb. olabilir. Bu modelde kullanılan durma şartı son 50 nesilde hiçbir iyileşme olmaması durumudur.
- 11) Soyunu devam ettirecek ebeveynleri seç (Seçilim): Bir kromozomun hayatta kalma ve soyunu devam ettirme şansı o bireyin uygunluğuyla doğru orantılıdır.
- 12) Ebeveynler arasında gen alışverişi yaparak yeni nesli oluştur (Çaprazlama): Çaprazlama ile yeni nesli oluşturan bireyler genlerinin bir kısmını birinci ebeveyn bir kısmını da ikinci ebeveyn almaktadır.
- 13) Yeni nesle mutasyon uygula: Modelde uygulanan mutasyon bireyin genlerinden birinin rastgele olarak değiştirilmesi şeklindedir. Mutasyon sayesinde çözümlerin yerel eniyilerde saplanıp kalması önlenir ve daha iyi çözümlerin ortaya çıkma şansı artar.
- 14) Tüm nesiller içindeki en iyi bireyi seç: Bu aşamada tüm nesilleri oluşturan bireyler (soy) birbiri ile karşılaştırılır ve en uygun birey belirlenir.
- 15) Dur.

Model Rhinoceros'un (bir 3-boyutlu modelleme yazılımı) görsel programlama eklentisi olan Grasshopper ortamında üretilmiştir. Şekil 4.7'de algoritmaya ait Grasshopper kodu verilmiştir.

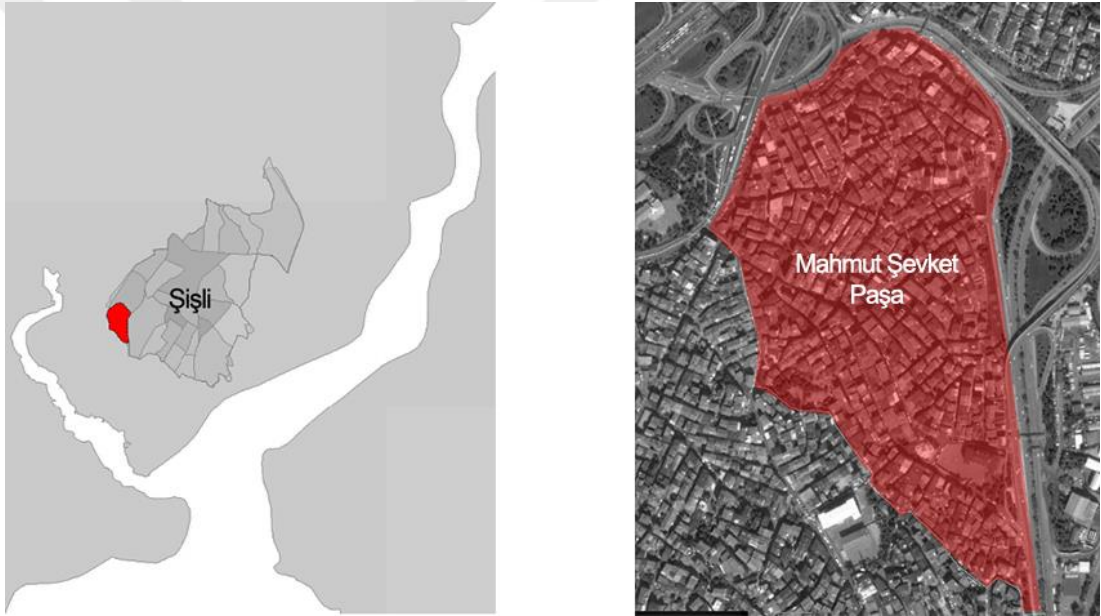


Şekil 4.7: Algoritmaya ait grasshopper kodu.



4.2 Vaka Çalışması: Şişli

Modelin gerçek verilerle test edilebilmesi için İstanbul'da otopark sorununun en yoğun yaşandığı ilçelerden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir. Google Haritalar'da sunulan sokak görüntüleri hizmeti (*Google Street View*) ve Yandex Haritalar'ın sunduğu panorama hizmeti sayesinde Şişli ilçesinin tüm mahalleleri sanal olarak gezilip otopark yönünden en sorunlu mahalleleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu mahallelerden biri olan Mahmut Şevket Paşa Mahallesi (Şekil 4.8) otopark sorununun birçok belirtisini (yaya kaldırımına park edilmiş araçlar, trafik tıkanıklığına yol açan çift sıralı parklanma, aşırı parklanmadan dolayı erişime kapanan sokaklar gibi) gösterdiği için vaka çalışmasına uygun görülmüştür.



Şekil 4.8 : Şişli İlçesi ve Mahmut Şevket Paşa Mahallesi.

4.2.1 Proje kapsamı

Mahmut Şevket Paşa Mahallesi 339.000 m² büyüklüğündedir (Url-12, 2015). Bu mahalle 19.221 nüfuslu olup Şişli İlçesi'nin en kalabalık üçüncü mahallesidir (Url-13, 2015). Modelin bu büyüklükte bir alanda denenmesi mümkün olmadığından kapsam daraltılarak mahallenin 18.870 m²'lik bir kısmında çalışılmıştır (Şekil 4.9a). Seçilen alan çoğunluğu konutlardan oluşan 81 bina içermektedir (Şekil 4.9b). Alandaki işyerleri hakkında yeterli veri bulunmadığı için çalışmada sadece konutlara ait olan otopark ihtiyacı ele alınmıştır. Üretilen otoparklar mevcut konutların otopark talebini karşılamak üzere planlanmıştır.



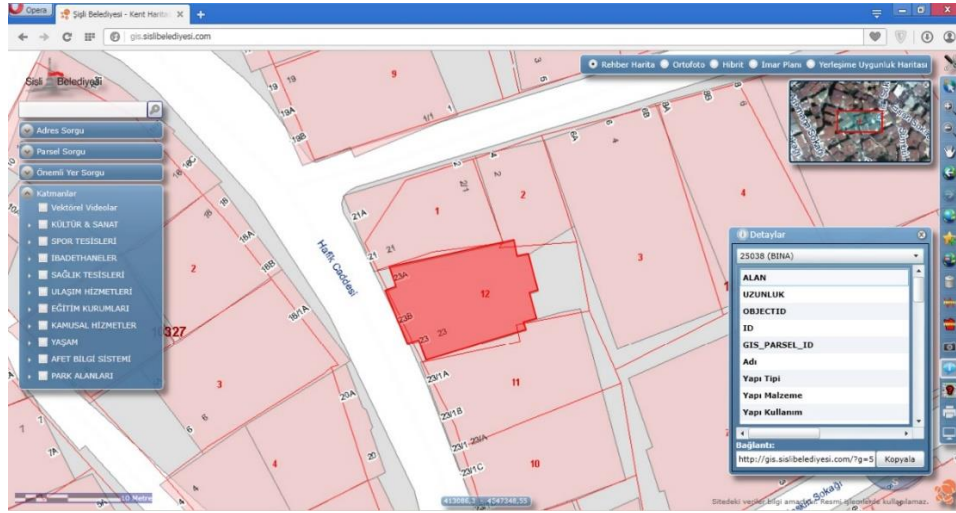
Şekil 4.9 : Çalışma alanı.

Çalışma alanı, gridal yapıda olmayan bir sokak ağına ve düzensiz biçimli yapı adalarına sahiptir. Bu özellik alanın vaka çalışması için seçilmesinde en önemli etkindir. Böylece problem karmaşıklaşmakta ve modelin başarısını test edilebilmek için gereken zorluk derecesine ulaşılmaktadır.

4.2.2 Verilerin toplanması ve işlenmesi

Otopark sorununun yanında bu ilçenin seçilmesindeki bir diğer unsur Şişli ilçesine ait coğrafi bilgi sisteminin (CBS) halka açık ve internet vasıtasıyla kolayca erişilebilir olmasıdır (Url-12, 2015). CBS uzamsal verilerin toplanmasına, depolanmasına, geri çağırılmasına, işlenmesine ve görselleştirilmesine olanak sağlayan bilgisayar sistemleridir (Franklin, 1992). Son 25 yılda literatürdeki çok kriterli uzamsal karar verme problemlerinde CBS'den sıklıkla yararlanıldığı görülmektedir (Malczewski, 2006). Bu vaka çalışmasında; binalara ait taban alanı, yapı kullanım türü, inşaat türü, kat adedi, binadaki işyeri sayısı, binadaki konut sayısı, binanın kendi otoparkının olup olmadığı ve binanın yıkıma uygun olup olmadığı bilgileri Şişli Belediyesi'nin çevrimiçi CBS platformundan (Şekil 4.10) toplanmış ve bir çizelge haline getirilmiştir. Çizgesel veriler ise Rhinoceros programında, CBS platformundan alınan ekran görüntüsü altlık olarak kullanılarak hazırlanmıştır.

Toplanan sayısal veriler MS Excel'de formül kısmına yazılan kodlar vasıtasıyla işlenerek konutlara ait otopark ihtiyaçları, bina bedelleri, bina yıkım ve enkaz kaldırma bedelleri belirlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10 : Şişli Belediyesi'nin çevrimiçi CBS platformu.

msp_binaBilgileri_k1.xlsx - Excel

FILE	HOME	INSERT	PAGE LAYOUT	FORMULAS	DATA	REVIEW	VIEW	ACROBAT						
M2	=IF(L2="Yok";{(IF(K2<=50;(1/4);IF(AND(K2>50;K2<=80);(1/3);IF(AND(K2>80;K2<=120);(1/2);IF(AND(K2>120;K2<=180);1/2))))})*J2;0)													
	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	Bina no	IBB_YAPI_ADI	Yapı Kullanım	IBB_INSAAT_TURU	IBB_KAT_ADEDİ	IBB_ISYERİ_SAYISI	IBB_KONUT_SAYISI	Ortalama alan	IBB_OTO PARK	Konutların Otopark ihtiyacı	Bina bedeli (TL)	Bina Yıkım ve Enkaz Kaldırma Bedeli (TL)	Önemli yer mi?	
1		Erdemler	Konut	Betonarme	6	2	12	165,67	Yok	12	1.205.378,92	46.388,51	0	
2		0 Apartmanı Ayrıncı	Konut	Betonarme	5	2	10	97,82	Yok	5	612.002,32	23.475,72	0	
3		1 Apartmanı	Konut	Betonarme	1	0	1	129,75	Yok	1	66.102,35	2.594,95	0	
4		2 Murat	Konut	Betonarme	5	2	4	101,07	Yok	2	323.400,58	12.127,98	0	
5		3 Apartmanı	Konut	Betonarme	5	2	10	110,74	Yok	5	692.884,55	26.578,27	0	
6		4 Güner Apt.	Konut	Betonarme	6	1	7	119,78	Yok	3,5	496.770,37	19.165,11	0	
7		5 Erdem Apt		Betonarme	5	1	5	111,73	Yok	2,5	349.525,44	13.407,40	0	
8		6		Betonarme	5	1	8	118,38	Yok	4	551.268,56	21.308,45	0	
9		7		Betonarme	7	3	21	83,62	Yok	10,5	1.040.415,26	40.138,61	0	
10		8		Betonarme	3	3	5	163,01	Yok	5	699.359,52	26.081,21	0	
11		9	Konut	Betonarme										

Şekil 4.11 : Verilerin Ms Excel'de işlenmesi

Konutlara ait otopark ihtiyaçları belirlenirken İstanbul Otopark Yönetmeliği'ndeki kullanım türü ve alan büyüklüğe göre minimum otopark ihtiyacının hesaplanmasına yönelik kılavuzda belirtilen rakamlar esas alınmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Otopark yönetmeliğindeki minimum otopark gereksinimleri (Url-14, 2015).

Kullanım Çeşitleri	
1 - Meskenler	
Ortalama daire yapı inşaat alanı 50 m ² ye kadar	4 daire için 1 park yeri
Ortalama daire yapı inşaat alanı 51-80 m ² arasında ise	3 daire için 1 park yeri
Ortalama daire yapı inşaat alanı 81-120 m ² arasında ise	2 daire için 1 park yeri
Ortalama daire yapı inşaat alanı 121-180 m ² arasında ise	1 daire için 1 park yeri
Ortalama daire yapı inşaat alanı 181 m ² den büyük ise	1 daire için 2 park yeri
Rezidanslarda 60 m ² ye kadar	1 daire için 1 park yeri
Rezidanslarda 60 m ² den büyük ise	1 daire için 2 park yeri

Otopark ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan *ortalama daire yapı inşaat alanı* verisi binanın tüm alanlarının içindeki konut sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Şekil 4.12’de çalışma alanındaki konutlara ait otopark ihtiyacının hesaplanması için MS Excel’de üretilen algoritmanın sözde-kodu (pseudo-code) verilmiştir.

```

1 Başla.
2 Binanın otopark verisini oku.
3 Binanın ortalama daire alanını (BODA) oku.
4 Binadaki konut sayısını (BKS) oku.
5 Binanın kendi otoparkı var mı?
6   Eğer varsa binanın otopark ihtiyacı = 0.
7   Yoksa BODA <= 50 mi?
8     Evet ise binanın otopark ihtiyacı = BKS*1/4.
9     Değilse 50 < BODA <= 80 mi?
10      Evet ise binanın otopark ihtiyacı = BKS*1/3.
11      Değilse 80 < BODA <= 120 mi?
12       Evet ise binanın otopark ihtiyacı = BKS*1/2.
13       Değilse 120 < BODA <= 180 mi?
14        Evet ise binanın otopark ihtiyacı = BKS*1.
15        Değilse binanın otopark ihtiyacı = BKS*2.
16 Bitir.

```

Şekil 4.12 : Otopark ihtiyaçlarının hesaplanmasında kullanılan algoritmaya ait sözde-kod.

Sokak rayiçleri Grasshopper ile işlenerek arsa bedelleri hesaplanmıştır. Arsa bedelleri hesaplanırken ilk önce otoparkın kapladığı arsa parçasının alanı hesaplanır. Daha sonra arsanın alanı ile arsaya en yakın sokağın rayiç bedeli çarpılır. Çalışılan bölgedeki sokaklara ait güncel rayiç bedelleri Çizelge 4.4’te verilmiştir (Url-15, 2015).

Çizelge 4.4 : 2015 yılı rayiç bedelleri. Url-15’ten (2015) uyarlanmıştır.

Sokak adı	Rayiç bedeli (TL)	
Odesa Bulvarı	3676,93	
Çukur Sokağı	525,28	
Sümbül Sokağı	525,28	
Keskin Aralığı	630,33	
Hafik Caddesi	735,39	
Polat Sokağı	525,28	
Ersan Sokağı	735,39	
Keskin Sokağı	525,28	
Yayla Sokağı	630,33	



4.2.3 Değişkenler

Bu çalışmada kullanılan değişkenler Çizelge 4.5’te verilmiştir. GA ile çalışırken problem değişkenlerini *gen* olarak adlandırmak da mümkündür.

Çizelge 4.5 : Değişkenler.

Değişken adı	Değer aralığı	Birim
Otopark tesis sayısı	(1, 2, 3, 4, 5)	
Otopark konumunun X koordinatı	[0, 20000]	cm
Otopark konumunun Y koordinatı	[0, 16000]	cm
Otoparkın X eksenine yaptığı açı	[1, 360]	derece
Ön görünüşteki hücre sayısı	(2, 3, 4, 5, 6)	
Seçilecek Parksafe sistemi	(0, 1, 2)	0: Ps580, 1:Ps582, 2:Ps583
Otopark kat sayısı	[3, 16]	

Bu problemde çözüm kümesi yaklaşık $8,3 \times 10^{66}$ elemandan oluşmaktadır. 2 GHz işlemcili bir bilgisayarla yapılan denemelerde bu probleme ait bir çözümün hesaplanmasının yaklaşık olarak 1 saniye sürdüğü görülmüştür. En iyi çözümün GA olmadan tüm çözümleri deneyerek bulunması halinde problemin çözülmesi yaklaşık $2,6 \times 10^{59}$ yıl sürecektir. Bu problemde makul sürede makul çözümlere ulaşabilmek için mutlaka GA gibi bir stokastik arama yönteminin kullanılması gerekmektedir.

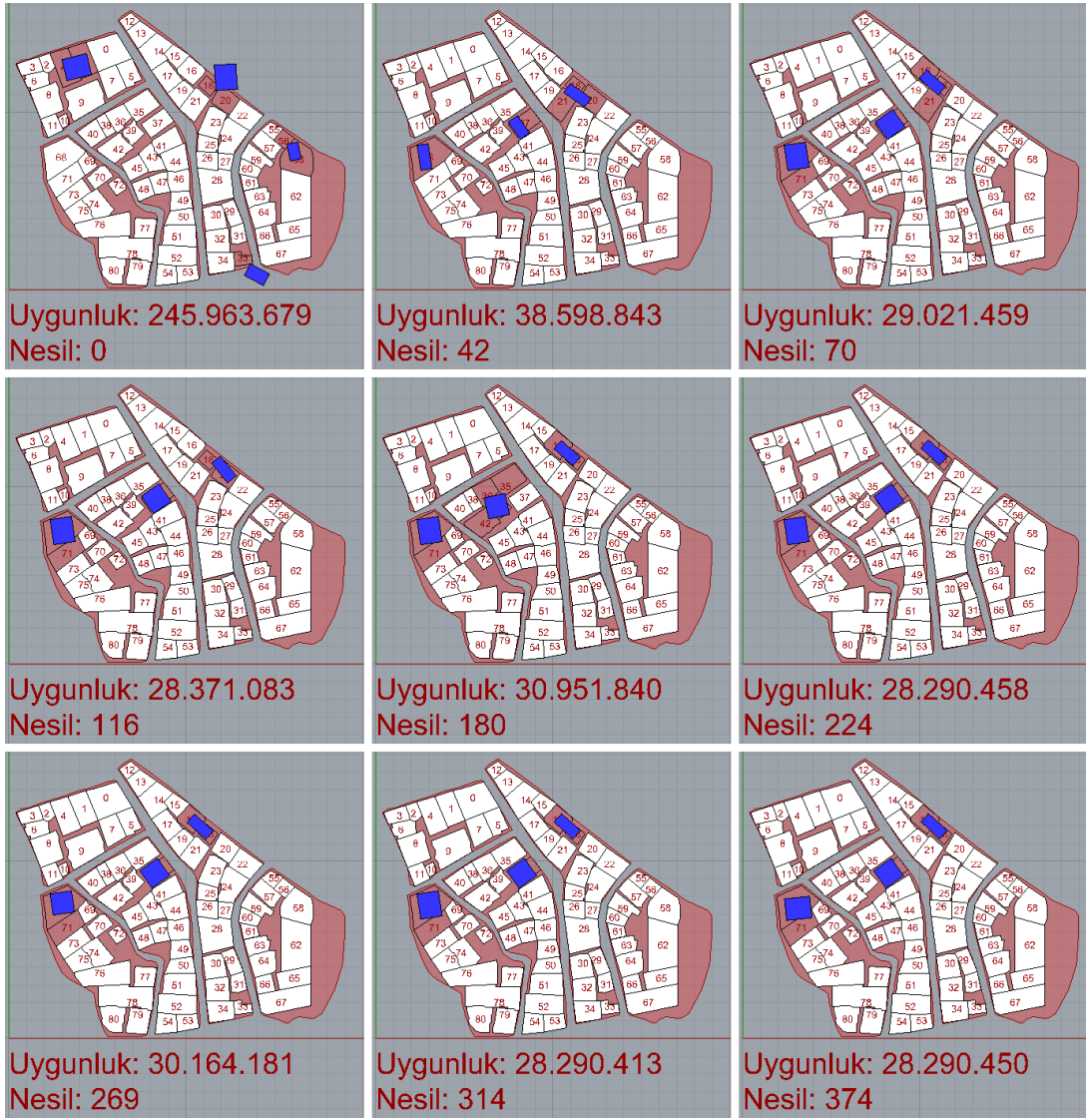
4.2.4 Genetik algoritma ile eniyileme süreci

Eniyileme süreci başlamadan önce GA parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Modelde bu parametrelerden eniyileme amacı, başlangıç nüfusu, sonraki nesillerin nüfusları ve durma şartı belirlenip eniyileme süreçleri başlatılmıştır. Genetik algoritma farklı parametrelerle iki kere çalıştırılıp iki farklı senaryo üretilmiştir.

4.2.4.1 Birinci senaryo

Birinci senaryo için eniyileme amacı minimizasyon, başlangıç nüfusu 50 birey, sonraki nesillerin nüfusları 50'şer birey, durma şartı ise son 50 nesilde hiçbir gelişme olmaması durumu olarak belirlenmiştir. Parametreler modele girildikten sonra GA çalıştırılmıştır.

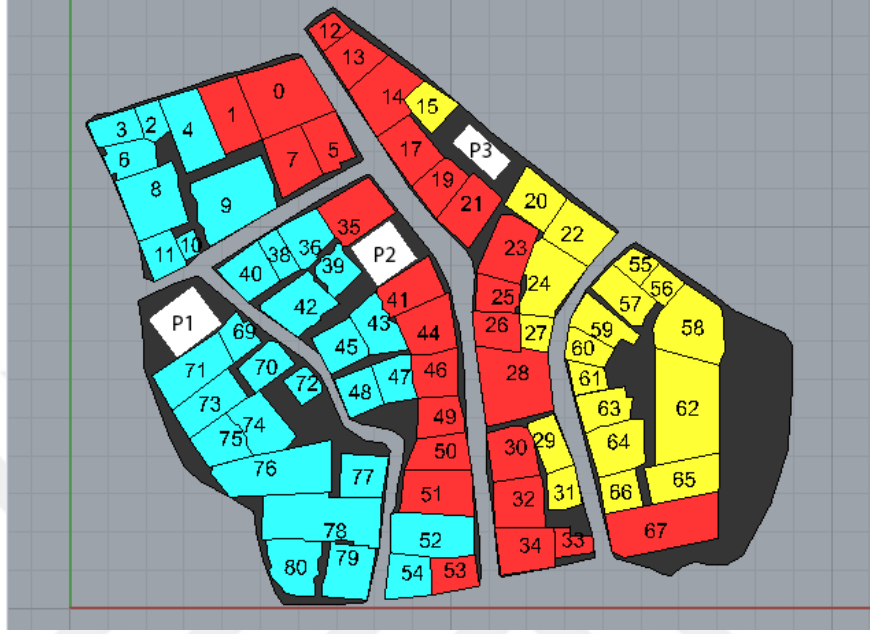
Şekil 4.13'te eniyileme sürecinde üretilen çözümlerden (bireylerden) bazıları, nesil sayıları ve uygunluk puanları belirtilerek kronolojik sırayla gösterilmektedir.



Şekil 4.13 : Birinci senaryonun eniyileme sürecinde üretilen bazı çözümler.

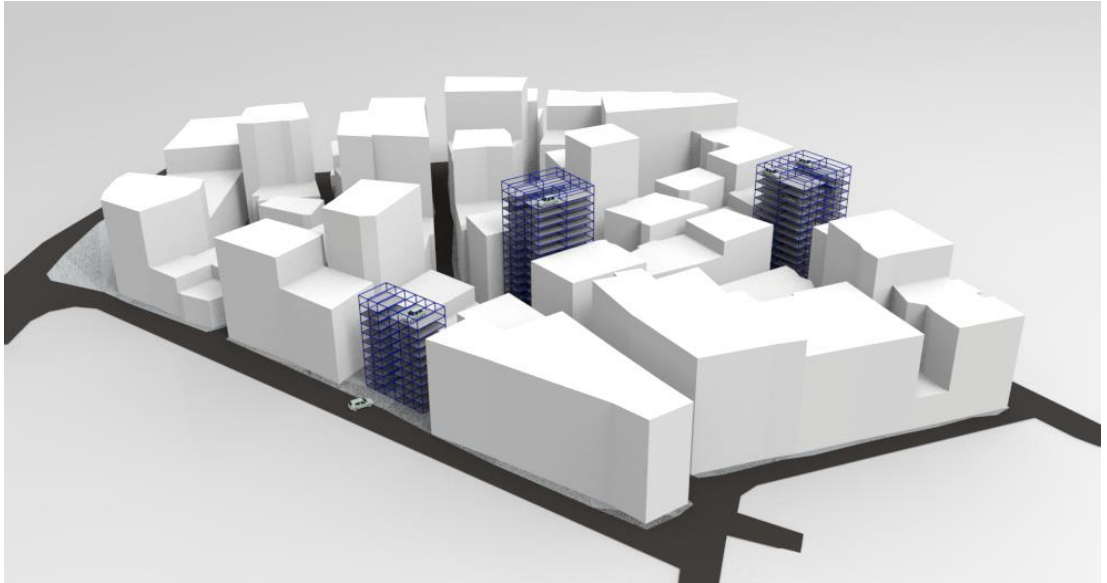
Birinci senaryoda 432. nesilden sonra durma şartı sağlanmış ve GA durmuştur. Bu çalıştırmada GA ile eniyileme süreci (2 GHz işlemcili bir bilgisayarda) yaklaşık 9 saat 7 dakika sürmüştür. Toplamda 21.650 çözüm üretilmiştir. Bu çözümler uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirildiğinde Şekil 4.14'teki çözüm en düşük puanı (28.199.691) almış ve en iyi çözüm olarak seçilmiştir. Bu çözümde eşzamanlı olarak 3 adet otopark tesisi üretilmiştir. Çalışma alanındaki 304 park yeri ihtiyacının 290'ı karşılanmıştır. Otoparklardan binalara ortalama yürüme mesafesi 61,2 metre olup en uzak mesafe 141,7 metre olarak kaydedilmiştir. Üretilen bu çözümde hiçbir yürüme mesafesinin 180 metre sınırını aşmadığı görülmektedir. Sonuç olarak otopark ihtiyacının karşılanmasında başarı yüzde 95,4, mesafelerin kabul edilebilir uzunlukta olması konusunda başarı yüzde 100 olarak kaydedilmiştir.

Şekil 4.14’de otoparkların hizmet verdiği binalar görülmektedir. 1 numaralı otopark (P1) turkuaz renkle gösterilen binalara, 2 numaralı otopark (P2) kırmızı renkle gösterilen binalara, 3 numaralı otopark (P3) ise sarı renkle gösterilen binalara hizmet vermektedir.



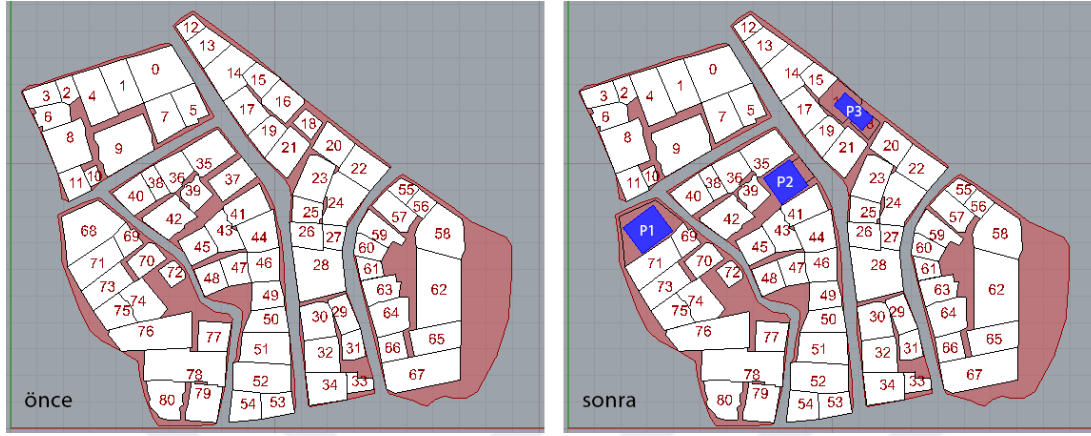
Şekil 4.14 : Birinci senaryoda üretilen otoparkların hizmet verdiği binalar.

Çözümde yapı adaları içindeki en yüksek binalar referans alınarak maksimum otopark yükseklikleri belirlenmiş, bu şekilde üretilen otoparkların kentsel dokuya uygun olması hedeflenmiştir. Şekil 4.15’te çözümün üç boyutlu gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.15 : Birinci senaryodaki en uygun çözümün üç boyutlu gösterimi.

Bu senaryodaki en iyi çözüme göre 68 numaralı bina yıkılıp yerine 128 araç kapasiteli Parksafe 582 sistemi, 37 numaralı bina yıkılıp yerine 119 araç kapasiteli Parksafe 582 sistemi, 16 ve 18 numaralı binalar yıkılıp yerine 43 araç kapasiteli Parksafe 580 sistemi inşa edilmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : Birinci senaryoda üretilen en iyi çözüme göre çalışma alanında yapılacak değişiklikler (yapı adaları kırmızı, var olan binalar beyaz, üretilen otoparklar mavi renkle gösterilmiştir).

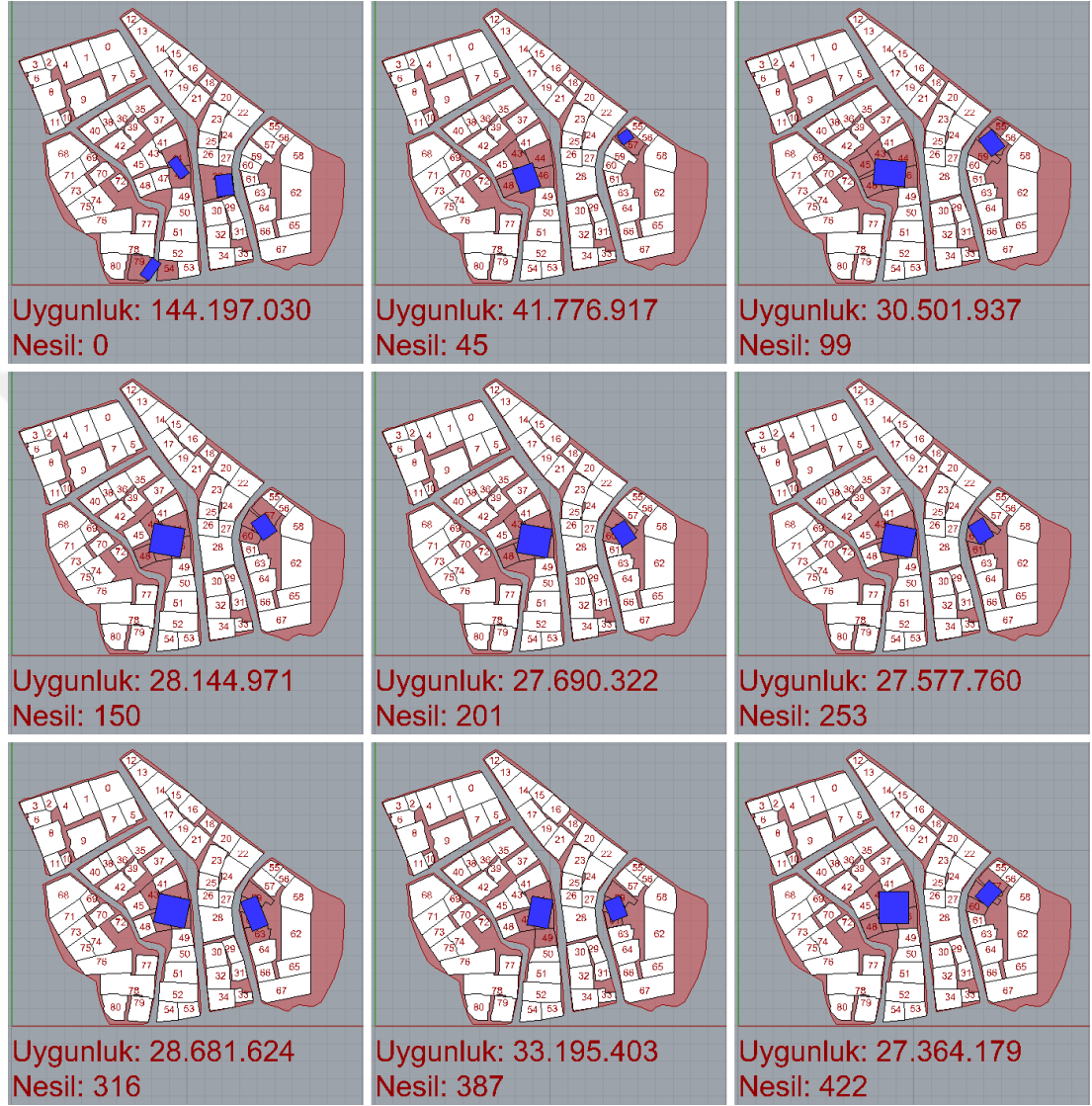
4.2.4.2 İkinci senaryo

İkinci senaryo için eniyileme amacı minimizasyon, başlangıç nüfusu 5000 birey, sonraki nesillerin nüfusları 50'şer birey, durma şartı ise son 50 nesilde hiçbir gelişme olmaması durumu olarak belirlenmiştir. İkinci senaryoda, başlangıç nüfusunun 5000 birey olması haricinde diğer tüm GA parametreleri birinci senaryodakiyle aynıdır. Başlangıç nüfusunun birinci senaryoda olan sayının 100 katına çıkarılmasının sebebi çeşitliliği artırmak ve GA'nın yerel eniyilerde saplanıp kalmasının önüne geçmektir. Böylelikle daha uygun çözümlere ulaşmak hedeflenmiştir.

Şekil 4.17'de eniyileme sürecinde üretilen bireylerden bazıları, nesil sayıları ve uygunluk puanları belirtilerek kronolojik sırayla gösterilmektedir.

İkinci senaryoda 491. nesilden sonra durma şartı sağlanmış ve GA durmuştur. Eniyileme süreci 2 GHz işlemcili bir bilgisayarda, GA'nın çalıştırılmasından yaklaşık yaklaşık 10 saat 10 dakika sonra sona ermiştir. Üretilen toplam birey sayısı 29.550'dir. Bireyler uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirildiğinde Şekil 4.18'deki birey (çözüm) en düşük puanı alarak (26.816.737) birinci olmuştur. Bu çözümde 2 adet otopark tesisi üretilmiştir. Çalışma alanındaki 305 park yeri ihtiyacının 303'ü karşılanmıştır. Ortalama yürüme mesafesi 86,2 metre, en uzun yürüme mesafesi ise

167,3 metre uzunluğundadır. Bu çözümde azami yürüme mesafesini (180 metre) aşan mesafe bulunmamaktadır. Sonuç olarak otopark ihtiyacının karşılanmasında başarı yüzde 99,3, mesafelerin kabul edilebilir uzunlukta olması konusunda başarı yüzde 100 olarak kaydedilmiştir.



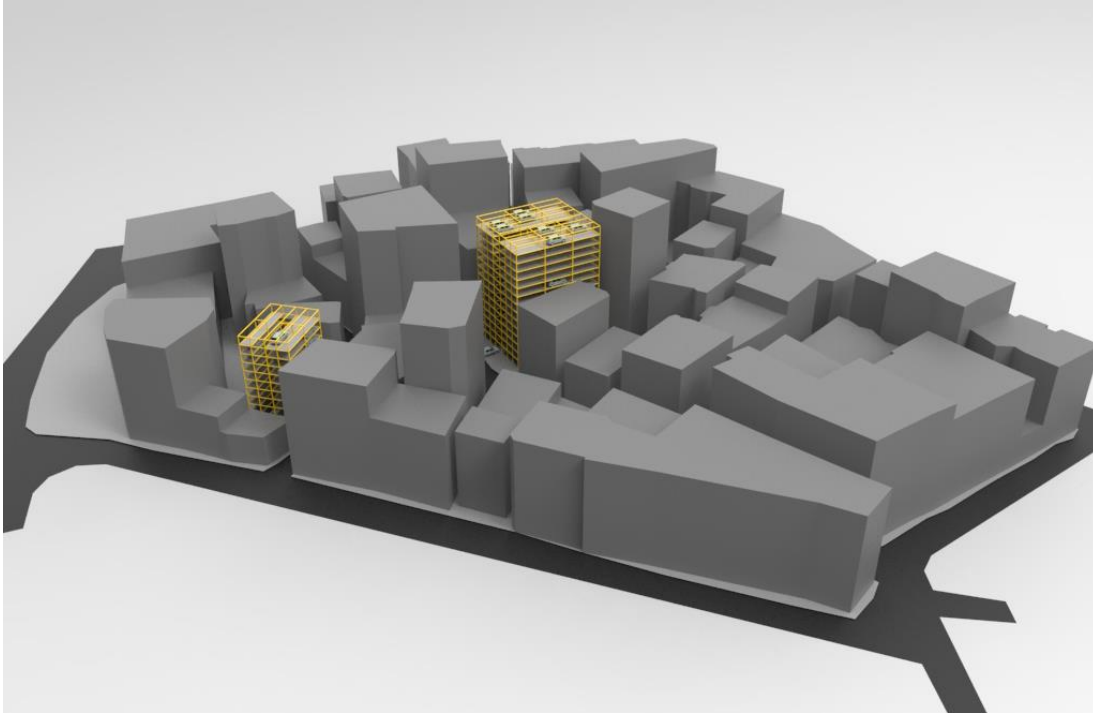
Şekil 4.17 : İkinci senaryonun eniyileme sürecinde üretilen çözümler

Şekil 4.18’de otoparkların hizmet verdiği binalar görülmektedir. 1 numaralı otopark (P1) turkuaz renkle gösterilen binalara, 2 numaralı otopark (P2) sarı renkle gösterilen binalara hizmet vermektedir.

Birinci senaryoda olduğu gibi bu senaryoda da yapı adaları içindeki en yüksek binalar referans alınarak maksimum otopark yükseklikleri belirlenmiş, bu şekilde üretilen otoparkların kentsel dokuya uygun olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 4.19’da en uygun çözümün üç boyutlu gösterimi verilmiştir.

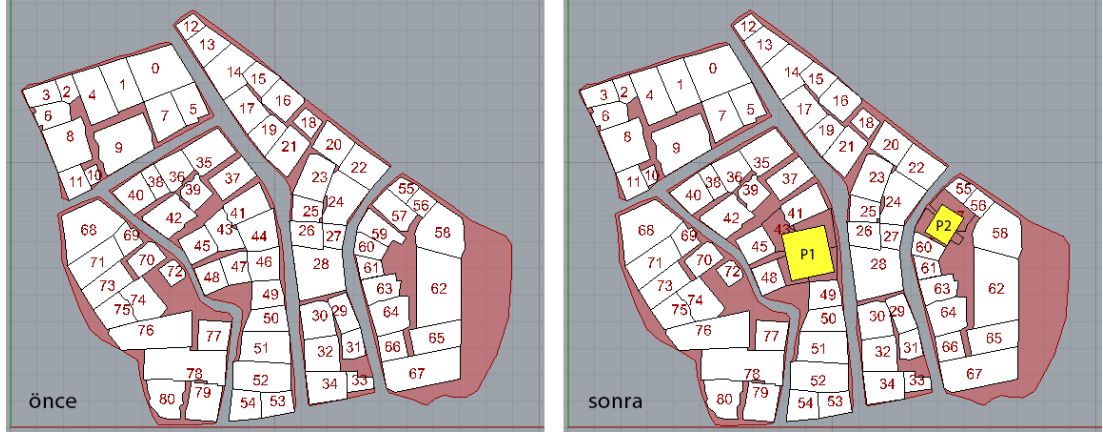


Şekil 4.18 : İkinci senaryoda otoparkların hizmet verdiği binalar.



Şekil 4.19 : İkinci senaryodaki en iyi çözümün üç boyutlu gösterimi.

Bu senaryodaki en iyi çözüme göre 43, 44, 46, ve 47 numaralı binalar yıkılıp açılan alana 250 araç kapasiteli Parksafe 583 sistemi; 57 ve 59 numaralı binalar yıkılıp yerine 53 araç kapasiteli Parksafe 582 sistemi inşa edilmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : İkinci senaryoda üretilen en iyi çözüme göre çalışma alanında yapılacak değişiklikler (yapı adaları kırmızı, var olan binalar beyaz, üretilen otoparklar sarı renkle gösterilmiştir).

4.2.5 Değerlendirme

Çizelge 4.6’da iki farklı senaryoda üretilen en iyi çözümlerin başarı oranları karşılaştırılmaktadır. İkinci senaryo sonunda seçilen birey, birinci senaryo sonunda seçilen bireye göre daha başarılı olmuştur.

Çizelge 4.6 : Farklı senaryolardaki en iyi bireylerin başarı oranları.

	Birinci senaryodaki en iyi birey	İkinci senaryodaki en iyi birey
Otopark ihtiyacının karşılanması konusunda başarı yüzdesi	95,4	99,3
Mesafelerin kabul edilebilir uzunlukta olması konusunda başarı yüzdesi	100	100
Uygunluk puanı	28.199.691	26.816.737

Çizelge 4.7’de senaryolara ait parametreler gösterilmektedir. Birinci senaryo ikinci senaryo kadar başarılı olamamıştır. Bu durumun temel nedeni ikinci senaryodaki başlangıç nüfusunun birinci senaryodakine oranla 100 kat büyük olmasıdır. Böylece ikinci senaryoda çeşitlilik artmış, yerel eniyilerde saplanıp kalma sorunuyla daha az karşılaşmıştır. Böylece ilk neslin nüfus sayısının (başlangıç nüfusu) eniyileme başarısındaki etkisi daha iyi anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.7 : Senaryolara ait parametreler.

	Birinci senaryo	İkinci senaryo
Eniyileme amacı	Minimizasyon	Minimizasyon
Başlangıç nüfusu	50	5.000
Sonraki nesillerin nüfusları	50	50
Durma şartı	Son 50 nesilde gelişme olmaması	Son 50 nesilde gelişme olmaması
Üretilen nesil sayısı	432	491
Üretilen toplam birey sayısı	21.650	29.550
Eniyileme süresi	Yaklaşık 9 saat 7 dakika	Yaklaşık 10 saat 10 dakika

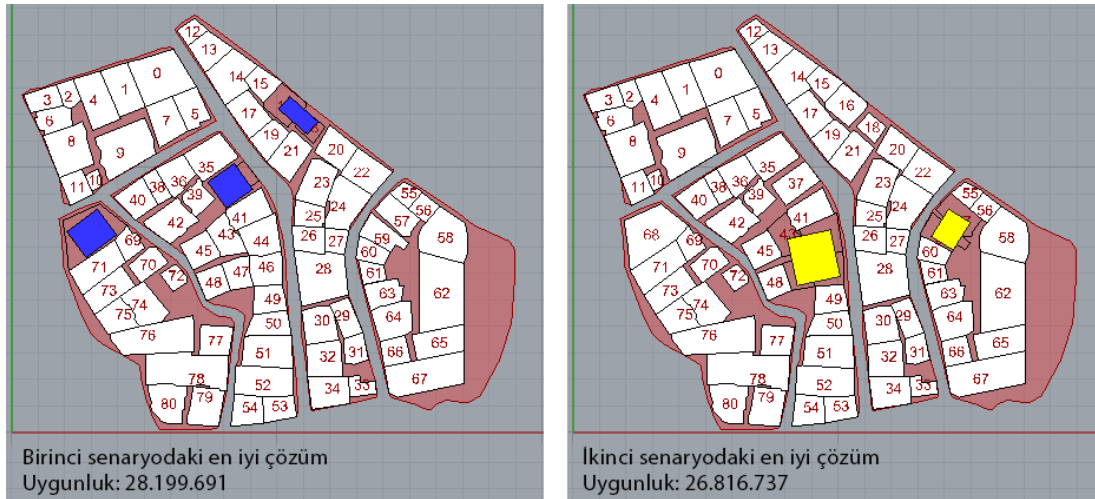
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İstanbul'daki otopark sorununun temel nedeni otopark talebi ile arzı arasındaki dengesizliktir. İstanbul'daki otopark sorununun çözülebilmesi için hem otopark talebinin azaltılmasına yönelik hem de otopark arzının artırılmasına yönelik çözümlerin bir arada uygulanması gerekmektedir. Bu tez kapsamında otopark arzının artırılmasına yönelik çözümler üzerinde durulmuştur. Otopark arzının artırılması yeni otopark alanlarının yaratılması ile mümkündür. Yaratılacak otopark alanları kamu yararının maksimize edilmesi ve toplam maliyetlerin minimize edilmesi gibi hedefler göz önünde bulundurularak planlanmalıdır.

Tezde otopark tesislerinin planlama süreci, tesis tipi seçimi, tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırma olmak üzere üç aşamaya ayrılmıştır. Öncelikle otopark tipolojileri ele alınmış ve İstanbul gibi nüfus yoğunluğu yüksek şehirler için en uygun otopark sistemlerinin en az alanda en çok aracın istiflenmesine olanak sağlayan otomatik otopark sistemleri olduğu sonucuna varılmıştır. Ardından planlamanın diğer iki aşaması olan tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırma aşamalarında karar vericiye/tasarımcıya destek olacak GA tabanlı yeni bir model tanıtılmıştır. Bu modelde yer seçimi ve boyutlandırma gibi her biri başlı başına NP-zor karmaşıklık derecesinde olan çok kriterli iki farklı probleme eşzamanlı olarak çözüm aranmaktadır. NP-zor karmaşıklık sınıfında yer alan problemler genellikle çözüm kümesi çok geniş veya sonsuz sayıda eleman içeren problemlerdir. Bu tür problemlerde bilgisayarın tüm çözümleri tarayarak en uygun çözüme ulaşması çok zaman alabilir veya sonsuza dek sürebilir. Tanıtılan modelde genetik algoritma gibi bir stokastik çözüm prosedürüyle bu zorluk aşılabilmiş ve kabul edilebilir zamanda (9-10 saat) kabul edilebilir uygunlukta çözümlere ulaşmak mümkün olmuştur.

Tanıtılan model bir vaka çalışması kapsamında gerçek verilerle test edilmiş ve başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Vaka çalışması için İstanbul'da otopark sorununun en yoğun yaşandığı ilçelerden biri olan Şişli İlçesi seçilmiştir. Çalışma alanı, Şişli İlçesi Mahmut Şevket Paşa Mahallesi'nde yer alan 18.870 m² büyüklüğünde bir alandır. Seçilen alan yoğunluğu konutlardan oluşan 81 bina içermektedir. Alandaki işyerleri hakkında

yeterli veri bulunmadığı için çalışmada sadece konutlara ait otopark ihtiyacı ele alınmıştır. Üretilcek otoparklar çalışma alanında var olan konutlara ait otopark ihtiyacını karşılamak üzere planlanmıştır. Vaka çalışması kapsamında farklı GA parametreleri kullanılarak iki farklı senaryo üretilmiştir. Farklı parametrelerle farklı senaryolar üretilmesindeki amaç GA parametrelerinde değişiklik yaparak daha başarılı sonuçlara ulaşmanın mümkün olup olmadığını test etmektir. Tanıtılan modele ait GA parametreleri: eniyileme amacı, başlangıç nüfusu, sonraki nesillerin nüfusları ve durma şartıdır. Vaka çalışmasında üretilen senaryolarda başlangıç nüfusu haricindeki tüm parametreler aynı kalmıştır. Başlangıç nüfusu birinci senaryo için 50 birey (çözüm), ikinci senaryo için 5000 birey olarak belirlenmiştir. Sadece başlangıç nüfusunun artırılması bile çözüm kümesindeki çeşitliliği artırarak yerel eniyilerde saplanıp kalma sorununun önüne geçilmesini ve başarının artırılmasını sağlamıştır. Böylece birinci senaryoda elde edilebilen en düşük uygunluk puanı 28.199.691 iken ikinci senaryoda 26.816.737 olarak kaydedilmiştir (Şekil 5.1). Başlangıç nüfusu parametresinde yapılan bu değişiklikle eniyileme başarısı yaklaşık yüzde 5 artırılmıştır. Sonuç olarak, ikinci senaryo birinci senaryodan daha başarılı olmakla beraber her iki senaryoda da başarılı birer çözüme ulaşmak mümkün olmuştur. Bu vaka çalışmasıyla GA'nın tesis yeri seçimi ve tesis boyutlandırma gibi problemlerdeki başarısı bir kez daha kanıtlanmıştır.



Şekil 5.1 : Birinci ve ikinci senaryolardaki en iyi çözümler (yapı adaları kırmızı, var olan binalar beyaz, üretilen otoparklar birinci senaryo için mavi, ikinci senaryo için sarı renkle gösterilmiştir).

Tez kapsamında kent dokusuna uyum kriteri “üretilen otoparkın izin verilen yüksekliği aşmaması” şeklinde tanımlanmıştır. Halbuki kent dokusuna uyum konusunda bina

yüksekliği dışında kullanılan malzemeler, mimari düzen, çevre binalarla ve mevcut akslarla olan geometrik ilişkiler, açıklık kapalılık veya doluluk boşluk oranları, üretilecek otoparkın sokak manzarasına (streetscape) etkileri gibi bir çok kriter olduğu bilinmektedir. Gelecek çalışmalarda kent dokusuna uyum kriteri bu yönde geliştirilebilir ve modelin bu konuda daha başarılı sonuçlara ulaşması mümkün olabilir.

Tez kapsamında ele alınan, mevcut uzamın en yüksek verimle kullanılmasına olanak sağlayan otomatik otoparklar diğerkonvansiyonel otoparkların işlevselliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır. Çok yer kaplayan geniş beton rampalarla çözülen sistemlerin yerini otopark makinelerinin alması otopark tasarımında yeni bir paradigma olarak görülebilir. Dünyanın birçok kentinde otopark sorunu yönünden İstanbul vakasına benzeyen vakalar bulunmaktadır. Yoğun ve plansız yapılaşmış kent dokusunun bir sonucu olan otopark sorununun yer tasarrufu sağlayan otomatik otoparklar ile çözülebilmesi ve tanıtılan modelde bu otoparkların yer seçiminin ve boyutlandırılmasının kolaylıkla yapılabilmesi tasarımcı/karar vericilerin konvansiyonel otoparklar yerine otomatik otoparklara yönelmesine neden olabilir. Ayrıca, tez kapsamında üretilen modelin İstanbul gibi yoğun kent dokusuna sahip diğerkentlerde doğrudan kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır. Yerel yönetimler modeli istenilen arazide kullanıp kısa zamanda başarılı sonuçlar elde edebilirler.

Tanıtılan modelin gelecek çalışmalarda, hâlihazırda yer seçimi ve boyutlandırılması yapılmış tesislerin değerlendirilmesi ve bazı düzeltmelerin önerilmesi amacıyla kullanılması da mümkündür. Böylece model, farklı yöntemlerle üretilmiş çözümlerin verimlilik değerlendirmesi için kullanılabilir.

Modelde, Grasshopper görsel programlama ortamında bulunan, ileri kodlama becerileri gerektirmeden genetik algoritmalarla çalışmaya olanak sağlayan Galapagos bileşeni kullanılmıştır. Galapagos bileşeni, kullanımı kolay olmasına karşın bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu bileşen, eniyileme sürecindeki mutasyon işlemine müdahale etmeye yeterince olanak vermemektedir. Galapagos'un içinde, eniyileme süreci başlatılmadan önce belirlenen GA parametreleri arasında "mutasyon oranı" gibi kullanıcının müdahalesine açık bir parametre bulunmamaktadır. Galapagos'ta eniyileme süreci sırasında kullanıcının istediğı zamanlarda anlık mutasyonlar yapmasına olanak sağlayan bir buton bulunmasına rağmen, kullanıcı mutasyon işlemi üzerinde sistematik ve kontrollü bir müdahalede bulunamamaktadır. Bu nedenle vaka

alışmasında çözümlerdeki çeşitliliği artırabilmek için sadece başlangıç nüfusu parametresine müdahale edilebilmiştir. Bununla birlikte, literatürdeki çalışmalarda farklı genetik algoritmalar ile farklı seviyelerde çözümlere ulaşılabildiği grlmştir. Gelecek çalışmalarda modelin farklı genetik algoritmalarla oluşturulmasıyla daha başarılı çözümlere ulaşmak mümkün olabilir.

Çalışmanın yapıldığı alanda otopark ihtiyacının belirlenmesine yönelik belediye tarafından yapılmış detaylı bir otopark etüdü bulunmamaktadır. Erişilen verilerin işlenmesiyle sadece konutlara ait otopark ihtiyacı hesaplanabilmiştir. Gelecekte belediyelerin detaylı otopark etütleri gerçekleştirmesi halinde çalışma alanındaki toplam otopark ihtiyaçları daha gerçekçi olarak belirlenebilir. Böylece tez kapsamında üretilen model ile daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır.

Çalışmada sadece var olan otopark ihtiyaçları değerlendirilmiş, gelecekte ortaya çıkabilecek yeni ihtiyaçlar göz ardı edilmiiştir. Gelecekteki otopark ihtiyacının hesaplanmasına yönelik çalışmalar ile modelde gelecekteki ihtiyacın da hesaba katılması mümkün olacaktır. Gelecekteki muhtemel otopark talebi hesaplanırken nüfus artışı, otomobil sahipliğindeki artış, gelecekteki ulaşım politikaları gibi etkenler dikkate alınmalıdır. Bu veriler detaylı otopark etütleri ile birleştirilerek gelecekteki otopark ihtiyacının saptanması mümkündür. Böylece üretilen çözümler geleceğin kapasite gereksinimlerine uyum konusunda daha başarılı olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Acar, İ. H.** (2003), Bütünleşik Ulaşım Politikası ve Avrupa Kentsel Şartı, Ulaşım ve Dolaşım İlkeleri, TMMOB Ulaştırma Politikaları Kongresi, Ankara.
- Alinia, K., Yarahmadi, A., Zarin, J., Yarahmadi, H., & Lak, S.** (2015). Parking Lot Site Selection: An Opening Gate Towards Sustainable GIS-based Urban Traffic Management. *Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing*, 43(4), 801-813. <http://dx.doi.org/10.1007/s12524-014-0415-3>
- Anadol K.** (1973), Kentlerde Durgun Trafik Sorunu ve Çok Katlı Garajlar, *Arkitekt*, 1. sayı, s. 33-37
- Aras, H., Erdoğan, Ş., & Koç, E.** (2004). Multi-criteria selection for a wind observation station location using analytic hierarchy process. *Renewable Energy*, 29(8), 1383-1392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2003.12.020>
- Araz, C., Selim, H., & Ozkarahan, I.** (2007). A fuzzy multi-objective covering-based vehicle location model for emergency services. *Computers & Operations Research*, 34(3), 705-726. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2005.03.021>
- Asian Development Bank** (2011). Parking policy in asian cities. Manila, Philippines: Asian Development Bank.
- Badri, M.** (1999). Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *International Journal Of Production Economics*, 62(3), 237-248. [http://dx.doi.org/10.1016/s0925-5273\(98\)00249-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0925-5273(98)00249-7)
- Barter, P. A.** (2010). Off-street parking policy without parking requirements: A need for market fostering and regulation. *Transport Reviews*, 30(5), 571-588.
- Baseri, M. , Malekabadi, R. , Gandomkar, A.** (2012). 'Site Selection of Public Parking in Isfahan City, using AHP Model'. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 64, International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 6(4), 547 - 550.
- Burrage, R., Mogren, E.** (1957). Parking. Saugatuck, Conn.: Eno Foundation for Highway Traffic Control.
- Caballero, R., González, M., Guerrero, F., Molina, J., & Paralera, C.** (2007). Solving a multiobjective location routing problem with a metaheuristic based on tabu search. Application to a real case in Andalusia. *European Journal Of Operational Research*, 177(3), 1751-1763. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.10.017>

- Cáceres, R.G., Durand, J.A., & Gómez, F.** (2009). Integral analysis method – IAM. *European Journal Of Operational Research*, 192(3), 891-903. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.001>
- Canbolat, Y., Chelst, K., & Garg, N.** (2007). Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility. *Omega*, 35(3), 312-325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2005.07.002>
- Chan, F., Chung, S.** (2004). Multi-criteria genetic optimization for distribution network problems. *AMT*, 24(7-8), 517-532. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-002-1445-5>
- Chen, X., Yang, X., and Xu, Z.** (2012) Location Configuration Design of New Park-and-Ride Facilities in Beijing, China. *CICTP 2012*: pp. 11-22. doi: 10.1061/9780784412442.002
- Chou, T., Hsu, C., Chen, M.** (2008). A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection. *International Journal Of Hospitality Management*, 27(2), 293-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.07.029>
- Coello, C.A.C.** (2000), An updated survey of GA-based multiobjective optimization techniques, *ACM Computing Surveys*, 32, p. 109-143
- Colebrook, M., & Sicilia, J.** (2007). A polynomial algorithm for the multicriteria cent-dian location problem. *European Journal Of Operational Research*, 179(3), 1008-1024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.042>
- Current J, ReVelle C, Cohon J.** (1987) The median shortest path problem: a multiobjective approach to analyze cost vs.accessibility in the design of a transportation network. *Transportation Science*; 21: 188–97."
- Deluka-Tibljša, A., Karleuša, B., & Benac, Č.** (2011). AHP Methodology Application in Garage-parking Facility Location Selection. *PROMET - Traffic&Transportation*, 23(4). pp. 303-313 <http://dx.doi.org/10.7307/ptt.v23i4.133>
- Dias, J., Captivo, M., & Clímaco, J.** (2007). A memetic algorithm for multi-objective dynamic location problems. *Journal Of Global Optimization*, 42(2), 221-253. <http://dx.doi.org/10.1007/s10898-007-9239-9>
- Doerner, K., Focke, A., & Gutjahr, W.** (2007). Multicriteria tour planning for mobile healthcare facilities in a developing country. *European Journal Of Operational Research*, 179(3), 1078-1096. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.10.067>
- Doerner, K., Gutjahr, W., & Nolz, P.** (2009). Multi-criteria location planning for public facilities in tsunami-prone coastal areas. *OR Spectrum*, 31(3), 651-678. <http://dx.doi.org/10.1007/s00291-008-0126-7>
- Drezner Z.** (1995), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer: New York.
- Drezner, Z., Klamroth, K., Schöbel, A., Wesolowsky, G.** (2002), *The weber problem, Facility Location: Applications and Theory*, Springer, Berlin, pp. 1–36."

- Du, F., & Evans, G.** (2008). A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service. *Computers & Operations Research*, 35(8), 2617-2634. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2006.12.020>
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N.** (2008), "Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7-8), 783-705.
- Fan, W., Khan, M., Ma, J., & Jiang, X.** (2014). Bilevel Programming Model for Locating Park-and-Ride Facilities. *J. Urban Plann. Dev.*, 140(3), 04014007. [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)up.1943-5444.0000178](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)up.1943-5444.0000178)
- Farahani, R., SteadieSeifi, M., & Asgari, N.** (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7), 1689-1709. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2009.10.005>
- Fernández, E., & Puerto, J.** (2003). Multiobjective solution of the uncapacitated plant location problem. *European Journal of Operational Research*, 145(3), 509-529.
- Fernández, I., & Ruiz, M.** (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. *Journal Of Cleaner Production*, 17(1), 87-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.02.011>
- Fonseca, C., & Fleming, P.** (1995). An Overview of Evolutionary Algorithms in Multiobjective Optimization. *Evolutionary Computation*, 3(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.1162/evco.1995.3.1.1>
- Franklin, C.** (1992) An introduction to geographic information systems: linking maps to databases. *Database* 15, 2 (April 1992), 12-21.
- Galvão, R., Acosta Espejo, L., Boffey, B., & Yates, D.** (2006). Load balancing and capacity constraints in a hierarchical location model. *European Journal Of Operational Research*, 172(2), 631-646. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.09.049>
- Gen, M., & Cheng, R.** (1996). A survey of penalty techniques in genetic algorithms. In *Evolutionary Computation, 1996., Proceedings of IEEE International Conference on* (pp. 804-809). IEEE.
- Giannikos, I.** (1998). A multiobjective programming model for locating treatment sites and routing hazardous wastes. *European Journal Of Operational Research*, 104(2), 333-342. [http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217\(97\)00188-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217(97)00188-4)
- Gökdağ, M., Yarbaşı, S.** (2004) Ulaşım Sorunlarından Otoparklar Üzerine Bir Araştırma Ve Erzurum Örneği, *Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı*, İstanbul.
- Guo, L., He, Y.** (1999). Integrated Multi-criterial Decision Model: a Case Study for the Allocation of Facilities in Chinese Agriculture. *Journal Of Agricultural Engineering Research*, 73(1), 87-94. <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1998.0393>
- Güngör, H.C., Güngör, E.K., Ağırdir, M.L.** (2011) 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May, Elazığ, Turkey.

- Gürsoy, M., Yardım, M.S., Başaran, S.** (2013) Otopark Etütleri ve YTÜ Davutpaşa Yerleşkesinde Bir Uygulama Örneği, 3. Uluslararası Ulaşım ve Araç Park Alanları Yönetimi Sempozyumu, 30-31 Mayıs, İstanbul
- Hagman, O.** (2006). Morning Queues and Parking Problems. On the Broken Promises of the Automobile. *Mobilities*, 1(1), 63-74. doi:10.1080/17450100500489247
- Haldenbilen, S., Murat, Y.Ş., Baykan, N., ve Meriç, N.** (1999). Kentlerde Otopark Sorunu: Denizli Örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1999, 5, sayı:2-3 s:1099-1108.
- Hamacher, H.W., Labbé M., Nickel, S., Skriver, A.J.V.** (2002) Multicriteria semi-obnoxious network location problems (MSNLP) with sum and center objectives. *Ann Oper Res* 110:33–53
- Harewood, S.** (2002). Emergency ambulance deployment in Barbados: a multi-objective approach. *J Oper Res Soc*, 53(2), 185-192. <http://dx.doi.org/10.1057/sj.jors.2601250>
- Harris, I., Mumford, C. L., & Naim, M. M.** (2014). A hybrid multi-objective approach to capacitated facility location with flexible store allocation for green logistics modeling. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 66, 1-22.
- Ho, H., Chang, C., & Ku, C.** (2013). On the location selection problem using analytic hierarchy process and multi-choice goal programming. *International Journal Of Systems Science*, 44(1), 94-108. <http://dx.doi.org/10.1080/00207721.2011.581397>
- Holland, J. H.** (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Hong, Y., Hsieh, H., & Ho, S.** (2007). Determination of locations for static transfer switches using Genetic Algorithms and fuzzy multi-objective programming. *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, 29(6), 480-487. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2006.11.007>
- Hwang, C., & Yoon, K.** (1981). *Lecture notes in economics and mathematical systems : multiple attribute decision making*. Berlin, Germany: Springer Verlag.
- Hwang, C., Masud, A.** (1979). *Multiple objective decision making, methods and applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Ishizaka, A., Nemery, P., & Lidouh, K.** (2013). Location selection for the construction of a casino in the Greater London region: A triple multi-criteria approach. *Tourism Management*, 34, 211-220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2012.05.003>
- Jajac, N.; Knezić, S.; Mladineo, N.** (2008), DSS for urban infrastructure mangement, parking garages case study, Organization, technology and management in construction: proceedings, 8th International Conference(5th SENET Conference), Radujković, Mladen ; Mlinarić, Vjeran, editor(s). Zagreb : Croatian Association for Organization in Construction.

- Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J.** (2015). A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. *Land Use Policy*, 42, 492-508. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.003>
- Kahraman, C., Ruan, D., & Doğan, I.** (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences*, 157, 135-153. [http://dx.doi.org/10.1016/s0020-0255\(03\)00183-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0020-0255(03)00183-x)
- Kaplan, H., Yıldız, D.** (2002) Ankara kent merkezi otopark alanları ile yaya alanları ilişkisinin Kızılay çekirdeği örneğinde yol ve trafik güvenliği açısından irdelenmesi. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- Karimi, V., Ebadi, H., & Ahmadi, S.** (2006). Public parking site selection using GIS. In Hyderabad, India, Map World Forum.
- Khoban, Z., Ghadimi, S.** (2009) Appendix: Metaheuristic Methods Facility Location. Concepts, Models, Algorithms and Case Studies. In Facility Location, Heidelberg: Physica, p. 535-543 , Eds. Zanjirani Farahani, R., Hekmatfar, M.
- Klimberg, R., & Ratick, S.** (2008). Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions. *Computers & Operations Research*, 35(2), 457-474. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2006.03.010>
- Kozalı, B.** (2014). Kentiçi Otopark Hizmetlerinde Özel Sektör Katılımının Sürücülerin Park Etme Tercihleri Ve Tutumları Üzerine Etkisi. *Journal Of Life Economics*, 1(2), 191-191. [Http://Dx.Doi.Org/10.15637/Jlecon.39](http://Dx.Doi.Org/10.15637/Jlecon.39)
- Lahdelma, R., Salminen, P., & Hokkanen, J.** (2002). Locating a waste treatment facility by using stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria. *European Journal Of Operational Research*, 142(2), 345-356. [http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217\(01\)00303-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217(01)00303-4)
- Levy, N., & Benenson, I.** (2015). GIS-based method for assessing city parking patterns. *Journal Of Transport Geography*, 46, 220-231. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.06.015>
- Litman, T.** (2006). Parking management best practice. Chicago, IL: APA Planners Press.
- Litman, T.** (2013) Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transort Policy Institute, http://www.vtpi.org/park_man.pdf.
- Liu, G., Wu, G., Zheng, T., Ling, Q.** (2011) Integrating preference based weighted sum into evolutionary multi-objective optimization, in Natural Computation (ICNC), 2011 Seventh International Conference on , vol.3, no., pp.1251-1255, 26-28 July 2011 doi: 10.1109/ICNC.2011.6022362
- Liu, Y., Wang, W., Ding, C., Guo, H., Guo, W., & Yao, L. ve diğ.** (2012). Metropolis Parking Problems and Management Planning Solutions for Traffic Operation Effectiveness. *Mathematical Problems In Engineering*, 2012, 1-6. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/678952>

- Malczewski, J.** (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Maniezzo, V., Mendes, I., & Paruccini, M.** (1998). Decision support for siting problems. *Decision Support Systems*, 23(3), 273-284. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9236\(98\)00042-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-9236(98)00042-6)
- McIntyre, C., & Parfitt, M.** (1998). Decision Support System for Residential Land Development Site Selection Process. *Journal Of Architectural Engineering*, 4(4), 125-131. [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)1076-0431\(1998\)4:4\(125\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)1076-0431(1998)4:4(125))
- Melachrinoudis, E., & Min, H.** (2000). The dynamic relocation and phase-out of a hybrid, two-echelon plant/warehousing facility: A multiple objective approach. *European Journal Of Operational Research*, 123(1), 1-15. [http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217\(99\)00166-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0377-2217(99)00166-6)
- Melachrinoudis, E., & Xanthopoulos, Z.** (2003). Semi-obnoxious single facility location in Euclidean space. *Computers & Operations Research*, 30(14), 2191-2209.
- Merino, D.** (1989). Predesign Planning for Parking Facilities. *Journal Of Management In Engineering*, 5(3), 301-313. [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)9742-597x\(1989\)5:3\(301\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)9742-597x(1989)5:3(301))
- Michalewicz, Z.** (1995) A survey of constraint handling techniques in evolutionary computation methods. In "Proceedings of the 4th Annual Conference on Evolutionary Programming", MIT Press, s135–155.
- Monahan, D.** (2012), "Man vs Machine: Is Robotic Parking Right for Your Project?" (PDF), International Parking Institute <http://www.walkerparking.com/wp-content/uploads/2013/05/Monahan-Robotic-Parking-Pkg-Prof-Sept-2012.pdf>
- Neema, M., & Ohgai, A.** (2010). Multi-objective location modeling of urban parks and open spaces: Continuous optimization. *Computers, Environment And Urban Systems*, 34(5), 359-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.03.001>
- Nema, A., & Gupta, S.** (1999). Optimization of regional hazardous waste management systems: an improved formulation. *Waste Management*, 19(7-8), 441-451. [http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x\(99\)00241-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x(99)00241-x)
- Norese, M.** (2006). ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants. *Land Use Policy*, 23(1), 76-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.08.009>
- Northeastern University School of Architecture** (2008), Parking. School of Architecture Publications. Paper 10. <http://www.northeastern.edu/camd/architecture/portfolio/parking/2047/d20003478>
- O'Flaherty, C.A.** (1997), Design of Off-street Parking Facilities. Chapter 22 in O'Flaherty, C.A., (Ed.) *Transport Planning and Traffic Engineering*, Arnold, London, 1997.

- Ogryczak, W., Studziński, K., & Zorychta, K.** (1989). A solver for the multi-objective transshipment problem with facility location. *European Journal Of Operational Research*, 43(1), 53-64. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(89\)90409-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(89)90409-8)
- Ogryczak, W., Studziński, K., & Zorychta, K.** (1992). DINAS: a computer-assisted analysis system for multiobjective transshipment problems with facility location. *Computers & operations research*, 19(7), 637-647.
- Ohsawa, Y.** (1999). A geometrical solution for quadratic bicriteria location models. *European Journal of Operational Research*, 114(2), 380-388.
- Owen, S. H., Daskin, M. S.** (1998), "Strategic Facility Location: A Review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, No. 3, pp. 423-447"
- Pati, R., Vrat, P., & Kumar, P.** (2008). A goal programming model for paper recycling system☆. *Omega*, 36(3), 405-417. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2006.04.014>
- Raisanen, L., & Whitaker, R.** (2005). Comparison and Evaluation of Multiple Objective Genetic Algorithms for the Antenna Placement Problem. *Mobile Networks And Applications*, 10(1/2), 79-88. <http://dx.doi.org/10.1023/b:mone.0000048547.84327.95>
- Rakas, J., Teodorović, D., & Kim, T.** (2004). Multi-objective modeling for determining location of undesirable facilities. *Transportation Research Part D: Transport And Environment*, 9(2), 125-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2003.09.002>
- Razavi, M.S., Karami, J., Molkarai, R.** (2014) Parking Structure Site Selection Through Integration Of AHP And OWA And Seven-Risk Maps (Case Study: District 6 In Region 3 Of Tehran), *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, Vol. 4 (S4), pp. 1367-1380
- Roth, G.J.** (1965), *Paying for parking*. Institute of Economic Affairs, London.
- Saeedi, S., Malek, M., Delavar, M., & Tayybi, A.** (2008) Intuitionistic Fuzzy Analytical Network Process (IF-ANP) For Spatial Multi Criteria Decision Making Under Uncertainty. Integrating Generations, Fig Working Week 2008, 14-19 June, Stockholm, Sweden
- Selim, H., & Ozkarahan, I.** (2006). A supply chain distribution network design model: An interactive fuzzy goal programming-based solution approach. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 36(3-4), 401-418. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-006-0842-6>
- Shoup, D.** (1999). The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A: Policy And Practice*, 33(7-8), 549-574. [http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00007-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00007-5)
- Shoup, D.** (2005). *The high cost of free parking*. Chicago: Planners Press, American Planning Association.
- Stummer, C., Doerner, K., Focke, A., & Heidenberger, K.** (2004). Determining Location and Size of Medical Departments in a Hospital Network: A

Multiobjective Decision Support Approach. Health Care Management Science, 7(1), 63-71.
<http://dx.doi.org/10.1023/b:hcms.00000005399.23600.69>

- Sultan, A.** (1993). Linear programming: An introduction with applications. Boston: Academic Press.
- Şen, A., Önden, I., Gökgöz, T., & Şen, C.** (2011). A GIS Approach to Fire Station Location Selection. ISPRS Geoinformation for Disaster Management Conference (Gi4DM 2011). Antalya.
- Tabari, M., Kaboli, A., Aryanezhad, M.B., Shahanaghi, K., Siadat, A.** (2008), A new method for location selection: a hybrid analysis, Appl. Math. Comput. 206, 598–606.
- Tang, M., Ren, E.** (2009) Site Selection of Mechanical Parking Garage in High Density Vehicle Urban Area Based on Genetic Algorithm-Support Vector Machine, KAM, 2009, Knowledge Acquisition and Modeling, International Symposium on, Knowledge Acquisition and Modeling, International Symposium, pp. 100-102, doi:10.1109/KAM.2009.238
- Terouhid, S., Ries, R., & Mirhadi Fard, M.** (2012). Towards Sustainable Facility Location – A Literature Review. JSD, 5(7).
<http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v5n7p18>
- Tezcan, H.O, Yayla, N.** (2010) Tıkanıklık fiyatlandırmasının İstanbul için uygunluğunun araştırılması: Eminönü fiyatlandırma modeli, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 9: 6, 125-136
- TSE** (1992), TS 10551 Şehir İçi Yollar - Otolar İçin Otopark Tasarım Kuralları, Türk Standartları, Ankara.
- Turetken, O.** (2008). Is your back-up IT infrastructure in a safe location?. Information Systems Frontiers, 10(3), 375-383. <http://dx.doi.org/10.1007/s10796-008-9081-8>
- Tuzkaya, G., Önüt, S., Tuzkaya, U., & Gülsün, B.** (2008). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. Journal Of Environmental Management, 88(4), 970-983. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.05.004>
- Tzeng, G., Teng, M., Chen, J., & Opricovic, S.** (2002). Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. International Journal Of Hospitality Management, 21(2), 171-187. [http://dx.doi.org/10.1016/s0278-4319\(02\)00005-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0278-4319(02)00005-1)
- Uno, T., & Katagiri, H.** (2008). Single- and multi-objective defensive location problems on a network. European Journal Of Operational Research, 188(1), 76-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2007.04.003>
- Vickrey, W.** (1954). The economizing of curb parking space. Traffic Engineering (November), 62-67.
- Villegas, J., Palacios, F., & Medaglia, A.** (2006). Solution methods for the bi-objective (cost-coverage) unconstrained facility location problem with an illustrative example. Annals Of Operations Research, 147(1), 109-141. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-006-0061-4>

- Walker, C., Haahs, T.** (2006). The architect's handbook of professional practice. Parking planning. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Weant, R.** (1978). Parking garage planning and operation. Westport, Conn.: Eno Foundation for Transportation.
- Weant, R., & Levinson, H.** (1991). Parking. Westport, Conn.: Eno Foundation for Transportation.
- Weber, A.** (1909), Über den Standort der Industrien. Mohr, Tübingen
- Xiao, N., Bennett, D., & Armstrong, M.** (2002). Using evolutionary algorithms to generate alternatives for multiobjective site-search problems. Environment and Planning A, 34(4), 639-656. <http://dx.doi.org/10.1068/a34109>
- Xu, J., Liu, Q., & Wang, R.** (2008). A class of multi-objective supply chain networks optimal model under random fuzzy environment and its application to the industry of Chinese liquor. Information Sciences, 178(8), 2022-2043. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2007.11.025>
- Yang, C. L., Chuang, S. P., Huang, R. H., & Tai, C. C.** (2008). "Location selection based on AHP/ANP approach," in Industrial Engineering and Engineering Management 2008 (IEEM 2008) s.1148-1153.
- Yang, L., Jones, B., & Yang, S.** (2007). A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms. European Journal Of Operational Research, 181(2), 903-915. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.003>
- Yapıcı, Y.** (2015) Kişisel görüşme.
- Yapicioglu, H., Smith, A., & Dozier, G.** (2007). Solving the semi-desirable facility location problem using bi-objective particle swarm. European Journal Of Operational Research, 177(2), 733-749. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.020>
- Yardım, M. S., Ağrikli, M.** (2005). Otomatik Otoparklar ve Türkiye'deki Otopark Probleminin Çözümü İçin Uygulama Potansiyeli. 6. Ulaştırma Kongresi, İMO İstanbul Şubesi.
- Yardım, M. S., Demir, A.** (2009, Ekim). İstanbul Otopark Yönetimde Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Kullanımı. 8. Ulaştırma Kongresi, İMO İstanbul Şubesi, Poster Sunum.
- Yeniay, Ö.** (2005). Penalty function methods for constrained optimization with genetic algorithms. Mathematical and Computational Applications, 10(1), 45-56.
- Yong, D.** (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 28(7-8), 839-844. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-004-2436-5>
- Url-1** <http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=358> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-2** <http://www.tuik.gov.tr/HbGetir.do?id=18763&tb_id=2> erişim tarihi 25.12.2015.

- Url-3** <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/BilgiHizmetleri/Yayinlar/FaaliyetRaporlari/Documents/2013/ibb_faaliyet_Raporu_pdf/ibb_faaliyetraporu2013.pdf> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-4** <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ulasimPlanlama/Documents/%C4%B0UAP_Ana_Raporu.pdf> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-5** <<http://www.woehr.de/en/project/items/philadelphia-multiparker-710.html>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-6** <<http://www.ispark.com.tr/projeler/tam-otomatik-otopark/>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-7** <<http://www.woehr.de/en/product/items/parksafe-580.html>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-8** <<http://www.woehr.de/en/project/items/tel-aviv-slimparker-557.html>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-9** <https://www.woehr.de/tl_files/uploads/woehr/downloads/datasheets/parksafe/de/580-582-583.pdf> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-10** <http://www.gib.gov.tr/fileadmin/user_upload/Tebliğler/Emlak_Vergisi/64_serno_emlakvergenteb_ek.xls> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-11** <<http://www.milliyet.com.tr/6-katli-binanin-yikim-maliyeti-20-bin-tl-olur/ekonomi/ekonomidetay/07.08.2012/1577309/default.htm>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-12** <<http://gis.sislibelediyesi.com/>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-13** <<http://rapory.tuik.gov.tr/01-12-2015-02:21:20-18018892603776310701102397333.html>> erişim tarihi 01.12.2015.
- Url-14** <<http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ImarMd/Documents/otoparkyon.pdf>> erişim tarihi 25.12.2015.
- Url-15** <<https://www.sisli.bel.tr/DIGIKENTEBELEDIYE/faces/page/rayic.jsp>> erişim tarihi 25.12.2015.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Tolga KARASAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 1989, İstanbul
E-posta : tolgakarasay@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İzmir Ekonomi Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- Maer & Partners Mimarlık, 2012
- İzmir Ekonomi Üniversitesi Proje ve İnşaat Müdürlüğü, 2012
- Söke Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, 2011
- Maer & Partners Mimarlık, 2010