

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

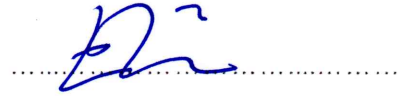
**Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Abdullah TÜRK tarafından hazırlanan**

**TERSANE KURULUŞ YERİ SEÇİMİ VE YERLEŞİMİNİN GENETİK ALGORİTMA
TABANLI OLARAK YAPILMASI**

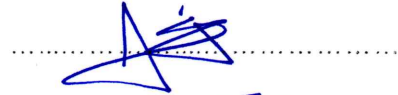
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 21 / 05 / 2019 gün ve 1805 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ercan KÖSE



Üye : Prof. Dr. İsmail Hakkı HELVACIOĞLU



Üye : Doç. Dr. Murat ÖZKÖK



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bir tersane için maliyet, tersanenin kurulumundan bir geminin inşasının bitimine dek ciddiyle takip edilmesi gereken önemli bir konudur. Bu maliyetleri oluşturan ana etkenlerin başında ise tersane kuruluş yerinin belirlenmesi ve geminin inşası sırasında ortaya çıkan malzeme taşıma maliyetleri gelmektedir. Bu maliyetleri minimize etmek için çok kriterli karar verme yöntemleri ile genetik algoritmalar gibi meta sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. Sunulan tez çalışmasında, ilk yatırım maliyetleri çok yüksek olan tersane kuruluş yeri seçimi ile gemi inşası sırasında oluşan malzeme taşıma maliyetinin minimum olmasını sağlayan optimal yerleşim düzeninin elde edilmesiyle ilgili bir çalışma yapılmıştır.

Öncelikle tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam ve aynı zamanda K.T.Ü. Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Bölüm Başkanı olan Sayın Doç. Dr. Murat ÖZKÖK'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmam boyunca her türlü desteği ile tez çalışmamın oluşumunda büyük emeği olan Sayın Arş. Gör. Samet GÜRGEN'e teşekkür ederim. Ayrıca bölümdeki diğer tüm hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunmak isterim.

Son olarak, tez çalışmam boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen sevgili eşim Sema Nur TÜRK'e, gülücükleri ve neşesiyle her zaman moral kaynağım olan sevgili kızım Zeynep Asel TÜRK'e ve bana her türlü desteği sağlayarak beni bugünlere getiren haklarını hiçbir zaman ödeyemeyecek olduğum sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Abdullah TÜRK

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tersane Kuruluş Yeri Seçimi ve Yerleşiminin Genetik Algoritma Tabanlı Olarak Yapılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Murat ÖZKÖK’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2019



Abdullah TÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. İşletmenin Kuruluş Yeri Seçimi.....	2
1.2.1. Kuruluş Yeri Tanımı.....	2
1.2.2. Kuruluş Yerinin Yanlış Seçilmesinin Olumsuzlukları.....	2
1.2.3. Kuruluş Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler.....	3
1.2.4. Yeni Bir Kuruluş Yeri İhtiyacının Ortaya Çıkma Nedenleri.....	4
1.2.5. Kuruluş Yeri Seçim Aşamaları.....	4
1.2.6. Kuruluş Yeri Seçim Problemlerinin Sınıflandırılması.....	5
1.2.7. Kuruluş Yeri Seçimde Kullanılan Yöntemler.....	6
1.3. Tesis Yeri Yerleşimi.....	8
1.3.1. Tesis Yerleşiminin Tanımı.....	8
1.3.2. Tesis Yerleşiminin Önemi ve Amacı.....	8
1.3.3. Tesis Yerleşim Problemleri (TYP).....	9
1.3.4. TYP’de Kullanılan Matematiksel Modeller.....	15
1.3.5. TYP İçin Çözüm Yaklaşımları.....	20
1.4. Literatür Araştırması.....	24
1.5. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı.....	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	31
2.1. Yöntem.....	31
2.1.1. Bulanık Mantık.....	31

2.1.1.1.	Bulanık Mantığın Genel Özellikleri.....	33
2.1.1.2.	Bulanık Mantığın Avantajları.....	34
2.1.1.3.	Üyelik Fonksiyonu Kavramı.....	34
2.1.1.4.	Bulanık Mantıkta Durulaştırma İşlemi.....	36
2.1.1.5.	Tersane Kuruluş Yeri Seçimi İçin Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS.....	37
2.1.1.6.	Bulanık AHP Yönteminin Aşamaları.....	38
2.1.1.7.	Tutarlılık Kontrolü.....	42
2.1.2.	Bulanık TOPSIS Yöntemi.....	43
2.1.3.	Genetik Algoritmalar.....	45
2.1.3.1.	Genetik Algoritmalarda Temel Kavramlar.....	47
2.1.3.2.	Genetik Algoritmalarda Kodlama Türleri.....	48
2.1.3.3.	Genetik Algoritmalarda Genetik Operatörler.....	50
2.1.3.3.1.	Doğal Seçilim veya Çoğalma Operatörü.....	51
2.1.3.3.2.	Çaprazlama Operatörü.....	54
2.1.3.3.3.	Mutasyon Operatörü.....	60
2.1.3.4.	Genetik Algoritmalarda Kontrol Parametreleri.....	62
2.2.	Uygulama.....	63
2.2.1.	Tersane Kuruluş Yeri Seçimi Uygulaması.....	63
2.2.2.	Tersane Yerleşim Problemi Uygulaması.....	75
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	88
3.1.	Tersane Kuruluş Yeri Seçimi.....	88
3.2.	Tersane Yerleşim Düzenlemesi.....	93
4.	SONUÇLAR.....	95
5.	ÖNERİLER.....	97
6.	KAYNAKLAR.....	98
7.	EKLER.....	112

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

TERSANE KURULUŞ YERİ SEÇİMİ VE YERLEŞİMİNİN GENETİK ALGORİTMA
TABANLI OLARAK YAPILMASI

Abdullah TÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gemi İnşaatı ve Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Murat ÖZKÖK
2019, 111 Sayfa, 12 Sayfa Ek

Finansal konular üzerinde ciddiyle durulması gereken büyük işletmelerden biri de tersanelerdir. Finansal konular içerisinde maliyetler önemli bir yer tutmaktadır. Bu maliyetleri oluşturan en önemli etken ise ilk yatırım maliyetleridir. Bir tersanenin kuruluş yeri seçimi ve yerleşimi ile ilgili konular, ilk yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturur. Tersanenin ilk yatırım maliyeti oldukça yüksek olduğundan kuruluş yeri seçimi ve yerleşiminde yapılan en ufak yanlışlıklar bile tersane kurulduktan sonra ortaya çıkan maliyetlerin fazla olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, bir geminin inşa maliyetleri çok yüksek olduğundan tersane kuruluş yeri seçiminde ve yerleşiminde yapılan yanlışlıklar bu maliyetin daha da artması ve gemi teslim süresinin uzaması gibi büyük sorunlara yol açar. Bu tezin amacı, yukarıda belirtilen olumsuzlukları minimum seviyeye indirmek veya mümkünse ortadan kaldırmak için bir tersane kurmak isteyen yatırımcıya hem kuruluş yeri seçimi hem de yerleşimi konusunda yardımcı olacak bütünleşik bir çalışma sunmaktır. Tersane kuruluş yeri seçimi için bulanık AHP ile bulanık TOPSIS yöntemi birlikte uygulanmıştır. Optimal tersane yerleşimi için ise popülasyon tabanlı optimizasyon tekniklerinden biri olan genetik algoritmalar kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik algoritma, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Tersane kuruluş yeri seçimi, Tersane yerleşimi, Optimizasyon teknikleri

Master Thesis

SUMMARY

SHIPYARD LOCATION SELECTION AND LAYOUT BASED ON GENETIC
ALGORITHM

Abdullah TÜRK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Naval Architecture and Marine Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Murat ÖZKÖK
2019, 111 Pages, 12 Pages Appendix

Shipyards are one of the big businesses that need to be seriously focused on financial issues. Costs play an important role in financial issues. The most important factor constituting these costs is the initial investment costs. Issues related to the location selection and layout of a shipyard are the major part of the initial investment cost. Since the initial investment cost of the shipyard is quite high, even the smallest mistakes made in facility location selection and facility layout cause the costs to be higher after the shipyard is built. Furthermore, because the costs of building a ship are very high, mistakes that in shipyard location selection and layout can lead to major problems such as a further increase in this cost and a longer lead time. The aim of this thesis is to present an integrated study that help both the facility location selection and facility layout to the investor who wants to establish a shipyard to minimize or if possible eliminate the problems mentioned above. Fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS method were applied together to select shipyard location. Genetic algorithms, one of the population-based optimization techniques, were used for optimal shipyard layout.

Key Words: Genetic algorithm, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Shipyard location selection, Shipyard layout, Optimization techniques

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Kuruluş yeri seçim problemlerinin sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.2. Kuruluş yeri seçim problemleri çözüm yöntemleri.....	7
Şekil 1.3. Yerleşim tipleri (a) tek sıralı yerleşim, (b) çok sıralı yerleşim.....	11
Şekil 1.4. Yerleşim tipleri (a) döngüsel yerleşim, (b) küme yerleşimi.....	11
Şekil 1.5. Tek sıralı yerleşim (a) doğrusal yerleşim, (b) yarı döngüsel yerleşim.....	12
Şekil 1.6. Tek sıralı yerleşim (a) U şekilli yerleşim, (b) kıvrımlı yerleşim.....	12
Şekil 1.7. Bir DTYP örneği (6 departman ve 3 periyot)	14
Şekil 1.8. TYP’de kullanılan matematiksel modeller.....	17
Şekil 1.9. Yerleşim gösterimleri (a) kesikli gösterim (b) sürekli gösterim.....	18
Şekil 1.10. Grafik teorisi örnek yerleşimi.....	18
Şekil 1.11. TYP çözüm yöntemleri.....	20
Şekil 1.12. Meta sezgisel yöntemlerin sınıflandırılması.....	24
Şekil 2.1. Klasik küme teorisi için yaş örneği.....	32
Şekil 2.2. Bulanık küme teorisi için yaş örneği.....	32
Şekil 2.3. Bulanık küme teorisi için örtüşüm örneği.....	33
Şekil 2.4. Üçgensel bulanık sayıların grafiksel gösterimi.....	35
Şekil 2.5. Üyelik fonksiyonu tipleri (a) üçgen tipi, (b) yamuk tipi.....	36
Şekil 2.6. Üyelik fonksiyonu tipleri (a) gauss tipi, (b) çan eğrisi tipi.....	36
Şekil 2.7. GA akış diyagramı.....	48
Şekil 2.8. Gen, kromozom ve popülasyon kavramı.....	49
Şekil 2.9. Kodlama biçimleri (a) ikili kodlama, (b) sıralı kodlama.....	50
Şekil 2.10. Kodlama biçimleri (a) değer kodlama, (b) ağaç kodlama.....	50
Şekil 2.11. Rulet tekerleğinde aday çözümlerin uygunluk değeri skalası.....	52
Şekil 2.12. Rulet tekerleği çarkı gösterimi.....	53
Şekil 2.13. Turnuva seçim metodu.....	54
Şekil 2.14. İkili kodlama çaprazlama türleri (a) tek noktalı, (b) çok noktalı.....	56
Şekil 2.15. PMX çaprazlama.....	56
Şekil 2.16. OX çaprazlama.....	57
Şekil 2.17. CX çaprazlama.....	58

Şekil 2.18. OX2 çaprazlama.....	58
Şekil 2.19. MPX çaprazlama.....	59
Şekil 2.20. PBX çaprazlama.....	59
Şekil 2.21. GX çaprazlama.....	60
Şekil 2.22. Takas mutasyonu.....	61
Şekil 2.23. Tersine çevirme mutasyonu.....	61
Şekil 2.24. Karıştırma mutasyonu.....	62
Şekil 2.25. Tersane kuruluş yeri seçiminde izlenen adımlar.....	64
Şekil 2.26. Alt ve ana kriterler ile alternatifler.....	65
Şekil 2.27. Tersane tesis yerleşim düzenlemesi için oluşturulan programın ara yüzü.....	76
Şekil 2.28. Programın girdiler bölümü.....	77
Şekil 2.29. Genetik operatörler için örnek bir seçim gösterimi.....	78
Şekil 2.30. Programın çıktı bölümü.....	79
Şekil 2.31. Minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı.....	79
Şekil 2.32. Yerleşim düzeni yapılacak tersane sahası.....	80
Şekil 2.33. Tersane yerleşimi için kullanılacak olan kromozom yapısı.....	82
Şekil 3.1. Ana kriterlerin önem dereceleri.....	88
Şekil 3.2. İşçilik alt kriterlerinin önem dereceleri.....	89
Şekil 3.3. Çevre alt kriterlerinin önem dereceleri.....	90
Şekil 3.4. Bölge özellikleri alt kriterlerinin önem dereceleri.....	90
Şekil 3.5. Sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin önem dereceleri.....	91
Şekil 3.6. Finans ve vergi alt kriterlerinin önem dereceleri.....	91
Şekil 3.7. Alternatiflerin sıralanması.....	92
Şekil 3.8. Tüm alt kriterler için dengelenmiş önem değerleri (%).....	93
Şekil 3.9. Deney 3 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni.....	93
Şekil 3.10. Deney 3 sonucunda elde edilen minimum maliyet/iterasyon sayısı diyagramı.....	94
Ek Şekil 1. Deney 1 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni.....	121
Ek Şekil 2. Deney 2 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni.....	121
Ek Şekil 3. Deney 4 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni.....	121
Ek Şekil 4. Deney 5 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni.....	121
Ek Şekil 5. Deney 1 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı.....	122

Ek Şekil 6. Deney 2 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı.....	122
Ek Şekil 7. Deney 4 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı.....	123
Ek Şekil 8. Deney 5 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı.....	123



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. İlham kaynağına göre optimizasyon algoritmaları.....	25
Tablo 2. Klasik AHP için Saaty tarafından önerilen önem skalası.....	38
Tablo 3. Örnek bir dilsel ölçek ve bulanık sayı karşılıkları.....	39
Tablo 4. Rulet tekerleği çarkı için verilen aday çözümlerin bilgileri.....	52
Tablo 5. Sıralama seçilimi için verilen aday çözümlerin bilgileri.....	53
Tablo 6. Tersane kuruluş yeri seçiminde belirlenen alt kriterler.....	66
Tablo 7. Alt ve ana kriterler için dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları.....	67
Tablo 8. Alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesi için dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları.....	67
Tablo 9. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	67
Tablo 10. Uzman 1 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	67
Tablo 11. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi ile ilgili anketin bulanık sayılara dönüştürülmesi.....	68
Tablo 12. Ana kriterler için birleştirilmiş karar matrisi.....	69
Tablo 13. Fayda kriterleri için birleştirilmiş karar matrisi.....	69
Tablo 14. Maliyet kriterleri için birleştirilmiş karar matrisi.....	70
Tablo 15. Birleştirilmiş karar matrisleri için tutarlılık oranları.....	70
Tablo 16. Ana kriterler için kriter ağırlıkları.....	70
Tablo 17. Alt kriterlerin ağırlıkları.....	71
Tablo 18. Maliyet kriterleri için normalizasyon sonucunda oluşan bulanık değerler.....	72
Tablo 19. Fayda kriterleri için normalizasyon sonucunda oluşan bulanık değerler.....	72
Tablo 20. Ağırlıklandırılmış genel bulanık karar matrisi.....	73
Tablo 21. Her bir kriter için A^* ve A^- bulanık değerleri.....	74
Tablo 22. Her bir alternatifin kriterlere olan $d_{(x,y)}^-$ ve $d_{(x,y)}^*$ mesafeleri.....	74
Tablo 23. Alternatifler için yakınlık katsayıları ve sıralaması.....	75
Tablo 24. Tersane yerleşimi için departman bilgileri.....	81
Tablo 25. Departmanlar arasındaki yakınlık ilişkileri.....	81
Tablo 26. Departmanlar arasındaki malzeme akışı.....	84

Tablo 27. Departmanlar arasındaki birim hacim ve mesafe başına düşen maliyet.....	85
Tablo 28. Departmanlar arasındaki mesafe.....	86
Tablo 29. Optimal yerleşim ve minimum malzeme taşıma maliyeti için yapılan deneyler.....	87
Tablo 30. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen malzeme taşıma maliyetleri.....	87
Ek Tablo 1. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	112
Ek Tablo 2. Uzman 2 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	112
Ek Tablo 3. Uzman 3 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	112
Ek Tablo 4. Uzman 4 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	113
Ek Tablo 5. Uzman 5 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	113
Ek Tablo 6. Uzman 1 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	113
Ek Tablo 7. Uzman 2 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	113
Ek Tablo 8. Uzman 3 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	114
Ek Tablo 9. Uzman 4 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	114
Ek Tablo 10. Uzman 5 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	114
Ek Tablo 11. Uzman 1 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	114
Ek Tablo 12. Uzman 2 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	115
Ek Tablo 13. Uzman 3 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	115
Ek Tablo 14. Uzman 4 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	115
Ek Tablo 15. Uzman 5 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	115
Ek Tablo 16. Uzman 1 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	116

Ek Tablo 17. Uzman 2 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	116
Ek Tablo 18. Uzman 3 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	116
Ek Tablo 19. Uzman 4 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	116
Ek Tablo 20. Uzman 5 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	117
Ek Tablo 21. Uzman 1 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	117
Ek Tablo 22. Uzman 2 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	117
Ek Tablo 23. Uzman 3 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	117
Ek Tablo 24. Uzman 4 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	117
Ek Tablo 25. Uzman 5 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	118
Ek Tablo 26. Uzman 1 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	118
Ek Tablo 27. Uzman 2 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	118
Ek Tablo 28. Uzman 3 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	118
Ek Tablo 29. Uzman 4 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	118
Ek Tablo 30. Uzman 5 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket.....	119
Ek Tablo 31. Uzman 1 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	119
Ek Tablo 32. Uzman 2 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	119
Ek Tablo 33. Uzman 3 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	120
Ek Tablo 34. Uzman 4 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	120
Ek Tablo 35. Uzman 5 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi.....	120

SEMBOLLER DİZİNİ

AHP	: Analitik hiyerarşi prosesi
c_{ij}	: Birim malzeme başına i departmanından j departmanına taşıma maliyeti
CCI	: Merkezi tutarlılık indeksi (Centric consistency index)
CRAFT	: Bilgisayarla tesislerin görelî yerleştirilmesi tekniği (Computerized relative allocation of facilities technique)
CX	: Döngüsel çaprazlama (Cycle crossover)
ÇAKV	: Çok amaçlı karar verme
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
ÇÖKV	: Çok ölçütlü karar verme
d_{ij}	: i ve j departmanları arasındaki mesafe
DTYP	: Dinamik tesis yerleşim problemi
f_{ij}	: i ve j departmanları arasındaki malzeme akışı
GA	: Genetik algoritmalar
GCI	: Satır geometrik ortalama metodu (Row geometric mean method)
GX	: Açgözlü çaprazlama (Greedy crossover)
KAP	: Karesel Atama Problemi
MPX	: Maksimum koruyucu çaprazlama (Maximal Preservative Crossover)
N	: Departman / tesis sayısı
OX	: Sıralı çaprazlama (Ordered crossover)
OX2	: Sıra tabanlı çaprazlama (Ordered based crossover)
p_c	: Çaprazlama olasılığı (Probability of crossover)
p_m	: Mutasyon olasılığı (Probability of mutation)
PBX	: Pozisyon tabanlı çaprazlama (Position Based Crossover)
PMX	: Kısmi eşlenmiş çaprazlama (Partially mapped crossover)
STYP	: Statik tesis yerleşim problemi
TOPSIS	: İdeal çözüme benzerlik bakımından sıralama (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions)
TYP	: Tesis yerleşim problemi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bir işletme için en önemli unsurların başında maliyet gelir. Bu maliyetlerin başında da üretim, malzeme, personel giderleri ile malzeme taşıma ve ilk yatırım maliyetleri bulunmaktadır. Bu maliyetlerin sayısı ve miktarı işletmenin ilgili olduğu alana göre değişiklik gösterebilir. İşletmenin rekabet gücünü arttırarak hizmet vermek istediği bir alanda büyüebilmesi için bu maliyetlerin mümkün olduğunca düşük seviyelerde tutulması gerekmektedir.

Bu maliyetler, yeni gemi inşa, bakım/onarım ve tadilat faaliyetlerinin yapıldığı tersanelerde çok daha önemli bir konu haline gelmektedir. Maliyet analizlerinin yapılmaya başlandığı zamandan itibaren bir tesisteki maliyetlerin büyük bir bölümünü malzeme taşıma maliyetinin oluşturduğu bilinen bir gerçektir. Özellikle yeni gemi inşa esnasında tersanedeki iş istasyonları arasında birçok iş akışları meydana gelmektedir. Tersane yerleşiminde yapılan yanlışlıklar iş akışları dolayısıyla ortaya çıkan malzeme taşıma maliyetlerini arttırdığından dolayı malzeme taşıma maliyetini asgariye seviyeye indirmek için mutlaka verimli ve etkin bir tesis yerleşim planı yapılmalıdır.

Bir tesis için maliyet analizi yapıldığında ilk yatırım maliyeti, malzeme taşıma maliyeti gibi fazladır. İlk yatırım maliyetleri içerisinde kuruluş yeri seçimi hayati önem taşımaktadır. Bir yatırımcı, yatırımını nereye ve ne şekilde yapacağını mutlaka hesaplamak zorundadır. Bu durum özellikle yeni bir tersane kurmak isteyen yatırımcı için daha da önemlidir. Tersanelerde üretilen gemiler genellikle büyük boyutlu olduğundan herhangi bir tersanenin faaliyet gösterdiği yer incelendiğinde büyük alanlar kapladığı görülmektedir. Bu büyük alanlar içerisinde hangarlar, stok sahası, panel hattı, boya atölyeleri gibi vb. departmanlar bulunmaktadır. Bu departmanlar için gerekli ilk yatırım maliyeti oldukça yüksek olduğundan yeni bir tersane kurmak isteyen yatırımcı bu etkenleri dikkate alıp finansal kaynaklarını doğru yerlere yönlendirmesi son derece zaruridir.

Bu tezde tersaneler için hayati önem taşıyan kuruluş yeri seçimi ve yerleşimini bir arada ele alan bir çalışma yer almaktadır. Bunun için ilk olarak tersanenin kuruluş yeri seçimi ile ilgili konular ele alınıp bir uygulaması yapılacak ve hemen ardından tersane yerleşimi ile ilgili konular incelenip uygulaması gerçekleştirilecektir.

1.2. İşletmenin Kuruluş Yeri Seçimi

1.2.1. Kuruluş Yeri Tanımı

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte dünyada yaşayan insanların ekonomik, siyasi, iletişim sosyal açılardan birbirine yakınlaşması küreselleşme kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu durum her alanda rekabeti beraberinde getirmektedir. Küreselleşme ve paralelinde artan rekabet şartları incelendiğinde, bir işletmenin hem iç hem de dış piyasada rakipleriyle rekabet etmesinin temel unsurlarının başında maliyetlerin mümkün olduğunca azaltılması gelmektedir [1]. Küreselleşme ile beraber tüm sınırlar kalkmıştır ve ürünlerin insan hizmetine sunulduğu tüm pazarlar, bütün firma ve işletmeler için ortak bir paylaşım yeri haline gelmiştir.

Bir işletmenin tedarik, üretim, depolama, dağıtım ve ekonomik faaliyetlerini uzun bir zaman dilimi içerisinde sürdüreceği coğrafi yer, kuruluş yeri olarak tanımlanmaktadır [2]. Bir işletme tarafından kuruluş yeri olarak seçilecek coğrafi konum, en düşük maliyet ve yüksek kâr elde edebileceği, amaçlarını uzun dönemde gerçekleştirebileceği yerdir [3].

1.2.2. Kuruluş Yerinin Yanlış Seçilmesinin Olumsuzlukları

Bir yere işletme kurmak isteyen bir yatırımcı/girişimci, işletmeyi kurduğu yerde uzun bir zaman dilimi için faaliyetlerini sürdürmek isteyecektir. Çünkü kuruluş yeri seçimi kararı yanlış olduğunda hemen geri dönülecek bir karar değildir. Bunun yatırımcıya çok yüksek maliyetlerde geri dönüşü olacaktır. Yanlış alınmış bir kuruluş yeri seçimi kararı aşağıdaki olumsuzluklara sebep olabilir:

- Hizmet ve ürün kalitesinin düşmesine,
- Rekabet gücünün azalmasına ve finansal kayıplara,
- İşgücü ve hammaddenin verimli bir şekilde kullanılmamasına,
- Yüksek ulaşım giderlerine,
- Başarısız girişimlere ve kaynak israfına sebep olabilir [4].

1.2.3. Kuruluş Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler

Bir firma kuruluş yeri seçmeden önce hangi alanda hizmet vereceğini ve ne tür ürünler ortaya koyacağını belirlemelidir. Kuruluş yeri faktörleri kavramı, coğrafi bir konumun belirli bir üretim birimiyle ilgili olarak gerekli olan tüm şartlar ve özellikler olarak tanımlanır. Satıcı ve Alıcı [5] bu faktörleri şu şekilde sıralamıştır:

- Tedarik ile ilgili faktörler
- Üretim ile ilgili faktörler
- Pazarlama ile ilgili faktörler
- Taşıma ve haberleşme ile ilgili faktörler
- Dışsal yığılma ekonomileri ile ilgili faktörler

Bir işletmenin tedarik ile ilgili kuruluş yeri faktörleri; malzeme, sabit yatırım malları, işgücü, yan hizmetler, kredi ve devlet yardımları olarak sayılabilir. İşletmenin üretim ile ilgili kuruluş yeri faktörleri; jeolojik yapı, iklim özellikleri, enerji kaynaklarına yakınlığı gibi etkenler olabilir. İşletmenin pazarlama ile ilgili en önemli kuruluş yeri faktörü, ürettiği ürünü satabileceği pazarlara yakınlığıdır. Çünkü işletme için ürünü istenilen yere taşıma işlemi büyük maliyetlere yol açabilir. Taşıma ve haberleşme ile ilgili kuruluş faktörleri içerisinde en önemli etken; kara, hava ve deniz yollarının varlığı ve bunların kullanılabilme derecesi olarak düşünülebilir.

Kuruluş yeri seçim faktörleri, çevresel ve ekonomik faktörler olarak da ifade edilebilmektedir. Çevresel faktörler; doğal, mali, politik, sosyal, yasal, ulusal ve uluslararası olan ve bir işletmenin kontrolü dışında meydana gelen koşullardır. Ekonomik faktörler; maliyet ve kârlılık etkileri olan, işletmeyi yöneten kişilerin aldığı kararlarla etkilenen faktörlerdir [6].

Kuruluş yeri seçimi faktörleri, fiziksel ve fiziksel olmayan faktörler olarak da sınıflandırılabilir. Fiziksel faktörler; taşıma maliyetleri, işgücü maliyetleri, sermaye maliyetleri, maliyet girdileri gibi sayısal olarak ifade edilebilen faktörlerdir. Fiziksel olmayan faktörler; yaşam şartları, eğitim kurumları, iklim, kamu hizmetlerinin varlığı, toplum yapısı gibi sayısal olarak ifade edilemeyen faktörlerdir [7].

Kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörler çağın gerekliliklerine göre değişebilmektedir. Bu sebeple kuruluş yeri seçerken faktörlerin sayısı önemli değildir. İstenilen faktörlerin en optimum şekilde bir arada bulunduğu yeri seçebilmek önemlidir.

1.2.4. Yeni Bir Kuruluş Yeri İhtiyacının Ortaya Çıkma Nedenleri

Yeni bir kuruluş yeri fikrinin ortaya çıkması birçok etkene göre değişmektedir. Bu etkenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yeni bir tesis kurulması
- Teknolojik yenilenmeler, yönetim değişiklikleri, üretilen üründe yapılan tasarım değişiklikleri veya yeni ürün tasarımları
- Talep durumunun değişmesi ile beraber ürün için pazar değişikliği olabileceğinden alıcıya daha kaliteli ve hızlı hizmet vermek için işletmenin yerinin değiştirilmesi
- Ekonomik ve politik durumun değişmesi
- Yeni makine alımları
- Çevre kaynaklı olumsuzlukların işletme üzerinde negatif etkileri
- Daha büyük bir kapasite ihtiyacı [8]

1.2.5. Kuruluş Yeri Seçim Aşamaları

Kuruluş yeri seçim aşamalarını şu şekilde sıralanabilir:

- Ülke seçimi
- Coğrafi bölge seçimi
- Yerleşim bölgesi seçimi
- Konum yeri seçimi

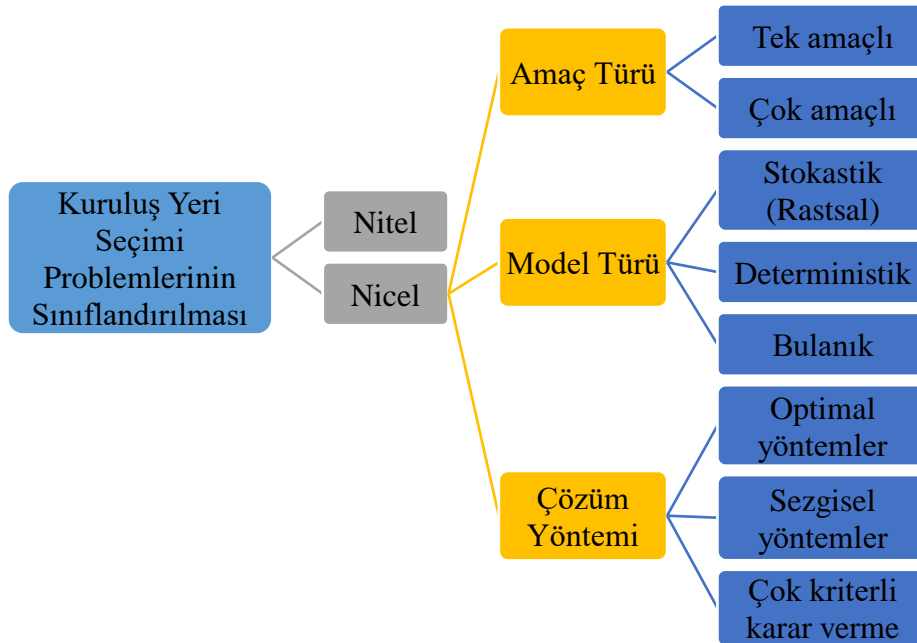
İnternet, e-mail, faks, video gibi teknolojik gelişmelerin hızla artması sonucunda mesafe kavramının önemi ortadan kalkmaya başlamış ve işletmeler, kuruluş yeri seçimi ile ilgili olarak buldukları ülke dışından da yer seçebilme imkânı elde etmiştir. Küreselleşen dünya ile çok uluslu şirket kavramı ortaya çıkmıştır ve durum firmaların başka ülkelerde kuruluş yeri seçebilmesi için bir seçenek haline gelmiştir. Ülke seçimi yapıldıktan sonra kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörler göz önüne alınarak coğrafi bölge seçimi yapılır. Coğrafi bölge seçimi yapıldıktan sonra ise yerleşim bölgesi seçimi yapmak için o yerleşim bölgesinde arsa maliyeti, işgücü temini ve maliyeti, enerji, sağlık ve eğitim kuruluşlarının varlığı gibi etkenler dikkate alınır seçim yapılabilir. Son aşama olarak ise arazinin alanı ve topografik yapısı, imar yapısı, diğer işletmelere ve endüstri bölgelerine yakınlığı gibi etkenler göz önünde bulundurularak konum yeri seçimi yapılır.

Ruddel [9] kuruluş yeri seçim aşamalarını, işletme kurulacak bölgenin seçimi, bölgenin belirli bir yerinin seçimi ve belirlenen yerde işletme için arazinin seçimi olarak sıralamıştır. Kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörlerde olduğu gibi kuruluş yeri seçim aşamaları da zamana ve çağın gerekliliklerine göre değişebilir. Önemli olan aşamaların sayısı değil, en optimum yeri sağlıklı bir şekilde tespit etmektir.

Kuruluş yeri ile ilgili ifade edilen bütün faktörler ve etkenler tersaneler için de geçerlidir. Çünkü yeni bir tersane kurmak çok maliyetli bir süreçtir. Bu nedenle yeni bir tersane kuruluş yerini doğru bir şekilde tespit edebilmek için bu faktör ve etkenler çok dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir.

1.2.6. Kuruluş Yeri Seçim Problemlerinin Sınıflandırılması

Kuruluş yeri seçimi problemleri ile ilgili olarak şimdiye kadar birçok farklı çözümler ortaya konulmuştur. Bunlar genellikle nitel ve nicel faktörlere dayalı problemler olarak düşünülebilir. Nicel faktörlere dayalı problemler için sayısal verilere dayalı çözüm yaklaşımları kullanıldığından dolayı bu tür problemlere eğilim, nitel faktörlere dayalı problemlere göre daha fazla olmaktadır. Kaya [10] yaptığı çalışmasında bu sınıflandırmayı Şekil 1.1'deki gibi yapmaktadır:



Şekil 1.1. Kuruluş yeri seçim problemlerinin sınıflandırılması

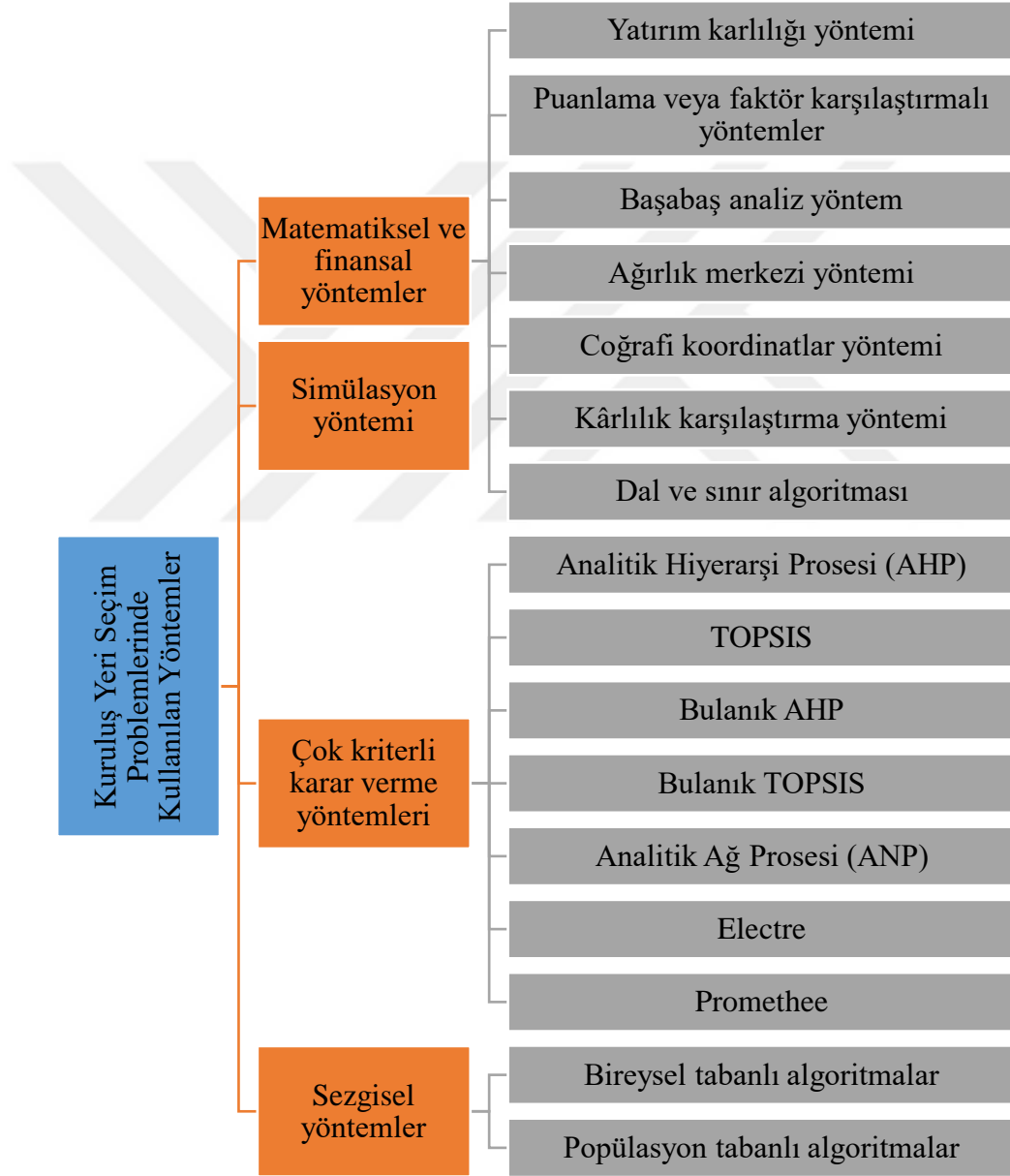
Owen ve Daskin [11] tesis yeri problemlerinin stokastik veya tesis yeri yapısını dikkate alarak bir araştırma yapmıştır. Stokastik yapıyı, belirsiz parametrelerin olasılık dağılımını göz önünde bulunduran ve senaryo planlamasıyla belirsizliği yakalayan olarak iki kısımda incelemiştir. Arabani ve Farahani [12] tesis yeri problemleri için statik tesis yeri problemlerinin sistem gereksinimlerini karşılayamadığını belirtmiş ve bu nedenle dinamik tesis yeri problemlerinin yönlerini ve özelliklerini açıklamıştır. Ayrıca çalışmalarında, literatürdeki dinamik tesis yeri problemlerini incelemekle kalmayıp matematiksel formülasyonlarını genel bir bakış açısıyla sunmuşlardır. Bu gibi çalışmalarından da görüldüğü gibi kuruluş yeri seçim problemleri için birçok değişik amaçla sınıflandırma yapabilmek mümkündür.

1.2.7. Kuruluş Yeri Seçimde Kullanılan Yöntemler

Kuruluş yeri problemleri gerçek hayatta sıklıkla karşılaşılan bir durum olduğundan ister özel isterse de kamu kurumu olsun bütün kuruluşlar bu problemle karşılaşabilmektedir [13]. Kuruluş yeri seçimi yapmak isteyen bir firma deneyimlerine, işletme veya arkadaş önerilerine ne kadar güvense de uluslararası düzeyde iş yapabilmesi için mutlaka bilimsel yöntemler kullanma gereksinimi duymaktadır [14]. Kuruluş yeri seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle son yıllarda sayısal yöntemler kullanılarak yapılmaktadır ve bunlar arasında matematiksel programlama ve çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) sıklıkla tercih edilmektedir [15]. Şekil 1.2’de kullanılan yöntemlerin genel bir durumu gösterilmiştir. Bu yöntemler birçok çalışmada farklı şekillerde de ifade edilebilmektedir. Demirdöğen [7], Cinnioğlu [16], Demircioğlu [17], İmren [18], Önel [19], Tayalı [20], Üke [21], Abdellahi [22] ve Özer [23] yaptıkları tez çalışmalarında bu yöntemler içerisinde başabaş analiz yöntemi, kârlılık karşılaştırma yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi, yatırımların kârlılığı yöntemi gibi matematiksel ve finansal yöntemlere değinmişlerdir. Kongsomsaksakul [24], Çelebi [25] ve Özdiç [26] çalışmalarında sezgisel yöntemler kullanarak tesis yeri seçim işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Kuruluş yeri seçim problemlerinin çözümü için bir diğer yöntem çok kriterli seçim yöntemleridir. Bu yöntemde dilsel ifadeler kullanılarak elde edilen sonuçları daha sonrasında matematiksel ifadelere dönüştürülerek seçim gerçekleştirilir. Boran [27] çalışmasında, en uygun tesis yerini tespit etmek için sezgisel bir bulanık tercih ilişkisi ve sezgisel bir bulanık TOPSIS yönteminin bir birleşimini sunmaktadır. Sezgisel bulanık tercih

ilişkisi ile kriter ağırlıklarını belirlemiş ve sonrasında sezgisel bulanık TOPSIS ile alternatifleri derecelendirmiştir. Ertuğrul [28], ürettiği ürünlerdeki talep yoğunluğundan dolayı mevcut kuruluş yerini büyütmek isteyen ve bunun için de gerekli alana sahip bir tekstil firması için bulanık grup karar verme yöntemlerinden olan bulanık TOPSIS yöntemini uygulamıştır. Ashrafzadeh vd. [29], ÇKKV tekniklerinden olan bulanık TOPSIS yöntemi ile depo yeri seçimi gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 1.2. Kuruluş yeri seçim problemleri çözüm yöntemleri

1.3. Tesis Yeri Yerleşimi

1.3.1. Tesis Yerleşiminin Tanımı

Günümüz şartlarında bir işletmenin hayatta kalabilmesi geçmiş yıllara göre giderek zorlaşmaktadır. Çünkü sürekli değişen ve yenilenen teknolojik gelişmeler beraberinde işletmeleri varlığını sürdürebilmesi için rekabet etmeye sevk etmektedir. Bunu başarabilmenin en kritik etkenlerinden biri maliyetleri azaltmaktır. Bu maliyetleri azaltmak için yapılması gerekenlerin başında ise etkin ve verimli bir tesis yerleşimi yapmak gelir.

Üretim ve hizmet sistemlerini etkin bir şekilde devam ettirmek için sistemler optimal planlama ve operasyonel politikalarla düzenlenmeli ve ayrıca tasarımı iyi oluşturulmalıdır. Fiziksel yerleşimin optimal dizaynı, sistem tasarımının ilk aşamasında oldukça önemlidir [30]. Çünkü tesis yerleşim dizaynı bir üretim sistemi için çok önemli bir etkidir [31].

Tesislerin nereye yerleştirileceği ve etkin bir tesis dizaynı herhangi bir işletmenin karşılaştığı temel ve önemli bir stratejik konu olduğundan dolayı tesis yerleşimini, bir üretim sisteminin fiziksel organizasyonunun incelenmesi olarak tanımlamak mümkündür [32]. Ayrıca tesis yerleşimini, sabit yatırımların ve üretim esnasındaki malzeme taşıma maliyetlerinin minimize etmek için m adet tesisin n adet yerleşime ($m \leq n$) en verimli şekilde konumlandırma işlemi olarak da tanımlanabilir [33]. Tesis yerleşimi ile ilgili olarak daha birçok tanım yapılabilir. Bu tanımlamalardaki ortak nokta; işletmedeki maliyet giderlerinin önemli bir bölümünü oluşturan malzeme taşıma maliyeti ile ilk yatırım maliyetini minimum seviyede tutmak için etkin bir yerleşimin yapılmasını sağlamaktır.

1.3.2. Tesis Yerleşiminin Önemi ve Amacı

Tesis yerleşimi konusu iki şekilde ortaya çıkmaktadır:

- Yeni bir işletme kurulması
- Mevcut işletme üzerinde değişikliklere gidilmesi (Makine ekleme/çıkarma vb.)

Yeni bir işletme kurulacağı zaman mevcut alan üzerinde en baştan plan yapılır ve en optimum yerleşim elde edilmeye çalışılır. Mevcut işletme üzerinde değişikliklere gidilmesi (robotlar veya makine ekleme/çıkarma) işlemi ise sıkıntılı bir durumdur. Çünkü mevcut işletme üzerinde yapılan değişiklikler çoğu zaman çok masraflı ve hatta mümkün değildir. Bu nedenle bir işletmenin tesis yerleşimi yapılmadan önce dikkatli davranılmalıdır [34].

Bir işletmedeki üretim giderlerinin önemli bir bölümünü malzeme taşıma maliyeti teşkil etmektedir. Immer [35] çalışmasında üretim giderlerinin %40'ını malzeme taşıma maliyetlerinin oluşturduğunu ifade etmiştir. Matson vd. [36] çalışmalarında ister yeni bir tesisin dizaynı isterse de mevcut bir tesisin yeniden dizaynı olsun, malzeme taşıma maliyetinin hayati bir önem taşıdığını ve üretim giderleri içerisinde genellikle %30-%40'ını hatta bazı endüstrilerde %70'ini oluşturduğunu ifade etmektedir. Dizaynı iyi düşünülmüş malzeme taşıma sistemleri maliyetlerin düşmesinde ve kârın artmasında önemli bir etkidir. Etkin bir tesis yerleşimi yapılmazsa hazırlık süreleri ve ara stok seviyeleri artar, malzeme taşıma sistemleri çakıştığından dolayı sistemde uzun kuyruklar oluşur [37]. Bütün bunlardan sonra tesis yerleşiminin amacını şu şekilde özetlemek mümkündür [34]:

- İstenilen kapasite ve kalite gerekliliklerini yerine getiren en ekonomik sistemi oluşturmak
- İşletmenin kullanabileceği alanı en verimli şekilde değerlendirmek
- Tesis yerleşimini etkin bir şekilde yaparak ilk yatırım maliyetini düşürmek
- Malzeme taşıma maliyeti minimize etmek
- Birim zamanda üretilen ürün sayısını arttırarak kâr oranını büyütmek
- Toplam üretim zamanını azaltmak
- İşletme yerleşiminde esnek bir yapıyı oluşturarak oluşabilecek sıkışmaları ve birikmeleri engellemek

1.3.3. Tesis Yerleşim Problemleri (TYP)

İnsanların somut bir ürün üretmek veya hizmet sağlamak için malzeme, makine ve diğer kaynakları kullandığı yapıları veya binaları tesis olarak tanımlamak mümkündür. Çeşitli iç ve dış zorluklar nedeniyle bir tesisin uygun şekilde yönetilmesi önemlidir ve böylece belirlenmiş amaç, birkaç hedefin yerine getirileceği şekilde gerçekleştirilir. Bu amaçlara örnek olarak, bir ürünün daha düşük maliyetle, daha yüksek kalitede üretilmesi ve en az miktarda doğal kaynak kullanılması dâhildir. Tesisleri, genellikle birbiriyle çelişen hedeflere ulaşılmasını sağlayacak şekilde yönetmek, bu sistemlerde karşılaşılan temel karar problemlerini anlamak açısından önemlidir.

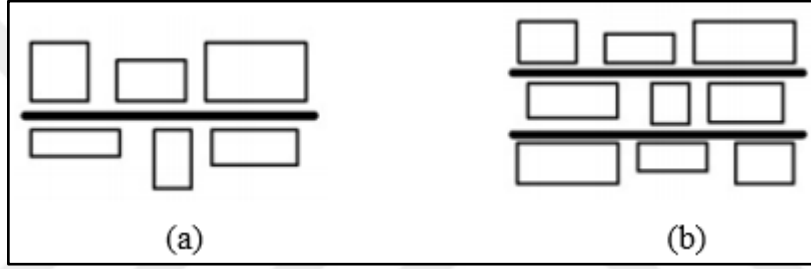
TYP ile ilgili araştırmalar disiplinli bir şekilde 1950'lerin ortasından itibaren incelenmeye başlamasına rağmen M.Ö. 4000 yılına kadar olan toplumlar TYP ile ilgili fikirlerini ortaya koymuştur. Örneğin Mısırlılar, astrolojik hesaplamalara dayalı olarak

piramitleri için uygun bir yer bulma konusunda gelişme sağladı. Romalılar M.Ö. 100 - M.S. 100 tarihleri arasında tapınaklar, arenalar, kamu ve diğer konut yerleri için ayrıntılı planlar yaparak çeşitli yöntemler geliştirdi. 1700-1900 yılları arasındaki sanayi devrimi esnasında özel üretimden seri üretime geçildi. 1910 yılından sonra Diemer [38] tarafından ilk endüstri mühendisliği ders kitabı olan “Fabrika Organizasyonu ve Yönetimi” yayınlandı. 1913 yılında Henry Ford tarafından ilk kez hareketli montaj hattı Gilbreth’in geliştirdiği iş bölümü kavramı fabrikalarda seri üretim tekniklerinin gelişmesini sağladı. 1950’lerde yöneylem araştırmalarının ortaya çıkması tesislerin dizaynı ve planlaması için analitik modellerin gelişimini sağladı. 1954 yılında Koopmans ve Beckman’ın karesel atama problemlerini (KAP) makro ve mikro düzeydeki konum problemlerinin modellenebilmesi için tanıtmasından sonra bu modellerin çözülmesi sağlandı ve TYP için çok sayıda yazılım geliştirilmeye başlandı. 1955-1995 yılları arasında KAP için optimal ve sezgisel algoritmalar geliştirildi. 1963 yılında Armour ve Buffa [39] tarafından Bilgisayarla Tesislerin Görelî Yerleştirilmesi Tekniği (CRAFT) adlı tesis yerleşimi için bir yazılım programı geliştirildi. 1980’lerin başlarında hücresele üretim teknikleri kullanılarak orta hacimli, orta çeşitlilikte üretim ile tesis genelinde esneklik ön plana çıkarılarak esnek üretim sistemleri tanıtıldı. 1985’lerden sonra günümüze kadar TYP için modern yazılımlar geliştirildi. 1990’lardan yine günümüze kadar ise dinamik yerleşimler (dynamic layouts), yeniden ayarlanabilir yerleşimler (reconfigurable layouts) ve sağlam yerleşimler (robust layouts) gibi yeni yerleşim kavramları üzerinde çalışmalar yapıldı [40]. Bütün bu gelişmelerle birlikte TYP ile ilgili çalışmaların üretim sistemlerinde ve teknolojiye bağlı olarak artacağı aşikârdır.

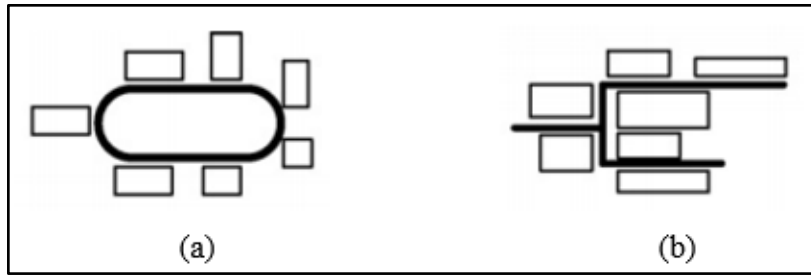
Yerleşim dizaynı genellikle ürün çeşitliliğine ve üretim kapasitesine bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden bir işletmenin tesis yerleşimi yapılmadan önce üretim sistemi belirlenmelidir. Üretim sistemleri ile ilgili genel olarak sabit ürün yerleşimi (fixed production layout), süreç bazlı yerleşim (process layout), ürün bazlı yerleşim (product layout) ve hücresele tip yerleşim (cellular layout) olmak üzere dört farklı yerleşim tipi sayabiliriz [41]. Sabit ürün yerleşiminde; personel, sarf malzemeleri ve ekipmanlar ürünün bir montaj hattından veya montaj istasyonlarından geçirilmesinden ziyade ürünün monte edileceği yere getirilir. Bu üretim sisteminde üretilecek ürünün kendisi hareket ettirilmez. Daha çok gemi ve uçak gibi büyük boyuttaki yapıların inşasında kullanılan bir üretim sistemidir. Süreç bazlı yerleşim, benzer tüm üretim işlemlerinin aynı bölümde veya alanda gruplandırıldığı üretim sistemleridir. Burada benzer fonksiyonlara sahip (aynı türden

kaynaklar) tesisler bir araya getirilir. Bu üretim sistemi, ürün çeşitliliğin fazla olduğu tesislerde kullanılır. Ürün bazlı yerleşim; iş istasyonlarının ve ekipmanların montaj hatlarında olduğu gibi üretim hattı boyunca yerleştirildiği, yüksek üretim kapasiteli ve düşük ürün çeşitliliğine sahip işletmelerde kullanılan bir üretim sistemidir. Hücresel tip yerleşim, tam zamanında üretim (just-in-time) ve grup üretimini kapsayan yalın üretimin bir alt bölümü olan üretim sürecidir. Hücresel üretimin amacı mümkün olduğu kadar çabuk hareket etmek, çok çeşitli benzer ürünler yapmak ve mümkün olduğunca az atık oluşturmaktır.

TYP için malzeme taşıma sisteminin türü de önemlidir. Çünkü malzeme taşıma sisteminin yapısı farklı yerleşimler meydana getirebilmektedir. Malzeme taşıma sistemine bağlı olarak yerleşim düzenlemeleri Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te gösterilmiştir [42]:

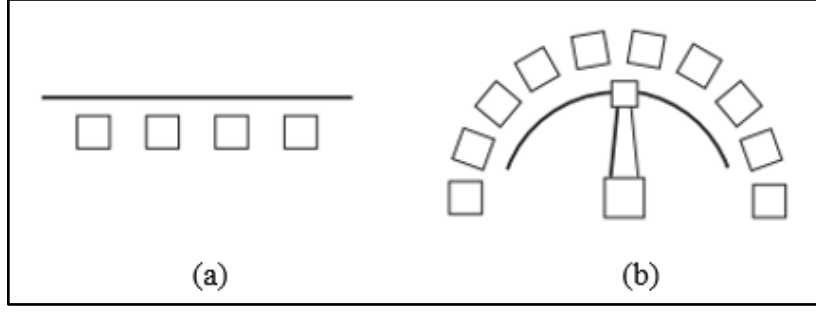


Şekil 1.3. Yerleşim tipleri (a) tek sıralı yerleşim, (b) çok sıralı yerleşim

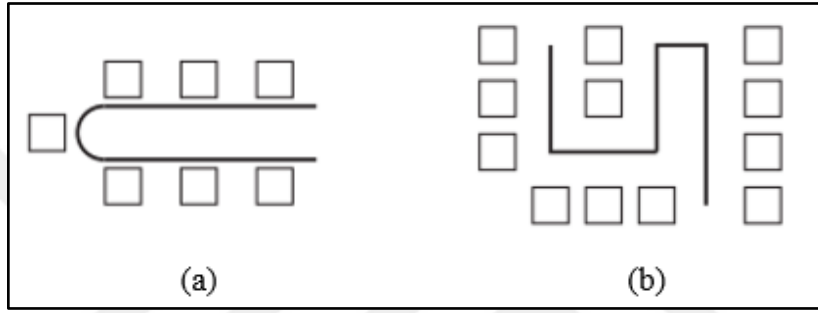


Şekil 1.4. Yerleşim tipleri (a) döngüsel yerleşim, (b) küme yerleşimi

Ayrıca Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'da tek sıralı yerleşim düzenlemeleri için farklı biçimler gösterilmiştir [42]:



Şekil 1.5. Tek sıralı yerleşim (a) doğrusal yerleşim, (b) yarı dögüsel yerleşim



Şekil 1.6. Tek sıralı yerleşim (a) U şekilli yerleşim, (b) kıvrımlı yerleşim [42].

TYP ile ilgili bir diğer önemli ayırım ise problemin statik veya dinamik oluşu ile ilgilidir. Bir işletmenin yerleşim düzenlemesi ya statik ya da dinamik yapıdadır. Statik tesis yerleşim problemi (STYP) , tesis içerisindeki departmanların en verimli ve etkin şekilde yerleşiminin belirlenmesidir. Bu ifadedeki tesis; üretim tesisleri, idari ofis binaları ve hizmet tesisleri olabilmektedir [43]. Tesisler arasındaki malzeme akışı miktarında herhangi bir değişme olmadığında problem STYP olarak tanımlanır ve KAP olarak çözümü gerçekleştirilir. KAP'ta tüm tesisler eşit alanlıdır ve yerleşim her tesisin tam olarak bir yere tahsis edildiği N eşit sayıdaki konumlara bölünmüştür [44]. Tesis içerisinde malzeme akış miktarı her zaman sabit kalmaz ve Shore ve Tompkins [45] malzeme akış miktarının aşağıdaki etkenlere göre değişiklik gösterdiğini ifade etmektedir:

- Mevcut bir ürünün tasarımındaki değişiklikler
- Ürünlerin eklenmesi veya silinmesi
- Mevcut üretim ekipmanının değiştirilmesi
- Ürün yaşam çevriminin kısılması
- Üretim miktarında ve ilgili üretim programındaki değişiklikler

Günümüzde üretim tesisleri talep, üretim kapasitesi ve karma ürün değişikliklerine hızlı bir şekilde cevap vermelidir. Çünkü değişen dünya şartları ile beraber bir üretim tesisinin satışları ürettiği yeni ürünler ve üretim kapasitesinin durumuna göre artar veya azalır. Bu nedenle birçok üretim tesisi yeni ürünlere cevap verecek şekilde yerleşim düzenlemelerini gerçekleştirmektedir. Bunu gerçekleştirmek için de tesisin dinamik bir yerleşim düzenlemesinde olması gerekmektedir. Statik bir problemde; belli sayıda departmanların olduğu bir grup, birim mesafe başına düşen birim malzeme akış maliyeti ve her bir departman çifti arasındaki malzeme akışı göz önüne alındığında, bir yerleşim içerisinde departmanlar arasındaki akış maliyetleri minimum olacak şekilde yerleşim düzenlemesi yapılmalıdır. Bu nedenle, statik bir problemde departmanlar arasındaki malzeme akışının zamanla sabit olduğu kabul edildiğinden bu eksiklik dinamik tesis yerleşim problemi (DTYP) ile giderilmeye çalışılmıştır [46]. Departmanlar arasındaki malzeme akış miktarları planlama süreleri boyunca değiştiğinde problem, DTYP olarak ifade edilmektedir [47]. Bunun anlamı, Shore ve Tompkins [45] tarafından ifade edilen malzeme akış miktarını değiştiren etkenlerden birinin oluşması problemi dinamik yapıya dönüştürmektedir.

DTYP ile ilgili ilk çalışmalar Rosenblatt [48] tarafından 1986 yılında yapılmıştır. DTYP, malzeme taşıma akışı içerisindeki birçok periyotta oluşabilecek değişiklikleri dikkate alır. Bu nedenle DTYP ile ilgili asıl soru, her periyottaki yerleşim düzenlemesi nasıl olmalıdır veya yerleşim düzenlemesinde bir değişiklik olacak ise ne ölçüde yapılması gerektiği ile ilgilidir [48]. DTYP’de planlama dönemi genellikle haftalık, aylık ve yıllık olmak üzere periyotlara ayrılır. Tahmini malzeme akış verileri her bir periyot için sabittir. DTYP’de bir yerleşim planı, her bir periyotun bir yerleşimle ilişkili olduğu yerleşim dizilerinden oluşur. Bu yüzden her bir periyot için TYP bir STYP olarak düşünülür ve birbirinden bağımsız olarak çözülebilir. Bu durumda, her bir periyot için STYP’ler ayrı olarak çözüldüğünde yeniden düzenleme maliyetleri dikkate alınmadığından bir dizi yerleşimler çok düşük malzeme taşıma maliyetleri içerebilir fakat bu durum mümkün olmayan yerleşimlerden dolayı (departman veya makinelerin uzak mesafelere hareketleri gerekebilir) çok yüksek yeniden düzenleme maliyetlerine neden olabilir. Bundan dolayı STYP’lerin DTYP’lere genişletilmesi gerekir. Şu durum açıktır ki, STYP’ler için çözüm, tek sıralı bir yerleşim iken DTYP’ler için çözüm, bir yerleşim planıdır. Bunun anlamı DTYP’de bir yerleşim planı bir dizi yerleşimin bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. McKendall vd. [43] çalışmalarında DTYP’de oluşan maliyetlerle ilgili olarak şunları belirtmektedir:

- Malzeme taşıma maliyetleri yeniden düzenleme maliyetlerinden büyük olduğunda DTYP, bir dizi STYP olarak ayrı ayrı çözülür. Birinci periyot için yerleşim, sadece birinci periyot verileri kullanılarak STYP çözümü ile elde edilir. Yine aynı şekilde diğer periyotlar da kendi periyot verileri kullanılarak yerleşim düzenlemeleri elde edilir ve yeniden düzenleme maliyetleri ile malzeme taşıma maliyetleri toplanarak toplam maliyet elde edilebilir.
- Yeniden düzenleme maliyetleri malzeme taşıma maliyetlerinden büyük olduğunda DTYP, bir dizi STYP olarak çözülebilir. Birinci periyottan elde edilen yerleşim düzeni bütün periyotlara atanır ve toplam taşıma maliyeti bulunur. Aynı şekilde ikinci periyottan elde edilen yerleşim düzeni bütün periyotlara atanır ve toplam malzeme taşıma maliyeti bulunur. Bu durum diğer periyotlar için de yapılır ve minimum toplam malzeme taşıma maliyetinin elde edildiği yerleşim düzeni seçilir ve yeniden düzenleme maliyetleri ile hesaplamam minimum malzeme taşıma maliyeti toplanarak toplam maliyet elde edilebilir.

Bu açıklamalardan sonra DTYP'deki amaç, bütün periyotlar için malzeme taşıma maliyeti ile periyot zamanları arasındaki yeniden düzenleme toplam maliyetlerini minimize etmek olarak ifade edilebilir [41]. Şekil 1.7'de 3 periyot ve 6 departmandan oluşan bir DTYP örneği gösterilmiştir.

3	5	1	5	3	1	5	3	1
2	4	6	2	4	6	2	4	6
$t=1$			$t=2$			$t=3$		

Şekil 1.7. Bir DTYP örneği (6 departman ve 3 periyot)

Sonuç olarak TYP için şunları özetleyebiliriz:

Üretim maliyetleri, teslim süresi ve verimlilik üzerinde önemli bir etkiye sahip ve işletme içindeki tesislerin yerleşimini konu alan problemlerdir. TYP iyi bilinen bir kombinatoriyal optimizasyon problemi olup genellikle karmaşık bir yapıya sahiptir ve NP-Zor problem türü olarak bilinmektedir [49]. TYP, bir amaç fonksiyonunu optimize etmek için tesislerin belirli bir alana konumlandırılmasıyla ilgilidir. Buradaki genel amaç, tesisler

(departmanlar, makineler vb.) arasında taşınan malzemelerin toplam maliyetini minimize etmektir. Bu problem türü genellikle otomatik üretim sistemlerinde ortaya çıkan bir sorundur. Bir tasarımcı malzeme taşıma maliyetini en aza indirmek için makinelerin veya tesislerin fiziksel bir biçimini planlamalıdır [50]. TYP ayrıca, belirli bir tesiste birbiriyle örtüşmeyen belirli sayıdaki departmanların en uygun yerleşimini tespit eden genel bir yöneylem araştırması olarak da ifade edilmektedir. Her bir departman çifti için ortaya çıkan maliyet, departmanların merkezleri arasındaki doğrusal mesafe ile onların ikili maliyetlerinin çarpımları olarak kabul edilir ve yerleşim sonucunda meydana çıkacak toplam maliyetin minimum seviyede olması amaçlanır. Toplam maliyet genellikle negatif değildir ve departmanlar arasındaki insanların ve/veya malzemelerin hareketi, malzeme taşıma sisteminin yapımı veya bir devredeki kabloların bağlantısı gibi belirli bir uygulama bağlamında optimize edilecek tüm miktarları içermektedir [51].

1.3.4. TYP’de Kullanılan Matematiksel Modeller

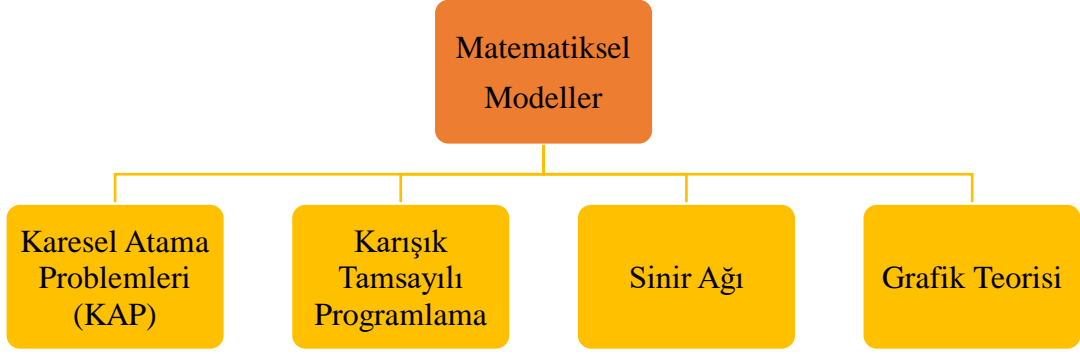
TYP’lerin değerlendirilmesiyle ilgili yaklaşımlar ya nicel (mesafe tabanlı) ya da niteldir (yakınlık tabanlı). Bu durum aslında TYP’nin tek amaçlı (single objective) veya çok amaçlı (multi objective) bir problem oluşuyla ilgilidir. Her tesis çifti için ürünün birim mesafe başına düşen birim malzeme akışı, mesafe ve taşıma maliyetlerinin toplamını minimize etmek problemin nicel bir amaç taşıdığını ifade eder. Yapılan çalışmalarda bu maliyetlerden en iyi bilineni malzeme taşıma maliyetidir. Güvenlik, gürültü veya temizlik nedenleriyle tesisleri ayırıp ortak malzemeleri, personeli veya birbirine bitişik işe yarar şeyleri kullanan tesisleri konumlandırmaya çalışmak problemin nitel bir amaç taşıdığını ifade eder. Nitel amaç, belirli bir yerleşim düzeninin yakınlık ölçüsünü maksimize etmek için bir ilişki tablosu kullanır. Bu tablo her bir tesisin birbirine göre yakınlık oranını (closeness ratio) belirler [52]. Bu tabloda tesislerin birbirine göre yakınlıklarını ifade etmek için kesin, önemli, özellikle, normal, önemsiz ve istenmeyen gibi ifadeler kullanılır [44].

Yapılan birçok çalışma, yalnızca tek bir amacın minimize veya maksimize edilmeye çalışıldığı tek amaçlı TYP’ler ile ilgilidir fakat gerçek hayatta TYP’ler hem nicel hem de nitel amaçların birada olduğu çok amaçlı problemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Nicel amaçlar, tesisler arasındaki iş akışı veya malzeme taşıma maliyetini ifade ederken nitel amaçlar ise tesisler arasındaki yakınlık oranını ifade eder [53]. Çok amaçlı bir problemde yer alan faktörler birbiriyle çelişebilir ve bir faktörün minimum değeri bulunmak istenirken

başka bir faktörün maksimum değeri bulunabilir. Bunun yanında çok amaçlı TYP'lerin hem nitel hem de nicel amaçları bir arada içermesinin birçok olumsuz tarafı bulunmaktadır. Ripon vd. [52] çalışmalarında, çok amaçlı problemlerde tüm amaçları karşılayan mutlak bir optimumu elde etmenin neredeyse imkânsız olduğunu belirtmiştir. Çünkü nicel yaklaşımlardaki en büyük kısıtlamaları, yalnızca ölçülebilen ilişkilerin dikkate alınması ve nitel amaçların göz ardı edilmesi olarak ifade edebiliriz. Nitel yaklaşımlarda en büyük kısıtlamayı ise bütün nitel faktörlerin bir kriter içerisinde toplanabileceğiyle alakalı güçlü bir varsayım eksikliği olarak ifade edebiliriz. Nicel ve nitel amaçlardaki bu olumsuzluklardan dolayı çok amaçlı TYP'lerde mutlak optimumdan bahsetmek neredeyse mümkün değildir.

Yapılan çalışmalarda en sık kullanılan matematiksel modeller; KAP, karışık tam sayılı programlama (mixed integer programming), sinir ağı (neural network) ve grafik teorisi (graph theory). Şekil 1.8'de TYP'de kullanılan matematiksel modeller gösterilmiştir. Ayrıca, Bazaraa [54] tarafından TYP'ler için ilk kez önerilen, alanları farklı olan ve kesikli gösterim (discrete representation) olarak modellenen [55] karesel küme örtüleme problemleri (quadratic set-covering problem), doğrusal kısıtlamalara maruz kalan ve doğrusal bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu için kullanılan doğrusal (linear) programlama, ilk defa Lawler [56] tarafından bir TYP'de önerilen ve bütün değişkenlerinin tamsayı olduğu matematiksel bir optimizasyon modeli olan doğrusal tam sayılı programlama ve amaç fonksiyonu doğrusal olmayan ve uygun bölgelerin doğrusal olmayan kısıtlarla belirlendiği matematiksel modelleri ifade eden doğrusal olmayan (nonlinear) programlama gibi matematiksel modeller de literatürde mevcuttur.

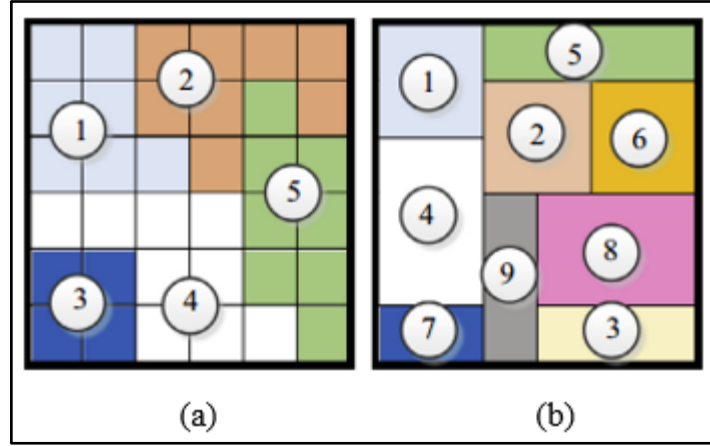
Hem araştırma hem de endüstri çalışmalarında TYP çözümünde sıkça kullanılan matematiksel modellerden biri de karma tam sayılı programlama (mixed integer programming) modelidir. 1978 yılında Kaufman ve Broeckx [57] tarafından TYP'nin tüm tam sayılı programlama formülasyonları arasında en az değişken ve kısıtlamaya sahip olan doğrusal karışık tamsayı programı olarak geliştirilmiştir. Bu model daha çok eşit olmayan boyutlarda ve sürekli gösterim (continual representation) olarak modellenen tesisler ile TYP'yi modellemek için uygundur. Bu model ayrıca bir dizi eşitlik ve eşitsizlik kısıtlarına maruz kalan tamsayı ve tamsayı olmayan karar değişkenlerinin bir araya geldiği amaç fonksiyonunu içerir [55]. Tüm tesisler düzlemsel bir alan içerisinde herhangi bir konuma yerleştirilir ve birbirleriyle örtüşmemesi gerekir [58]. Kesikli ve sürekli gösterimler Şekil 1.9'da gösterilmiştir.



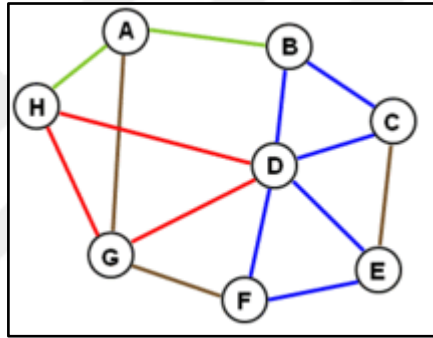
Şekil 1.8. TYP’de kullanılan matematiksel modeller

Sinir ağları, TYP için kullanılan matematiksel modellerden biridir. İnsan beyninin çalışma yapısının taklit edilerek öğrenme ve hatırlama yolu ile yeni bilgiler türetebilme gibi işlevleri gerçekleştirmek için geliştirilen yazılımlar yapay sinir ağları (YSA) ilk defa McCulloch ve Pitts [59] tarafından geliştirilmiştir. Düğümlerle temsil edilen bir grup yapay nöron içeren basitleştirilmiş bir insan beyni modelidir. Düğümler ağırlıklı bağlantılar kullanılarak birbirine bağlanır. Bu ağda, her bir nöron çevreden veya diğer nöronlardan giriş sinyalleri alır ve her girişin etkisi ağırlık değeri ile temsil edilir. Hopfield ve Tank [60] çalışmalarında, TYP gibi bir kombinatoriyal problem türü olan gezgin satıcı probleminin çözümünü sinir ağları kullanarak yapmıştır. TYP ile ilgili olarak YSA modelini Tsuchiya vd. [61] kullanmıştır. Çalışmalarında tesis sayısı N olan problemler için iki boyutlu bir YSA temelli $N \times N$ sayıda nörondan oluşan bir sistem önermiştir.

Grafik teorisi modelinde tesisler arasındaki akışlar; köşelerin tesisleri, kenarların ise akışları veya tesisler arasındaki ilişkilerin varlığını ifade eden bir ilişki grafiği (relationship) ile temsil edilmektedir [62]. Grafik teorisi yaklaşımlarında her bir departman veya makine (departman veya makinelerin başlangıç şekilleri ve alanları göz ardı edilerek) bir grafik ağı içerisinde bir düğüm (node) olarak tanımlanır. Grafik teorisi, her bir tesis çiftinin önceden tanımlanmış istenilen bir yakınlığa konumlandırılması işlemine dayanır [63]. Başka bir ifadeyle grafik teorisinde, birbirine yakın olan her bir tesis çiftinin konumunun belirlenmesi amaçlanır [32]. Şekil 1.10’da görüldüğü gibi A, B, C, D, E, F, G ve H tesisleri düğümler ve renkli bağlantı çizgileri ise kenarlar olarak ifade edilmektedir.



Şekil 1.9. Yerleşim gösterimleri (a) kesikli gösterim (b) sürekli gösterim [64].



Şekil 1.10. Grafik teorisi örnek yerleşimi

TYP için en sık kullanılan matematiksel modellerin başında KAP modeli gelmektedir. KAP, iyi bilinen kombinatorial bir optimizasyon problemidir ve pratik olarak birçok uygulamada kullanılmaktadır [65]. NP-Zor sınıfında en zor problem türlerinden biri olan KAP [66] ile gerçek hayatta tesis yerleşimi ve kombinatorial veri analizi gibi problemler modellenebilir [67]. Ayrıca, Pierce ve Crowston [68] KAP modellerinin ekonomistler tarafından birkaç farklı coğrafi bölgeye bir dizi tesisin atanmasında, mimar veya endüstri mühendisleri tarafından bir departmandaki ofis veya bölümlerin düzenlenmesinde, insan mühendisleri tarafından bir operatör kontrol odasındaki göstergeleri düzenlemede, elektrik mühendisi tarafından bir arkalık (backboard) bileşenlerinin yerleşiminde ve bilgisayar mühendisi tarafından bir disk depolama alanında bilgi düzenlemesinde kullanılabileceğini belirtmiştir.

TYP genellikle şekil 1.9a'da gösterildiği gibi kesik gösterimli olarak dikkate alınır. Yerleşimi yapılacak işletme eşit alanlı ve şekilli olan dikdörtgen bloklara bölünür ve her

blok bir tesise atanır. Tesisler eşit alana sahip değilse farklı boyuttaki blokları kaplarlar [41]. Eşit alanlı TYP için KAP modeli ilk kez Koopmans ve Beckmann [69] tarafından önerilmiştir. Problemin matematik modeli şu şekildedir:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N f_{ik} d_{jl} X_{ij} X_{kl} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, N \quad (3)$$

Burada N ; tesis sayısı, f_{ik} ; i tesisinden k tesisine akış maliyeti, d_{jl} ; j konumundan l konumuna olan mesafe ve X_{ij} ; j konumunda i tesisinin konumlandırılması için 0 veya 1 değişkenidir. Denklem 1, her tesis çifti için geçerli olan akış maliyetleri toplamını temsil eder. Denklem 2 her konuma yalnızca bir tesisin gelebileceğini denklem 3 ise her bir tesisin yalnızca bir konuma yerleşebileceğini garanti eder. Bu tez kapsamında da eşit alan ve şekle sahip kesik gösterimli KAP modeline dayanan bir yerleşim düzenlemesi yapılacaktır. Bunun için Wong ve Komarudin [70] tarafından önerilen denklem 4 kullanılarak malzeme taşıma maliyetinin minimum olması amaçlanmıştır.

$$\text{Toplam Maliyet} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad i \neq j \quad (4)$$

n = Tesis sayısı;

f_{ij} = i ve j tesisleri arasındaki toplam akış, burada $i, j = 1, 2, \dots, n$;

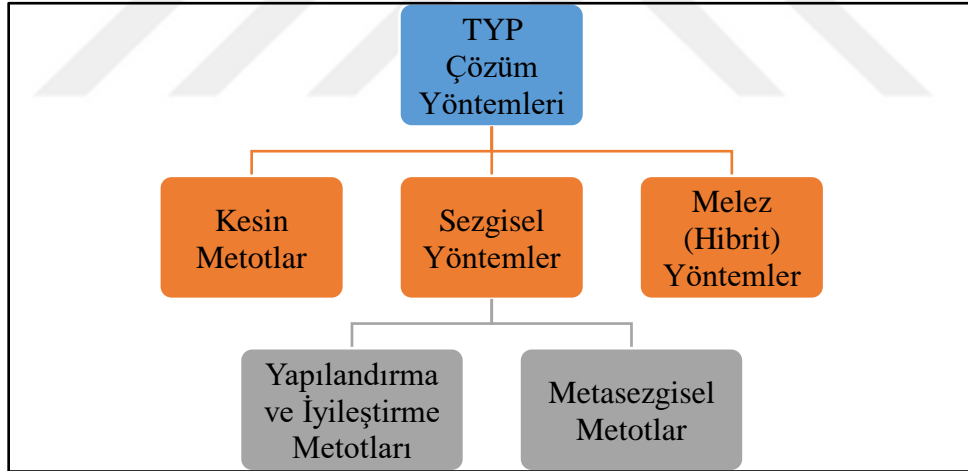
d_{ij} = i ve j tesisleri arasındaki mesafe, burada $i, j = 1, 2, \dots, n$;

c_{ij} = Birim malzeme başına i tesisinden j tesisine taşıma maliyeti, burada $i, j = 1, 2, \dots, n$.

1.3.5. TYP İçin Çözüm Yaklaşımları

TYP'nin çözümünde sıklıkla tercih edilen KAP modeli ile ilgili olarak önemli miktarda araştırma yapılmış olmasına rağmen $n > 20$ boyutundaki bir problemin kesin bir algoritma ile makul bir hesaplama zamanında çözülemeyeceği tespit edilmiştir [71]. KAP'ın NP-Zor olmasının sebebi büyük boyutlu problemler için kesin bir algoritma ile makul bir hesaplama zamanında ve maliyetinde çözüme ulaşamaması ile ilgili bir durumdur. Bu nedenle büyük boyutlu problemlerin çözümünde optimal veya optimale yakın bir çözüme makul bir hesaplama zamanında ve maliyetinde ulaşabilmek için sezgisel (heuristic) ve melez (hybrid) algoritmalar geliştirilmiştir.

TYP'nin çözüm yöntemleri ile ilgili olarak literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bütün bu çalışmalar incelendikten sonra çözüm yöntemlerini üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; kesin metotlar (exact methods), sezgisel yöntemler (heuristic methods) ve melez (hybrid) metotlardır (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. TYP çözüm yöntemleri

Kesin metotlar, modelin tüm arama uzayını çok iyi incelediğinden dolayı nihai çözümün optimal değerini garanti edebilir fakat diğer metotlar her zaman modelin tüm arama uzayını inceleyemediğinden nihai çözümü garanti etmez [64]. Kesin metotların çok önemli bu pozitif özelliğine rağmen hesaplama zamanından dolayı çok küçük boyutlu problemlerde (10 tesisten daha az) kullanılabilmesi negatif bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü gerçekte tesislerin boyutları büyüktür (örneğin 30-40 departmanlı).

Problemin boyutu arttığında TYP'nin hesaplama karmaşıklığı nedeniyle kesin metotlar ile problem pratik olarak çözülemez [72]. Bu nedenle büyük boyutlu problemlerdeki hesaplama zorluğunu minimize etmek için yeni algoritmalar geliştirilmiştir.

TYP'de özellikle büyük boyutlu problemlerin çözümünde sıkça kullanılan metotların başında sezgisel yöntemler gelmektedir. Kesin metotlar kullanılarak gerçekte büyük boyutlu NP-Zor bir problemin optimal ve hatta makul çözümlerini elde etmek zorlaştığında problemin çözümü için literatürdeki genel yaklaşım, sezgisel veya meta sezgisel yöntemler kullanmaktır [73]. Sezgisel yöntemlerin geliştirilen ilk türleri yapılandırma ve iyileştirme metotları olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemlere ayrıca alt optimal yöntemler (sub-optimal), yaklaşık yöntemler (approximated approaches) veya bilgisayarlı yerleşim algoritmaları (computerized layout algorithms) da denilmektedir [55]. Yapılandırma algoritmalarında sıfırdan bir çözüm üretilir. Bunun anlamı, her tesis bir konuma birer birer atanır ve bu işlem yerleşim düzeni tamamlanıncaya kadar devam eder [74]. Yapılandırma metotları KAP için kavramsal ve uygulama açısından en eski ve basit bir sezgisel algoritma olarak kabul edilir ve bu metotla elde edilen çözümlerin kalitesi genellikle istenilen düzeyde değildir [32]. Yapılandırma metotlarına CORELAP [75], ALDEP [76] ve MAT [77] gibi algoritmalar örnek olarak verilebilir. İyileştirme metotlarında ise daima rastgele seçilen bir başlangıç çözümü vardır. İlk çözüme dayanarak tesisler arasında sistematik olarak değişiklikler yapılır ve çözümler değerlendirilir. En iyi çözüm bulununcaya kadar işlem devam eder ve bulunan en iyi çözüm daha fazla geliştirilemez bir hal aldığına işlem sona erer [74]. İyileştirme metotlarına CRAFT [39], COFAD [78] ve FRAT [79] gibi algoritmalar örnek olarak verilebilir. Yapılandırma ve iyileştirme metotları bazı problemler için iyi çözümler elde etse de çözümler başlangıç yerleşim düzenine çok yakın olabilir. Bunun nedeni ise bu metotlarda başlangıç yerleşim düzeni üzerinde küçük değişiklikler yapılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sorunu minimize etmenin bir yolu, yapılandırma metotları ile başlangıç yerleşim düzeni elde edilen bir probleme daha sonra iyileştirme metotları uygulayarak melez (hibrit) bir algoritma geliştirilebilir [62]. Bu melez algoritmalara FLAC [80] ve DISCON [81] örnek olarak verilebilir.

KAP için kesin ve yaklaşık çözümler veren birçok algoritma önerilmiştir. Kesin algoritmalar, KAP'ın küçük veri kümelerini çok büyük ölçekte paralel bilgisayarlar ile çözebilmektedir. Fakat, meta sezgisel yöntemler ile büyük boyutlu problemler için makul optimizasyon sürelerinde optimum veya optimuma yakın çözümler elde edilmektedir [82]. Son yıllarda bilgisayarlar hız ve hafıza bakımından oldukça ilerlediğinden meta sezgisel

yöntemler birçok karmaşık mühendislik problemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yöntemler özellikle yerleşim dizaynı alt problemlerinin doğrusal olmama ve ayrıklığı ile etkin bir şekilde baş edebilir [83].

Meta sezgisel kavramı ilk kez 1986 yılında Glover [84] tarafından kullanılmıştır. Sezgisel kelimesinin İngilizce anlam karşılığı heuristic kelimesidir ve anlamı “bulmak” olan yunanca heuriskein kelimesinden gelir. Meta eki ise yine yunanca bir kelimedir ve “üst düzeyde, ötesinde” anlamı taşır [85]. Dolayısıyla, meta sezgisel yöntemler genellikle birçok probleme olan sezgisel yöntemleri daha genel çerçevede birleştirir. Meta sezgisel, arama uzayını keşfetme (exploration) ve kullanma (exploitation) için zekice farklı kavramları birleştirerek bir alt sezgisele rehberlik eden yinelemeli bir üretim sürecidir. Tam / eksik tek bir çözümü veya her yinelemedeki bir çözüm topluluğunu değiştirebilir. Buradaki alt sezgisel yöntemler; yüksek / düşük seviyeli işlemler, basit bir yerel arama veya sadece bir yapılandırma metodu olabilir [86]. Stützle [87] yaptığı tez çalışmasında meta sezgisel yöntemleri, birçok probleme özgü sezgiselin performanslarını arttırmaları için onlara rehberlik eden üst düzey stratejiler olarak tanımlamaktadır. Buradaki temel amaç yerel araştırmanın yerel optimumdan kaçmasına izin vererek yinelemeli iyileştirmenin dezavantajlarından sakınmaktır. Meta sezgisel yaklaşımların çoğu arama sırasında alınan rastsal kararlara dayanır fakat buradaki rastsal olma durumu körü körüne değil zekice bir yaklaşımla gerçekleşmektedir. Bütün bu bilgilerden sonra meta sezgisel yöntemlerin özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz [85]:

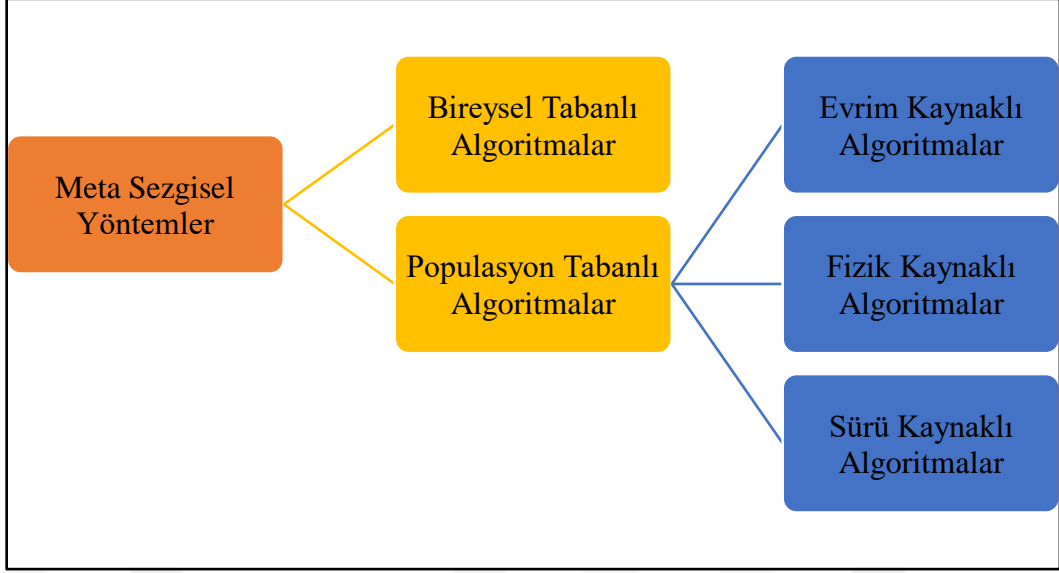
- Meta sezgisel yöntemler arama sürecini yönlendiren stratejilerdir.
- Amaç, optimal veya optimale yakın çözümler elde etmek için arama uzayını verimli bir şekilde araştırmaktır.
- Meta sezgisel yöntemleri oluşturan teknikler basit yerel arama işlemlerinden karmaşık öğrenme süreçlerine kadar çeşitlilik gösterebilir.
- Meta sezgisel yöntemler yaklaşıktır ve genellikle deterministik değildir.
- Arama uzayının sınırlı alanlarında sıkışıp kalmamak için mekanizmalar içerebilirler.
- Meta sezgisel yöntemler probleme özgü değildir.
- Meta sezgisel yöntemler alana özgü bir bilgiyi üst düzey stratejiyle kontrol edilen sezgisel yöntemler formatında kullanabilir.

Meta sezgisel yöntemler son yirmi senedir çok popüler hale gelmiştir. Bunun nedenini sadelik, esneklik, serbest türetme mekanizması ve yerel optimumdan kaçınma olarak dört ana faktörde toplamak mümkündür [88]. Meta sezgisel yöntemlerin basit olmasının nedeni

basit kavramlardan ilham almalarıdır. İlham kaynağı genel olarak fiziksel olaylar, hayvanların davranışları ve evrimsel kavramlarla ilgilidir. Bu yöntemlerin basitliği sayesinde bilgisayar bilimciler farklı doğal kavramları taklit edebilir, yeni meta sezgisel yöntemler önerebilir, iki veya daha fazla meta sezgisel yöntemi birleştirip melez bir yöntem haline getirebilir veya mevcut meta sezgisel yöntemleri geliştirebilir. Aynı zamanda diğer bilim dallarıyla uğraşan bilim insanlarına meta sezgisel yöntemleri hızlı bir şekilde öğrenme ve problemlerine uygulama konusunda yardımcı olur. Algoritma yapısında herhangi bir özel değişikliğe gidilmeden meta sezgisel yöntemin farklı problem türlerine uygulanabilmesi esnek bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Meta sezgisel yöntemler rastsallık ilkesine göre çalıştığından serbest türetme mekanizmasına sahiptir. Optimizasyon süreci rastgele çözüm / çözümler ile başlar ve optimum çözümü bulmak için arama uzayının türevini hesaplamaya gerek yoktur. Meta sezgisel yöntemler ayrıca geleneksel yöntemlere kıyasla yerel optimumu önleme konusunda üstün yeteneklere sahiptir. Bu durum meta sezgisel yöntemlerin yerel çözümlerde durgunluktan kaçınmalarını ve tüm arama alanını kapsamlı olarak aramalarını sağlayan rastsallık yapısından kaynaklanmaktadır. Gerçek problemlerin arama uzayı genellikle bilinmemektedir ve çok sayıda yerel optimumlardan meydana gelir. Bu nedenle zorlu gerçek problemler için meta sezgisel yöntemler son derece uygundur.

Meta sezgisel yöntemler Şekil 1.12’de gösterildiği gibi iki temel sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar bireysel tabanlı algoritmalar ve popülasyon tabanlı algoritmalar [89].

Bireysel tabanlı algoritmalarda optimizasyon süreci tek bir çözüm üzerinden başlar ve yinelemeler üzerinden devam eder. Daha az hesaplama maliyeti ve işlem değerlendirmesine ihtiyaç duyarlar fakat bu algoritmalar erken yakınsama (premature convergence) sorunu yaşar. Erken yakınsama yerel optimumda bir optimizasyon tekniğinin durgunluğuna işaret eder ve bu da global optimum çözümü elde etmede engel oluşturur. Tabu Araştırması [90], Tepe Tırmanma [91], Yinelemeli Yerel Arama [92] ve Tavlama Benzetimi [93] iyi bilinen bireysel tabanlı optimizasyon yöntemlerine örnek olarak verilebilir. Bunun aksine popülasyon tabanlı algoritmalar optimizasyon sırasında bir dizi çözüm içerdiğinden yerel optimumdan kaçınma noktasında çok daha yeteneklidir. Ayrıca, aday çözümler arasında arama uzayındaki farklı zorlukların üstesinden gelmek için bilgi alışverişi yapılabilir. Popülasyon tabanlı algoritmaların yüksek hesaplama maliyeti ve daha fazla fonksiyon değerlendirme ihtiyacı iki temel dezavantajıdır [94].



Şekil 1.12. Meta sezgisel yöntemlerin sınıflandırılması

Popülasyon tabanlı algoritmalar ilham kaynağına göre üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar evrim (evolution), fizik (physic) ve sürü (swarm) kaynaklı algoritmalarıdır. Tablo 1’de kaynak türüne göre bazı optimizasyon algoritmaları verilmiştir. Bunlara ek olarak Harmoni Araması Optimizasyon Algoritması, Maden Patlaması Algoritması, Simbiyotik Organizmalar Araması, Futbol Ligi Yarışması Algoritması, Arayıcı Optimizasyon Algoritması, Mercan Resifi Optimizasyonu, Çiçek Tozlaşması Algoritması gibi farklı ilham kaynaklarından esinlenerek yapılmış popülasyon tabanlı algoritmalar da bulunmaktadır [94].

Popülasyon tabanlı meta sezgisel optimizasyon yöntemleri arasında günümüzde hala daha popülerliğini sürdüren yöntemlerin arasında Genetik Algoritmalar (GA) gelmektedir. Bu tez kapsamında yerleşimi yapılacak tersane için STYP uygulaması yapılacak ve bunun için popülasyon tabanlı meta sezgisel bir yöntem olan GA, STYP’ye uygulanacaktır.

1.4. Literatür Araştırması

Kuruluş yeri seçimi ve tesis yerleşim planı konuları üzerinde şimdiye kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu kısımda özellikle tersane yeri seçimi ve tersane yeri yerleşimi göz önüne alınarak bir literatür taraması yapılmıştır. İlk olarak kuruluş yeri seçimi ile ilgili literatür incelenmiş ve hemen ardından TYP ile literatür bilgisi sunulmuştur.

Tablo 1. İlham kaynağına göre optimizasyon algoritmaları [94].

İlham Kaynağı Evrim Olan Popülasyon Tabanlı Meta Sezgisel Algoritmalar	Biyocoğrafya Tabanlı Optimizasyon Algoritması
	Evrimsel Membran Algoritması
	İnsan Evrimsel Modeli
	Eşsersiz Üreme Optimizasyonu
İlham Kaynağı Fizik Olan Popülasyon Tabanlı Meta Sezgisel Algoritmalar	Yer Çekimi Algoritması
	Kimyasal Reaksiyon Optimizasyonu
	Yapay Kimyasal Reaksiyon Optimizasyonu Algoritması
	Yüklü Sistem Araması
	Işın Optimizasyonu
	Kara Delik Optimizasyonu
	Merkezi Kuvvet Optimizasyonu
	Kinetik Gaz Molekülleri Optimizasyon Algoritması
	Brownian Gaz Hareketi Optimizasyonu
	İlham Kaynağı Sürü Olan Popülasyon Tabanlı Meta Sezgisel Algoritmalar
Arı Algoritması	
Yapay Arı Kolonisi	
Yarasa Algoritması	
Ateş Böceği Algoritması	
Gugu Kuşu Arama Algoritması	
Gri Kurt Optimizasyonu	
Av Araması Optimizasyon Algoritması	
Yunus Yankısı Optimizasyonu	
Meyve Sineği Optimizasyon Algoritması	
Parçacık Sürü Optimizasyonu	

Chu [95] çalışmasında tesis yeri seçim problemini çözmek için grup kararları altında bulanık bir TOPSIS modelini sunmuştur. Burada farklı alternatif konumların derecelendirmeleri ve tüm özelliklerin önem ağırlıkları, bulanık sayılarla temsil edilen dilsel değerlerde değerlendirilmektedir. Önerilen modelle, iki pozitif trapez bulanık sayının, yani ağırlıklı derecelendirmenin üyelik fonksiyonunu aralık aritmetiği ve bulanık sayılardan bir

kesit kullanılarak geliştirilmiştir. Kahraman vd. [96] bulanık çok amaçlı grup karar vermede farklı çözüm yaklaşımlarını kullanarak tesis yeri seçimindeki sorunları çözmeyi amaçlamıştır. Çalışmaları, dört farklı bulanık çok özellikli grup karar verme yaklaşımını içermektedir. Yaklaşımlar arasında kısa bir karşılaştırmalı analiz ve her yaklaşıma sayısal bir örnek verilmiştir. Yong [97] çalışmasında dilsel ortamlarda tesis konumunun seçilmesine yönelik yeni bir TOPSIS yaklaşımı sunmuş, çeşitli alternatif konumların çeşitli kriterler altında derecelendirilmeleri ve çeşitli kriterlerin ağırlıklarının bulanık sayılarla değerlendirmesini yapmıştır. Güneri ve Şahin [98] tersane yer seçimi ile ilgili kriterlerden öne çıkanları tespit etmiş, alternatifler olarak beş adet şehir belirlemiş ve AHP ile Bulanık AHP tekniklerini kullanarak bu seçimin nasıl yapıldığı ile ilgili metodolojisini sunmuştur. Ayrıca yaptığı anketlerin tutarlılık oranlarını da hesaplamıştır. Tabari vd. [99] çalışmalarında yer seçimi probleminde maddi olmayan faktörlerle birlikte somut olanı göz önünde bulunduran, karar vericiyi tatmin edecek en uygun yeri seçmeyi mümkün kılacak ÇKKV'nin hibrit bir yöntemini önermiştir. Çalışmalarında ayrıca matematiksel modelin sonuçları, bütünsel modelin gerçek dünya problemleriyle olan etkinliğini ve uyarlamasını göstermiştir. Güneri vd. [100] 2009 yılında tersane yeri seçimi ile çalışmalarında yer seçimi için ANP yöntemini kullanmıştır. Burada altı adet ana kriter ve her bir ana kriter altında belli sayılarda alt kriterler oluşturulmuş ve oluşturulan kriterler, belirlenen alternatifler ile beraber analitik ağ süreci yöntemini kullanılarak değerlendirilmiştir. Uzman kişiler yardımıyla ve doğru bulanık analitik ağ sürecinin, birbirleriyle yakın ilişki içinde olan kriterler üzerindeki başarısı ile verimli bir uygulama oluşturmuştur. Saraçoğlu vd. [101] yeni tersane yeri seçimi ile ilgili olarak yaptıkları çalışmalarında dokuz adet ana kriter ve bu ana kriterler altında çok sayıda alt kriter oluşturularak ayrıntılı bir çalışma ortaya koymuştur. Her bir ana ve alt kriter ayrıntılı olarak incelenmiş ve yeni tersane yeri seçimi için etkileri açıklanmıştır. Aliefendioğlu ve Sağır [102] 2015 yılında Yalova-Altınova Tersaneler Bölgesinde yeni bir tersane kuruluş yeri seçimini gerçekleştirmek için bir çalışma yapmışlardır. Tersane kuruluş yeri seçimini hem genel hem de seçilmiş bir olay düzeyinde incelemişlerdir. Çalışmalarında kuruluş yeri seçimi ile ilgili etkenleri alt ve ana kriterler olarak değil, önem derecelerine göre gruplandırarak göstermişlerdir.

TYP konusu 1950'li yılların ortalarından itibaren disiplinli olarak çalışılmaya başlanmıştır. Şimdiye kadar TYP konusunda çok sayıda araştırma yapılmış ve problemlerin verimli bir şekilde çözülebilmesi için yöntemler önerilmiştir.

Armour ve Buffa [39], Khalil [79] ve Hitchings [103] çalışmalarında, ilk aşamada adım adım ilerleyen, düşük malzeme taşıma maliyetine sahip nihai bir çözüme kavuşan ve doğada özellikleri nicel olan iyileştirme metotları geliştirerek TYP ile ilgili ilk nicel çalışmaları yapmışlardır. Seehof ve Evans [76], Lee [75] ile Muther ve McPherson [104] ise TYP’de nihai yerleşimi elde etmek için nitel faktörleri esas alan yapılandırma metotları geliştirerek TYP ile ilgili ilk nitel çalışmaları yapmışlardır. Rosenblatt [105] çalışmasında, TYP için birleştirilmiş nicel ve nitel (öznel) bir yaklaşım ortaya koymuştur. Çelişkili olabilecek iki amaç olan malzeme taşıma maliyetini minimize etmek ve bir yakınlık derecesi ölçütünü maksimuma çıkarmaktır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için çok amaçlı bir yaklaşım kullanmıştır. Sadece 'verimli yerleşimler' dâhil olmak üzere ayrık verimli bir sınır kümesi ile sonuçlanan bir sezgisel algoritma geliştirmiştir. Dutta ve Sahu [106] TYP için birbiriyle çelişen maliyet faktörü ve yakınlık derecesini kullanarak amaç fonksiyonunu minimize etmiştir. Fortenberry ve Cox [107] TYP’ye yönelik nicel ve nitel yaklaşımları birleştiren çok kriterli bir model önermiştir. Modelini oluşturmak için nicel faktörü (iş akışı) nitel faktör (yakınlık derecesi) ile ağırlıklandırarak bölümler arasındaki toplam ağırlıklı iş akışı hacmini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Rosenblatt [48] 1986 yılında yaptığı çalışmasında genellikle önceleri statik bir problem olarak alınan TYP’nin dinamik doğasını ele alarak bir çözüm önermiştir. Bu problemin çözümü için hem optimal hem de sezgisel prosedürler geliştirilmiş ve dayanak noktasının dinamik bir programlama formülasyonu olduğu ifade edilmiştir. Kusiak ve Heragu [74] çalışmalarında TYP’nin ve algoritmaların çeşitli formülasyonlarını bu problemin çözümü için incelemiştir. On iki adet sezgisel algoritmayı literatürde yaygın olarak kullanılan sekiz test problemine göre performansları temelinde kıyaslamıştır. Ayrıca, çalışmalarında TYP ile ilgili bazı hususlar ve esnek imalat sistemlerinde makine yerleşim problemlerinin bazı yönleri de incelenmiştir. Tam [108] 1992 yılında yaptığı çalışmasında GA tekniğini, 12-30 tesis arasında değişen boyutlardaki problemlerin çözümünde yerel bir arama tekniğiyle karşılaştırmış ve GA’nın, büyük ölçekli yerleşim problemlerini çözmek için uygun bir yöntem olabileceğini göstermiştir. Raoot ve Rakshit [109] çalışmalarında çok kriterli yerleşim problemi için bir problem çözme metodolojisi önermiştir. Metodoloji, bulanık program kullanımı, bir dizi verimli yerleşimler üretmek için sezgisel bir prosedür ve en iyi yerleşimi seçmek için ELECTRE metodu kullanımını içeren dilsel biçimin uyumuna dayanan bir model kullanır. Chan ve Tansri [110] GA’nın TYP’ye uygulanması ile ilgili bir çalışma yapmıştır. PMX, OX ve CX gibi üç çaprazlama operatörünün performanslarını değerlendirmiş ve TYP için GA’nın

parametrelerinin ayarlanmasında bazı genel kurallar elde etmek amacıyla çok sayıda sayısal deney yapmıştır. Cheng vd. [111] esnek üretim sistemi için dögüsel yerleşim tasarım problemini ele alarak GA'nın melez sezgisel uygulamasını ve çözümler için komşuluk aramasını geliştirmiştir. Islier [112] çalışmasında TYP için GA tabanlı bir model önermiştir. Sonlu elemanlardan oluşan departmanların yerleşimi gen yapılarında modellemiştir. Önerdiği yöntemle mevcut test problemlerinde daha kaliteli çözümler elde etmiştir. Mak vd. [113] üretim sistemleri tasarımında optimal TYP çözümü için GA tekniğini kullanmıştır. Tipik iş atölyeleri ve seri üretim ortamları için malzeme akış modelini ve makinelerin yerleşimini incelemek amacıyla matematiksel bir model geliştirmiştir. Kochar vd. [114] tek katlı tesis yerleşimi sorununu çözmek için GA tabanlı bir algoritma önermiştir. Hem eşit hem de eşit olmayan büyüklükteki departmanları göz önünde bulundurarak GA'nın performansını literatürde mevcut olan birkaç test problemi kullanılarak değerlendirmiştir. GA ile makul bir yerleşim planı bulmak için gerçekçi bir ortamda daha iyi sonuçların elde edileceğini ifade etmiştir. Önerdiği uygulama ayrıca sabit departmanlara sahip olma ve üretilen yerleşimleri etkileşimli olarak değiştirme esnekliği sağlamıştır. Kochhar ve Heragu [115] sürekli gelişen bir çalışma ortamında ürün tasarımındaki, karışımındaki ve hacmindeki değişikliklere etkili bir şekilde cevap verebilecek dinamik bir tesisin tasarımı için bir çalışma sunmuştur. Tasarım problemini çözmek için GA tabanlı sezgisel bir yöntem kullanılmış ve metodolojinin kullanımını göstermek için iki test örneği göstermiştir. Azadivar ve Wang [116] sistemin dinamik karakteristiklerini ve operasyonel kısıtlarını bir bütün olarak dikkate alan ve TYP'yi sistemin devir süresi ve verimlilik gibi performans ölçütlerine dayanarak çözebilen bir tesis yerleşimi optimizasyon tekniği ortaya koymuştur. Lee ve Lee [117] çalışmalarında sabit şekiller ve eşit olmayan alanlı TYP çözümü için şekil tabanlı blok yerleşimi yaklaşımını sunmuş ve en iyi çözümü elde etmek için melez GA ile bu yaklaşımını test etmiştir. Bu çalışmada düşündükleri yaklaşım ile mevcut tesis yerleşim yaklaşımlarından daha optimal sonuçlar elde etmenin yanında daha esnek tasarımlar elde etmiş ve daha kullanışlı yerleşim tasarımları üretmiştir. El-Baz [118] yaptığı çalışmasında, üretim sistemlerinin tasarımında optimal TYP'yi çözmek için GA önermiştir ve böylece malzeme taşıma maliyetleri minimuma indirmeyi hedeflemiştir. Önerdiği yaklaşımla, seri üretim tipi, çok ürünlü akış hattı, çok akışlı, yarı dögüsel ve dögüsel yerleşimlerin optimizasyonunu yapabilmektedir. Önerdiği yaklaşımı literatürde bulunan üç çalışmaya uygulamış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. Amaral [119] TYP için yeni bir karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli önermiştir. Yeni modelin verimliliğini göstermek için

önerilen önceki karışık tam sayılı doğrusal programlama modelleriyle karşılaştırma yapmıştır. Sayısal sonuçlar önerdiği modelin daha önce yapılan birçok modelden daha üstün olduğunu göstermiştir. Matulja vd. [120] tersane üretim alanlarının ön optimal yerleşim tasarımını oluşturmak için yeni bir yöntem önermiştir. Önerdikleri yöntem, özel olarak tanımlanmış bir prosedürün dört aşamada uygulanmasına dayanmaktadır. İlk aşamada yakınlık ilişkileri, seçilen üretim alanlarının gemi inşa süreci teknolojik bakış açısıyla, ilgili uzmanların araştırmasına dayanarak kurulmuştur. İkinci aşamada, tersane içindeki tüm olası üretim yerleşim değişkenlerinin üretilmesi ve değerlendirilmesi önerilmiştir. En rekabetçi değişkenlerin temsili bir sayısını belirledikten sonra üçüncü aşama, analitik hiyerarşi sürecini kullanarak tüm kriterleri en iyi karşılayan değişkeni seçmek için hiyerarşik modelleme olarak kabul edilmiştir. Son aşamada, seçilen üretim alanlarının yerleşimini kontrol etmek için bir duyarlılık analizi yapılarak önerilen yöntemin, gerçek bir tersane yerleşim tasarım optimizasyonu örneği üzerinde doğrulanmıştır. Song ve Woo [121] çalışmasında Güney Amerika'nın Venezüella kentindeki yeni planlanan tersanenin hedefine yönelik olarak tersanenin gerçek ana verileriyle başa çıkabilen entegre bir yöntemle ön aşama için bir tersane yerleşim tasarımı yapmıştır. Bu çalışmanın yerleşim tasarım yöntemi, önceki araştırmalardan farklı olarak hedef gemiden gerçek ürün verilerinin ve gerçek gemi inşa operasyon verilerinin gerekli alan tahmini için kullanılmasıyla ayrıldığını ifade etmişlerdir. Choi vd. [122] çalışmalarında gemi üretimi esnasında departmanların yakınlık (adjacency) ve hizalama (alignment) durumlarına ilişkin olarak malzeme taşıma maliyetini minimize etmek için bir tersane yerleşimi optimize etmiştir. Optimizasyon işlemini topolojik ve geometrik optimizasyon olarak iki aşamadan oluşturmuştur. Departmanların optimal topolojisi GA kullanılarak belirlenmiştir. Departmanların kademeli olarak büyümelerine ve alan, şekil, bitişiklik ve hizalamada belirtilen gereksinimleri karşılayan kendi geometrilerine sahip olmalarını sağlamak için rastsal bir büyüme algoritması kullanılmıştır. Bu çalışma, önce topolojik optimizasyon ve daha sonra geometrik optimizasyon için iki aşamalı bir optimizasyon algoritmasının, gerçekçi tersane yerleşimi problemini başarılı bir şekilde çözebileceğini kanıtlamıştır.

Daha birçok çalışmayı buraya eklemek mümkündür. Özellikle TYP konusunda yapılan çalışmalar her geçen gün artmakta ve araştırmacılar için ilgi odağı olma özelliğini korumaktadır.

1.5. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Tersane kuruluş yeri seçimi ve TYP ile ilgili yukarıda verilen bilgilerden ve literatür özetinden anlaşılacağı üzere bir tesisin kuruluş yeri seçimi ve yerleşiminin nasıl olacağı önemli bir konudur. Özellikle tersaneler gibi ilk yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu tesislerde bu iki konu ile ilgili alınan kararlar hayati önem taşır. Bu tez çalışmasının amacı, tersane kurmak isteyen bir yatırımcıya en uygun kuruluş yerini seçmede yardımcı olmak ve tersane içerisindeki gemi üretimi esnasında oluşabilecek malzeme taşıma maliyetini minimize etmektir.

Tezin kapsamı ile ilgili olarak iki örnek uygulama ele alınmıştır. Yapılan ilk uygulamada kuruluş yeri seçim aşaması ile ilgili olarak kriter ağırlıklarının belirlenmesinde bulanık mantık yöntemi kullanılmış ve hemen ardından önceden belirlenen beş adet şehirden hangisinin tersane kuruluş yeri için en uygun olacağını kararı bulanık TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir. Bunun için matlab programı yardımıyla uygun bir kodlama oluşturulmuş ve kullanıcıya istediği boyutta karar matrisleriyle çalışabilme imkânı tanınmıştır. Kullanıcı, kodlanan bu matlab programı ile kriterlerin sayısı ne olursa olsun istediği boyuttaki karar matrisleri ile çalışabilmektedir. Ek olarak, bütün kriter ağırlıkları ile bulanık TOPSIS sonucunda elde edilen seçimler, grafiksel ve tablolar şeklinde kullanıcıya sunulmaktadır.

TYP ile ilgili uygulamada ise tersanede gemi üretimi esnasında ortaya çıkan malzeme taşıma maliyetini minimize etmek amacıyla popülasyon tabanlı meta sezgisel bir yöntem olan GA kullanılarak statik bir yerleşim düzeni elde edilmiştir. Kuruluş yeri seçiminde olduğu gibi en optimal yerleşim düzenlemesini elde etmek için de yine matlab programı yardımıyla bir program oluşturulmuş ve bu programa ara yüz eklenerek kullanıcının kolaylıkla optimum yerleşim düzenini ve minimum malzeme taşıma maliyetini bulabilme imkanı sağlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

2.1.1. Bulanık Mantık

Bilgisayarlarda verilerin kaydedilmesi, transferi ve işlenmesi 0 ve 1 değerleri ile yapılmaktadır. Bunun anlamı, bir bilgisayarda verilerin kaydedilmesi, transferi ve işlenmesi için 0 ve 1 değerleri dışındaki değerler hiçbir anlam ifade etmemektedir. Bir bilgisayar sahip olduğu 1 ve 0 değerlerini kullanarak kendi sistemine göre kombinasyonlarını türetip kullanıcıya net bir bilgi vermektedir. Fakat insan zihni bu şekilde çalışmamaktadır. İnsan zihni çok daha karmaşık yapıya sahip olduğundan çoğu zaman kararlarımız bulanık ve belirsiz olmaktadır. Aslında bu durum insan için çok normaldir ve insan düşünce ve zihin yapısının zaruri bir halidir. Günümüzde bilgisayarların da siyah veya beyaz olarak net bir karar vermesi yerine gri olarak da karar alabilmesinin yolu bulanık mantık ile gerçekleşmiştir. Başka bir ifadeyle bulanık mantıkta siyah ve beyaz gibi renklerin yanında gri gibi ara renkler de mevcuttur [123].

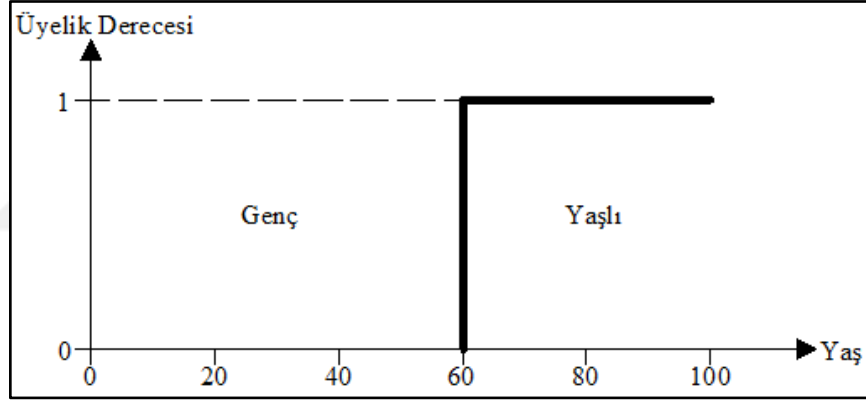
Bir insanın günlük yaşantısında aldığı kararlar genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi, olayı veya durumu ifade ederken kullanılan birçok ifade bulanıklık içermektedir. Bu ifadeleri yaşlı, genç, kısa, uzun, soğuk, sıcak, çok az, biraz fazla, orta derecede gibi kelimeler olarak sayabiliriz. Bir insan araç sürerken yolun durumuna göre fren veya gaz ayarını yapabilir, odanın ışık derecesine göre onu azaltabilir veya arttırabilir. Bu gibi durumlar bir insanın olaylar karşısında duruma göre hareket edip bulanık kararlar verdiğinin göstergesidir [124].

Bulanık mantık kavramının temelleri 1965 yılında Zadeh [125] tarafından oluşturulmuştur. Bulanık kümeyi, devamlılık derecesine sahip nesnelere sınıfı olarak tanımlamıştır. Böyle bir küme ile her nesneye $[0,1]$ arasında bir üyelik derecesi tanımlanır. Her bir nesnenin değeri 0 veya 1 olmakla birlikte bunlar arasındaki herhangi bir sayı da olabilmektedir. Fakat klasik küme teorisinde bu olay bu şekilde değildir. Klasik küme teorisine göre bir nesne 0 veya 1 değerini alabilir. Buna göre bir nesne 0 değerini almışsa o kümeyle ait değildir, 1 değerini almışsa o kümeyle aittir. Elemanları x olan bir X evrensel

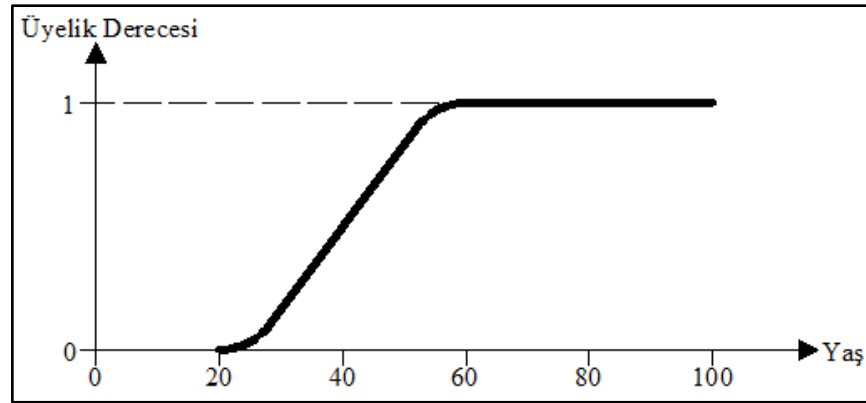
kümesi ele alalım. Bu elemanların $x \in A$ alt kümesine aitliği veya bu kümeye ait olup olmadığı denklem 5'teki ifadeyle belirlenir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{ise } x \in A \\ 0 & \text{ise } x \notin A \end{cases} \quad (5)$$

Şekil 2.1'e göre 60 ve üzerinde olan kişiler kesin olarak yaşlı sınıfına girmektedirken 59,5 yaşında olan bir kişi genç sınıfına girmektedir. Bu durum klasik küme teorisinin esnek olmadığı anlamına gelmektedir. Fakat gerçek hayatta durum bundan çok farklıdır. Şekil 2.2 ise bulanık küme teorisine göre ise sınırlar kesin değildir. 30 yaşındaki bir kişinin üyelik derecesi küçük olduğundan 50 yaşındaki bir kişiye göre genç sınıfına daha yakın olduğu söylenebilir.

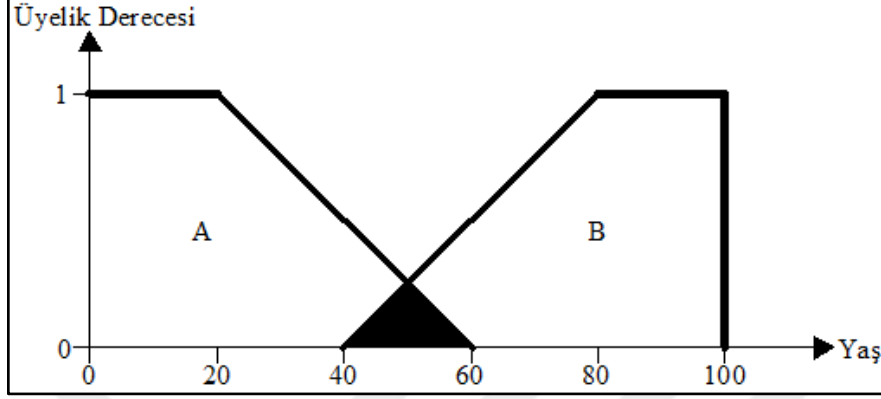


Şekil 2.1. Klasik küme teorisi için yaş örneği [124].



Şekil 2.2. Bulanık küme teorisi için yaş örneği [124].

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi bulanık kümelerde örtüşme de olabilmektedir. Taralı alanda yer alan elemanlar hem A bulanık kümesine hem de B bulanık kümesine aittir.



Şekil 2.3. Bulanık küme teorisi için örtüşüm örneği

Bir bulanık kümedeki elemanın kümeye aitlik kavramı tamamen üyelik derecesine bağlıdır. Eğer bulanık kümedeki bir elemanın üyelik derecesi 1'e ne kadar yakınsa o elemanın kümeye ait olma derecesi o kadar yüksektir.

2.1.1.1. Bulanık Mantığın Genel Özellikleri

Zadeh 1965'teki ilk çalışmasından sonra 1973 ve 1975 yıllarında bulanık mantık ile ilgili olarak iki tane daha çalışma gerçekleştirmiştir [126, 127]. Bulanık mantık teoreminin şekillenmesinden sonra orta şu şekilde bir genelleme yapmak mümkündür [128]:

- Bulanık mantıkta kesin değerlerle ifade edilen düşünce yerine yaklaşık değerlerle ifade edilen düşünce kullanılır.
- Bulanık mantıkta bir kümedeki nesnelere sadece 0 ve 1 değerleriyle değil $[0,1]$ aralığında herhangi bir değerle de ifade edilebilir.
- Bulanık mantıkta büyük, küçük, orta, az, çok az, fazla, çok fazla gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler ile tanımlı kurallar çerçevesinde yapılır.
- Bütün mantıksal sistemlerde bulanık mantık kullanılabilir.

2.1.1.2. Bulanık Mantığın Avantajları

Bulanık mantığın ortaya çıkması ile birçok avantajlarının olduğu görülmüştür. Bu avantajları şu şekilde sıralayabiliriz [129]:

- İnsanın düşünce sistemi ve tarzına yakındır.
- Uygulamasında dilsel ifadeler kullanıldığından matematiksel bir modele ihtiyaç duymamaktadır.
- İstenilen sistem daha ekonomik olarak kurulabilir çünkü yazılımı oldukça basittir.
- Bulanık mantık kavramı anlaşılabilir olduğundan uygulamayı kolaylaştırmaktadır.
- [0,1] aralığında üyelik derecesi değerlerine sahip olduğundan dolayı her eleman bu aralıkta farklı değerler alabilir ve bu durum yapıyı esnek bir hale getirir.
- Az, çok az, fazla, çok fazla gibi kesinlik belirtmeyen ifadeler kullanılabilir.
- Doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyonlar bulanık mantık ile modellenebilir.
- Bulanık mantığa dayalı bir model veya sistem yalnızca uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda kolayca tasarlanabilir.
- Bulanık mantık geleneksel kontrol teknikleriyle uyumludur.

2.1.1.3. Üyelik Fonksiyonu Kavramı

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanmaktadır. Bir A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu(A)$ ile gösterilir ve bir a elemanının A bulanık kümesine kesinlikle aitse $\mu(a) = 1$, kesinlikle ait değilse $\mu(a) = 0$ olarak kabul edilir. Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri, a elemanının A bulanık kümesine daha fazla ait olduğu anlamına gelir [130]. Bulanık kümelerde dilsel ifadeleri matematiksel ifadelerle belirtmek amacıyla bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bunun için bulanık sayıların özel bir hali olan üçgensel bulanık sayılar kullanılmaktadır. Üçgensel bir bulanık sayı (\tilde{A}) üç gerçek sayı ($l \leq m \leq u$) ile ifade edilir ve üyelik fonksiyonu bu üçgensel sayılara göre tanımlanır. Şekil 2.4'te üçgensel bulanık sayıların grafiksel olarak ifadesi yer almaktadır. Zimmermann [131], bir A bulanık kümesindeki x elemanını için üyelik fonksiyonunu denklem 6'da tanımlamıştır:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \text{ veya } x < l \end{cases} \quad (6)$$

($l \leq m \leq u$) ifadesiyle temsil edilen bir \tilde{A} bulanık sayısında l bulanık sayının alt sınırını, u bulanık sayının üst sınırını ve m ise bulanık sayının en mümkün değerini göstermektedir. Bu şekilde bir gösterimle bir elemanın bulanıklık değeri ortaya çıkmış olmaktadır. $\tilde{A}_1=(l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{A}_2=(l_2, m_2, u_2)$ olarak kabul edilirse aşağıdaki bulanık denklemler şu şekilde gösterilebilir [131]:

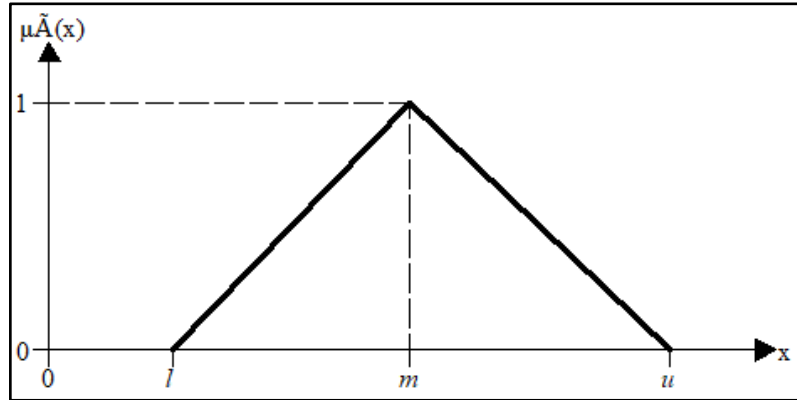
- Toplama işlemi: $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$ (7)

- Çıkarma işlemi: $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$ (8)

- Çarpma işlemi: $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2)$ (9)

- Bölme işlemi: $\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1/l_2, m_1/m_2, u_1/u_2)$ (10)

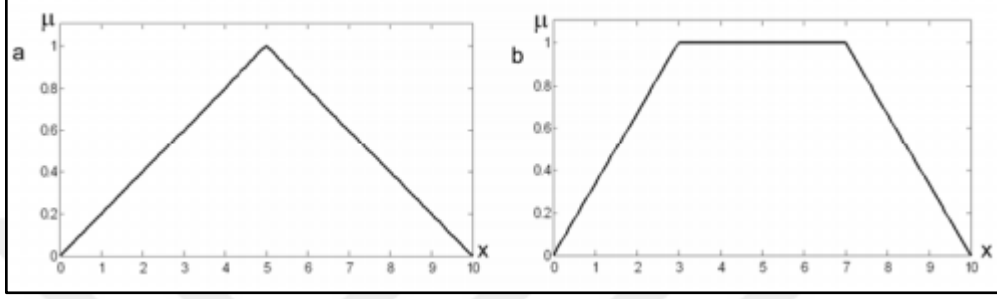
- Tersini alma işlemi: $\tilde{A}_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$ (11)



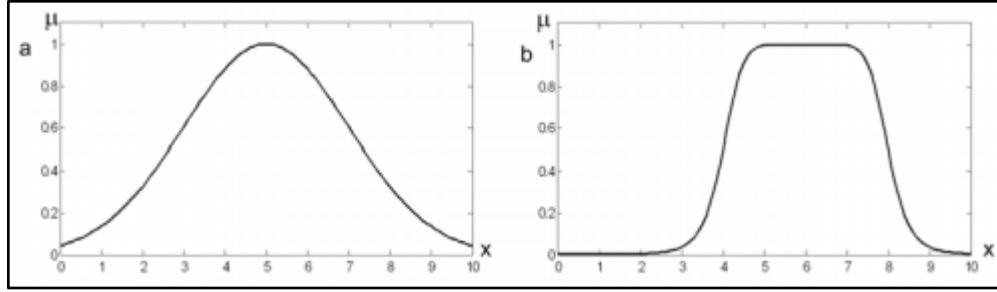
Şekil 2.4. Üçgensel bulanık sayıların grafiksel gösterimi

Üyelik fonksiyonu parametrelerinin belirlenebilmesi için net bir yöntem olmamasına rağmen üyelik fonksiyonu tipinin belirlenmesi ile olarak iki genel yaklaşım mevcuttur. İlk yaklaşımda, üyelik fonksiyonunun tipi uzmanların bilgi ve tecrübeleri kullanılarak genel bir

üyelik fonksiyonu tipi orta çıkmaktadır. İkinci yaklaşımda ise sistemle ilgili verilerin toplanıp üyelik fonksiyonu tipinin seçilmesinden sonra üyelik fonksiyonunun oluşturulmasıdır [132]. Literatürde en sık kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri üçgen, yamuk, Gauss, çan eğrisi, sigmoidal, S tipi ve Π tipi olarak sayılabilir. Bunlardan bazılarını Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'daki grafikler örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.5. Üyelik fonksiyonu tipleri (a) üçgen tipi, (b) yamuk tipi



Şekil 2.6. Üyelik fonksiyonu tipleri (a) gauss tipi, (b) çan eğrisi tipi

2.1.1.4. Bulanık Mantıkta Durulaştırma İşlemi

Sözel ifadelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi ile oluşan veriler üzerinde işlem yapabilmek ve çıkan sonuçları irdeleyebilmek için bulanık sayılara durulaştırma işlemi uygulanması gerekmektedir. Şen [133] durulaştırma işlemi, bulanık küme işlemi sonucunda ortaya çıkan bulanık kümenin sayısal ifadelere dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Literatürde ağırlık merkezi, ağırlık ortalaması, maksimum durulaştırma, en büyük üyelik ilkesi, sentroid yöntemi, ortalama en büyük üyelik, en büyük alanın merkez yönetimi ve toplamların merkez yönetimi gibi birçok durulaştırma yöntemi mevcuttur. Bu tez kapsamında üçgensel bulanık sayılar kullanılacağından dolayı üçgensel bulanık sayıların durulaştırılması ile ilgili durulaştırma yöntemleri incelenecektir.

$\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$ üçgensel bir bulanık sayı olmak üzere Kwong ve Bai [134], Wang [135], Yao ve Chiang [136] \tilde{A} 'nın durulaştırılmış hali için sırasıyla denklem 12, denklem 13 ve denklem 14'ü önermektedir:

$$A = \left(\frac{l + 4m + u}{6} \right) \quad (12)$$

$$A = \left(\frac{l + m + u}{3} \right) \quad (13)$$

$$A = \left(\frac{l + 2m + u}{4} \right) \quad (14)$$

Tersane kuruluş yeri seçimi için bu tez kapsamında Buckley tarafından önerilen bulanık AHP ile Chen tarafından önerilen bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılacaktır. Bu nedenle bu iki yöntem ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2.1.1.5. Tersane Kuruluş Yeri Seçimi İçin Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS

Karar verme işlemi bir süreçtir. Bu süreç içerisinde bütün olasılıklar, alternatifler, faaliyetler içinden en uygun olan amaç veya amaçlar seçilir. Karar vermede temel unsur insan olduğundan kararı veren kişinin psikolojik, sosyolojik, ekonomik ve kültürel yapısı karar verme süreci için oldukça önemlidir [137]. Her geçen gün değişen dünya şartları sadece insanları değil kurumları, firmaları ve işletmeleri devamlı olarak aldığı kararlarda doğru ve başarılı sonuçlara ulaştırmaya zorlamaktadır [138]. Kişi ve kurumlar yaşam süreleri boyunca sürekli olarak alternatifler arasından seçim yapma ihtiyacı duymaktadır. Yapılan bu seçimler sözel olarak bir araya getirildiğinde alınan karar bulanık bir yapıya sahip olmaktadır. Bu nedenle, karar alma sürecinde karar analizleri ve algoritmaları gibi sayısal yöntemlerin başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir [139]. ÇKKV yöntemleri başarılı karar verme aşamasında önemli bir yer tutmaktadır. ÇKKV yöntemleri, çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) yöntemleri olarak iki kısma ayrılmaktadır [140]. ÇAKV yöntemleri genellikle tasarım problemleri için kullanılırken, ÇÖKV problemleri ise değerlendirme veya seçim problemleri için kullanılmaktadır [141].

ÇÖKV yöntemlerinden olan AHP, karmaşık dünyamızda kararlar almamıza yardımcı bir karar verme modelidir [142]. İlk olarak 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP matematiksel bir yöntem olup birey veya grupların kararlarını dikkate alan, niceliksel ve niteliksel değişkenleri toplu olarak değerlendiren bir modeldir [143]. AHP yönteminde ilk olarak amacın belirlenmesi gerekir. Amaç belirlendikten sonra belirlenen amacın gerçekleştirilmesi için gerekli olan faktörler veya kriterler uzman görüşleri temel alınarak belirlenir. Daha sonrasında faktörler ve kriterlerin ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur. Karar matrisleri oluşturulduktan sonra faktör ve kriterlerin ağırlıkları klasik AHP için Saaty [142] tarafından önerilen Tablo 2'deki önem skalası dikkate alınarak hesaplanır.

Tablo 2. Klasik AHP için Saaty tarafından önerilen önem skalası

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki seçenek de eşit öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla biraz daha üstün
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla oldukça üstün
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla üstün
9	Kesin önemli	Bir kriter diğerine oranla kesin üstün
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiren durumlar için geçerli

ÇAKV problemleri için karar vericinin değerlendirme yapacak ve belirsiz durumlarda karar alabilmesini kolaylaştıracak şekilde bulanık AHP ile ilgili ilk çalışmaları 1978 yılında yapan Yager [144] olmuştur. Laarhoven ve Pedrycz [145] 1983 yılında yaptıkları çalışma ile ilk defa olarak üçgensel üyelik fonksiyonunu tanımlayarak bulanık sayıları kullanmıştır. Daha sonrasında ise bulanık AHP ile ilgili olarak Buckley [146], Chang [147], Zhu vd. [148] çalışmalar yaparak bu alana katkı sağlamışlardır.

2.1.1.6. Bulanık AHP Yönteminin Aşamaları

Bu bölümde Buckley [146] tarafından önerilen bulanık AHP yönteminin uygulama aşamalarından bahsedilecektir. Buckley yaptığı çalışmasında yamuk bulanık sayılar kullanarak ağırlık vektörlerini geometrik ortalama ile hesaplamıştır.

Aşama 1. Faktör veya kriterlerin belirlenmesi: Alternatiflerin seçimi için dikkat edilmesi gereken faktör veya kriterler uzman görüşleri ve karar vericiler tarafından belirlenir.

Aşama 2. Dilsel ifadelerin tanımlanması: Kriterler belirlendikten sonra bu kriterlerin önemini belirtmek için dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları tanımlanır.

Aşama 3. Uzman ve karar vericilerin görüşlerinin toplanması: Kriterlerin ikili karşılaştırmalarını içeren anketler yardımıyla (her uzman ve karar verici için ayrı ayrı olmak üzere) toplanır.

$$\tilde{E}^k = \begin{pmatrix} \tilde{e}_{11}^k & \dots & \tilde{e}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{e}_{n1}^k & \dots & \tilde{e}_{nn}^k \end{pmatrix} \quad (15)$$

Denklem 15’de \tilde{E}^k , k. uzman tarafından ikili olarak karşılaştırılan kriterlerin her birinin önem derecesini ifade eden bulanık karar matrisini ifade etmektedir. Matris içerisindeki \tilde{e}_{ij}^k ise k. uzmana göre i. kriterin j. kritere bulanık karşılaştırma değeridir.

Aşama 4. Toplanan uzman görüşlerinin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi: Uzmanlardan veya karar vericilerden toplanan veriler dilsel ifadeler şeklinde olduğundan bu verilerle sayısal işlem yapabilmek için toplanan verilerin önem derecelerini belirten bulanık sayılara dönüştürülmesi gerekir. Tablo 3’de dilsel ölçek ve bulanık sayı karşılıkları ile ilgili bir örnek verilmiştir.

Tablo 3. Örnek bir dilsel ölçek ve bulanık sayı karşılıkları

Tanım	Bulanık sayı karşılığı
Eşit önemli	(1, 1, 3)
Orta derecede önemli	(1, 3, 5)
Kuvvetli derecede önemli	(3, 5, 7)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5, 7, 9)
Kesin önemli	(7, 9, 9)

Aşama 5. Bulanık sayılara dönüştürülen uzman görüşlerinin birleştirilmesi: Bu aşamada uzman veya karar vericilerin her birinden ayrı ayrı elde edilen bulanık sayı verileri her kriter için ayrı ayrı birleştirilerek ortak ana ve alt kriter matrisleri oluşturulur. Bunu yapmanın birçok yöntemi bulunmaktadır. Bu tez kapsamında uzman veya karar vericilerden

elde edilen bulanık sayıların birleştirilmesi için Buckley [146] tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılacaktır. Geometrik ortalama eşitlikleri denklem 16 ve denklem 17’de gösterilmiştir.

$$\tilde{E}^a = \begin{pmatrix} \tilde{e}_{11}^a & \cdots & \tilde{e}_{1n}^a \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{e}_{n1}^a & \cdots & \tilde{e}_{nn}^a \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$\tilde{e}_{ij}^a = (\tilde{e}_{ij}^1 \otimes \tilde{e}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{e}_{ij}^p)^{\frac{1}{p}} \quad (17)$$

Burada \tilde{E}^a ; her bir kriterin önem derecesi için birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi, \tilde{e}_{ij}^a ; i. kriter ile j. kriter karşılaştırıldığında elde edilen birleştirilmiş bulanık karşılaştırma değeri, p; uzman veya karar vericilerin sayısı ve n ise kıyaslanan kriter sayısını ifade eder.

Tüm uzman veya karar vericilerin geometrik ortalamaları alınarak elde edilen karar matrisi denklem 18’de görülmektedir. Bu eşitlikte \tilde{E} , birleştirilmiş ikili karar matrisini ifade etmektedir.

$$\tilde{E} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{e}_{12} & \cdots & \tilde{e}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{e}_{m1} & \tilde{e}_{m2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (18)$$

Aşama 6. Kriter ağırlıklarının hesaplanması: Bu aşama, denklem 19 ile karar matrisindeki her satırın geometrik ortalamasının alınması ve hemen ardından denklem 20 ile de bulanık ağırlıklar hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{e}_{i1}^a \otimes \tilde{e}_{i2}^a \otimes \dots \otimes \tilde{e}_{in}^a)^{\frac{1}{n}} \quad (19)$$

Burada \tilde{r}_i ; i kriterinin bulanık karşılaştırma değerinin her kriter için geometrik ortalaması, \tilde{e}_{in}^a ; i. kriterin n. kriterle bulanık karşılaştırma değeri ve n ise toplam kriter sayısını ifade eder.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (20)$$

Burada \tilde{w}_i ; i. kriterin bulanık ağırlığını ifade eder.

Aşama 7. Her bir kriter için oluşturulan bulanık sayılar bu aşamada mutlak değerlere dönüştürülür. Durulaştırma işlemi için denklem 12, denklem 13 ve denklem 14 kullanılabilir. Daha anlaşılır sonuçlar elde etmek için mutlak değerler denklem 21 ile normalize edilmelidir [149]:

$$(w_N)_i^c = \frac{w_i^c}{\sum_{i=1}^b w_i^c} \quad (21)$$

Burada w_i^c ; denklem 12, denklem 13 veya denklem 14'den elde edilen i. ana kriterin mutlak ağırlığı, b; ana kriter sayısı ve $(w_N)_i^c$ ise i. ana kriterin normalize edilmiş mutlak değeridir. Alt kriterlerin normalizasyon işlemi için denklem 22 kullanılır:

$$(w_N)_i^{sc} = \frac{w_i^{sc}}{\sum_{i=1}^g w_i^{sc}} \quad (22)$$

Burada w_i^{sc} ; denklem 12, denklem 13 veya denklem 14'den elde edilen i. alt kriterin mutlak ağırlığı, g; ilgili ana kriter altındaki alt kriter sayısı ve $(w_N)_i^{sc}$ ise i. alt kriterin normalize edilmiş mutlak değeridir.

Aşama 8. Alt kriterler için bağıl ağırlıkların hesaplanması: Alt kriterleri kendi aralarında karşılaştırmak için bağıl ağırlıkların hesaplanması gerekir. Bunu sağlamak için denklem 23 kullanılır:

$$(w_R)_i^{sc} = (w_N)^c \times (w_N)_i^{sc} \quad (23)$$

Burada $(w_R)_i^{sc}$; i. alt kriterin bağıl mutlak ağırlığı, $(w_N)^c$; ilgili alt kriterleri içeren ana kriterin normalize edilmiş mutlak ağırlığı ve $(w_N)_i^{sc}$ ise i. alt kriterin normalize edilmiş mutlak ağırlığını ifade eder. Ayrıca $i = 1, \dots, g$ ve g sayısı ilgili ana kriter altındaki alt kriter sayısıdır. Her bir ana kriter altındaki alt kriter sayısı her zaman eşit olamayacağından daha gerçekçi bir karşılaştırma yapabilmek için denklem 24'deki gibi bir dengeleme prosesi eşitliği kullanılabilir:

$$(w_E)_i^{sc} = (w_R)_i^{sc} \times \frac{g}{t} \quad (24)$$

Burada $(w_E)_i^{sc}$; i. alt kriterin dengelenmiş mutlak ağırlığı, g; ilgili ana kriter altındaki alt kriter sayısı ve t ise toplam alt kriter sayısını ifade eder. Denklem 24 eşitliği kullanıldıktan sonra son olarak normalize işlemine başvurulur. Bunun için denklem 25 kullanılır:

$$(w_E^N)_i^{sc} = \frac{(w_E)_i^{sc}}{\sum_{i=1}^t (w_E)_i^{sc}} \quad (25)$$

Burada $(w_E^N)_i^{sc}$; i. alt kriterin dengelenmiş ve normalize edilmiş mutlak ağırlığını ifade eder.

2.1.1.7. Tutarlılık Kontrolü

Uzman kişiler tarafından doldurulması istenilen kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların güvenilir olması gerekmektedir. Bu durum en doğru seçime ulaşılabilmesi açısından son derece önemlidir. Tutarlılık oranı, uzman kişinin verdiği kararlarda ne kadar tutarlı davrandığının bir göstergesidir. Saaty ve Vargas [150] çalışmalarında tutarlılık oranı $\leq 0,1$ olan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu belirtmişleridir. Crawford ve Williams [151] ile Aguarón ve Moreno-Jiménez [152] karar matrislerinin tutarlılığı için satır geometrik ortalama metodunu (row geometric mean method- \overline{GCI}) önermiştir. Bulut vd. [153] ise tutarlılık kontrolü için merkezi tutarlılık indeksi (centric consistency index) adı altında denklem 26'yı önermiştir:

$$CCI(A) = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \sum_{i < j} \left(\log \left(\frac{a_{Lij} + a_{Mij} + a_{Uij}}{3} \right) - \log \left(\frac{w_{Li} + w_{Mi} + w_{Ui}}{3} \right) + \log \left(\frac{w_{Lj} + w_{Mj} + w_{Uj}}{3} \right) \right)^2 \quad (26)$$

Burada $A = (a_{Lij}, a_{Mij}, a_{Uij})$ bulanık bir karar matrisi, $w = [(w_{L1}, w_{M1}, w_{U1}), (w_{L2}, w_{M2}, w_{U2}), \dots, (w_{Ln}, w_{Mn}, w_{Un})]^T$ satır geometrik ortalama matrisi kullanılarak A'dan türetilen vektörü ve n ise kriter sayısıdır. Bu eşitliğe göre $CCI(A) = 0$ ise A matrisi tamamen

tutarlıdır. Aguarón ve Moreno-Jiménez [152] çalışmasında $n = 3$ için $\overline{GCI} = 0,31$, $n = 4$ için $\overline{GCI} = 0,35$ ve $n > 4$ için $\overline{GCI} = 0,37$ olarak belirlemiştir. CCI , \overline{GCI} 'nin bulanık bir hali olduğundan $CCI(A) < \overline{GCI}$ olduğu durumlarda matris tutarlıdır. Bu tezde Bulut vd. [153] tarafından önerilen denklem 29 ile karar matrislerinin tutarlılık kontrolü yapılacaktır.

2.1.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Bulanık TOPSIS yöntemi ÇKKV problem yöntemlerinden biridir. 1981 yılında Hwang ve Yoon [154] tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde pozitif ve negatif ideal çözüm kavramları bulunmaktadır. Pozitif ideal çözüme en yakın alternatifler seçilerek çözümün fayda kriterleri maksimize edilirken maliyet kriterleri minimize edilir. Negatif çözümlere en uzak alternatifler seçilerek çözümün maliyet kriterleri maksimize edilirken fayda kriterleri minimize edilir [155]. Bu yöntemde belirlenen kriter veya kriterlere göre bulanıklık içinde alternatifler değerlendirilir ve en uygun alternatiften başlayacak şekilde sıralaması yapılır [2]. Bulanık TOPSIS yöntemi ile ilgili olarak literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu tez kapsamında tersane kuruluş yeri ile ilgili olarak Chen [156] tarafından önerilen bulanık TOPSIS yöntemi incelenecektir. Chen çalışmasında önerdiği yöntemini birçok aşamalara ayırmıştır.

Aşama 1. Bulanık karar matrisindeki bütün sayıların $[0,1]$ aralığına indirgenmesi gerektiğinden normalizasyon işlemi uygulanır. Bunun için denklem 27 ve denklem 28 kullanılır:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \rightarrow \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad (27)$$

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \rightarrow \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad (28)$$

Bulanık TOPSIS yönteminde alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesi yapıldıktan sonra hangi kriterin faydalı (benefit) sınıfında ve hangi kriterin maliyet (cost) sınıfında olduğu belirlenmelidir. Örneğin, cep telefonu satın almak isteyen bir kişi için fiyat kriteri maliyet sınıfına girerken kamera özellikleri faydalı sınıfa girmektedir. Kriterler arasında bu sınıflandırma ayrımı yapıldıktan sonra faydalı kriterlerin $[0,1]$ aralığına

indirgenmesi için denklem 27, maliyet kriterlerinin $[0,1]$ aralığına indirgenmesi için denklem 28 kullanılır. Bu nedenle j faydalı kriter ise $c_j^* = \max_i c_{ij}$, j maliyet kriteri ise $a_j^* = \min_i a_{ij}$ olarak ifade edilir.

Aşama 2. Bu aşamada normalize edilen bulanık karar matrisi ağırlıklandırılmış karar matrisi haline dönüştürülür. Bunun için faydalı kriterler ile maliyet kriterlerinin bulanık bağlı ağırlıkları ile denklem 27 ve denklem 28'den elde edilen bulanık normalize edilmiş karar matrisi çarpılır. Bunun için denklem 29 kullanılır:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j \quad (29)$$

Aşama 3. Bu aşamada ilk olarak faydalı kriterler ile maliyet kriterlerinin bulanık pozitif ideal çözümü (A^*) ile bulanık negatif ideal çözümü (A^-) hesaplanır. Bunun için denklem 30a ve denklem 30b kullanılır:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \rightarrow \tilde{v}_j^* = \max_i (v_{ij3}) \quad (30a)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_1^-, \dots, \tilde{v}_1^-) \rightarrow \tilde{v}_j^* = \min_i (v_{ij1}) \quad (30b)$$

Daha sonrasında ise her bir kriter için alternatiflerin (A^*) ve (A^-) değerlerine olan mesafeleri denklem 31 ile bulunur:

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]} \quad (31)$$

Her bir kriter için alternatiflerin (A^*) ve (A^-) değerlerine mesafeleri bulunduğundan sonra her bir alternatif için kriter değerlerinin toplamları denklem 32a ve denklem 32b yardımıyla hesaplanır:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \rightarrow i = 1, 2, \dots, m \quad (32a)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad \rightarrow \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (32b)$$

Aşama 4. Bu aşamada her bir alternatif için yakınlık katsayıları (closeness coefficient) hesaplanır. Bunun için denklem 33 kullanılır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \quad \rightarrow \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (33)$$

Aşama 5. Yakınlık katsayıları hesaplanan alternatifler, yakınlık katsayıların büyüklüğüne göre sıralanır ve büyük olan alternatif seçilerek işlem tamamlanır.

2.1.3. Genetik Algoritmalar

Popülasyon tabanlı meta sezgisel algoritmaların çalışma mantığı neredeyse aynıdır. Mirjalili [94] çalışmasında bu çalışma mantığını şu şekilde ifade etmektedir:

- Yapılması gereken ilk adım bir dizi başlangıç çözümleri (Denklem 34) üretmektir.

$$(\vec{X}) = \{\vec{X}_1, \vec{X}_2, \dots, \vec{X}_n\} \quad (34)$$

- Denklem 34'deki çözümlerin her biri verilen problem için birer aday çözüm olarak kabul edilir ve bu değerleri amaç fonksiyonu (objective function) ile değerlendirilerek her biri amaç değeri (objective value) olarak atanır (Denklem 35).

$$(\vec{O}) = \{\vec{O}_1, \vec{O}_2, \dots, \vec{O}_n\} \quad (35)$$

- Daha sonrasında algoritma, uygunluk değerine göre aday çözümleri bir araya getirir ve geliştirmeyi esas alarak güncelleme yapar. Oluşan yeni çözümler amaç fonksiyonu yardımıyla tekrar değerlendirilir ve çözümlerin her biri ilgili uygunluk değerlerine atanır.

- Bu işlem istenilen sonlandırma kriteri sağlanana kadar devam eder ve işlem sonucunda elde edilen en iyi çözüm, global optimum için en uygun çözüm olarak kabul edilir.

GA, yukarıda ifade edildiği gibi çalışan bir meta sezgisel optimizasyon yöntemidir. Günümüzde hala daha popülerliğini devam ettiren GA, deterministik algoritmaların dezavantajlarını büyük ölçüde ortadan kaldıran bir tekniktir ve temel prensipleri 1975 yılında Holland [157] tarafından belirlenmiştir. Daha sonrasında ise GA'nın özellikleri Goldberg [158] tarafından ayrıntılı olarak belirlenmiştir.

GA'ların ilham kaynağı doğal evrim sürecidir ve doğal evrim süreci temel alınarak modellenmiştir. Biyolojik organizmaların genetik sürecine dayanır. Bu genetik süreç içerisindeki birçok kuşak boyunca doğal popülasyonlar, doğal seçim ve en iyinin hayatta kalması ilkesine dayanarak evrimleşmektedir [159]. Biyolojik organizmalardaki bu genetik süreç bilgisayar ortamında taklit edilip uygun bir kodlama yapılarak çözümü istenilen probleme uygulanır ve optimum veya optimuma yakın bir sonuç elde edilmeye çalışılır.

GA popülasyon olarak adlandırılan bir dizi aday çözümle başlar. Popülasyondaki her bir çözüm bir birey olarak temsil edilir. Bu bireyler genellikle kromozom olarak adlandırılan karakter dizileri (strings) ile temsil edilir. Nüfus büyüklüğü her nesilde (generation) korunur. Her bir bireyin / kromozomun uygunluğu değerlendirilir ve yeni nesiller her bir bireyin seçilme olasılığı uygunluk değerlerine göre belirlenir. Seçilen bireylerin bazıları rastgele eşleşir ve yavru bireyleri (offspring) meydana getirir. Uygunluk değeri yüksek olan bireylerin seçilme olasılığı daha yüksek olduğundan, yeni neslin bireyleri eski neslin bireylerinden daha yüksek ortalama uyum değerine sahip olabilir. Bu süreç nihai koşul sağlanıncaya kadar devam eder [160]. GA kullanmanın amacı arama uzayındaki en iyi genetik materyale sahip bireyi bulmaktır [161].

GA'daki en önemli etkenlerden birisi de genetik operatörlerdir. Bu genetik operatörler seçim (selection), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) operatörleridir. Seçim operatörü, yüksek uygunluk değerine sahip bireyleri seçmeyi amaçlar. Çaprazlama operatörü ile seçilen iki birey arasında belli bir kurala göre gen alışverişi olmaktadır. Mutasyon operatöründe ise bireyin gen dizilimi üzerinde rastsal değişiklikler yapılarak yeni bireyler oluşturulur [162]. Seçim, çaprazlama ve mutasyon, GA'nın yerel optimumu engellemesine yardımcı olan ve matematiksel optimizasyon algoritmalarından çok daha verimli tüm rastsal davranışlara sahiptir. En iyi bireylerin seçilme ve yeniden üretilme olasılığı en kötü bireylere göre daha yüksek olduğundan popülasyonun ortalama uygunluk

değeri nesiller boyunca iyileşir. GA'da problemin gradyan bilgisine ihtiyaç olmadığından bu algoritma ile bilinmeyen arama uzayına sahip gerçek problemleri çözmek daha kolay hale gelir. Bu nedenle günümüzde GA'lar geniş bir kullanım alanına sahiptir [94]. Yukarıdaki açıklamalardan sonra GA'nın işlem sürecini şu şekilde açıklayabiliriz [163]:

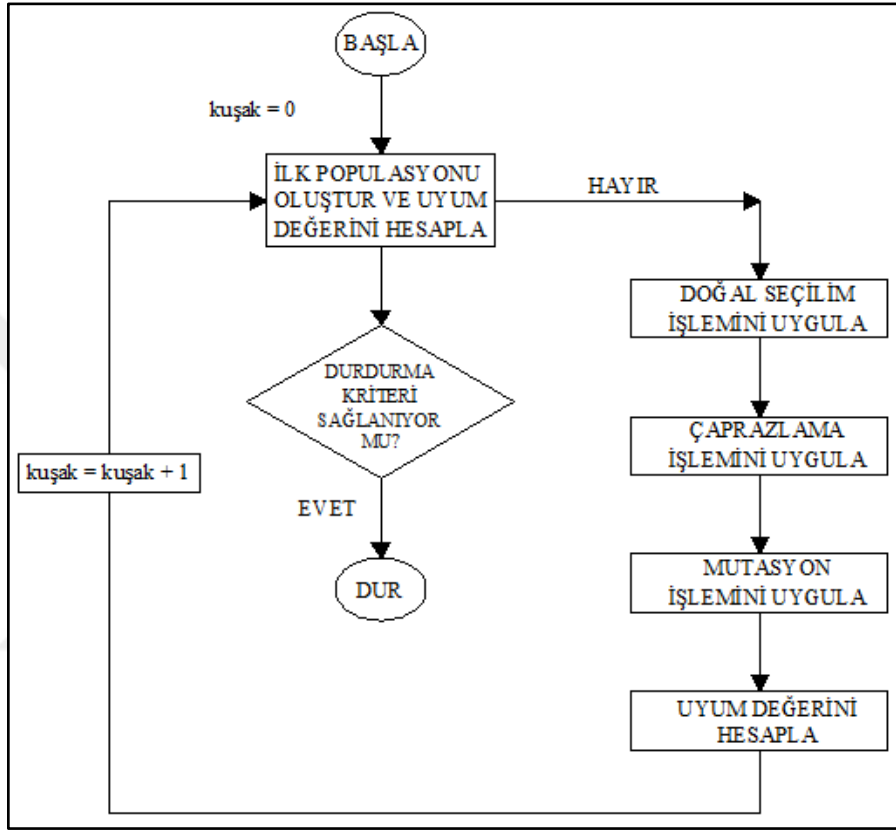
1. Başlangıç: Rastsal olarak n adet kromozoma / bireye sahip popülasyon oluşturulur.
2. Uyum değeri hesabı: Popülasyondaki her bireyin uygunluk değeri hesaplanır.
3. Yeni popülasyon: Yeni popülasyon tamamlanana kadar aşağıdaki adımları tekrarlayarak başlangıç popülasyonu ile aynı büyüklükte yeni bir popülasyon oluşturulur.
 - 3.1. Doğal seçim: Uygunluk değeri ve seçilme olasılığına göre mevcut popülasyondan bireyler (ebeveyn) seçilir.
 - 3.2. Çaprazlama: Belirlenen bir çaprazlama olasılığı ile seçilen bireylerden (ebeveyn) yavru bireyler (offsprings) meydana getirilir. Eğer çaprazlama işlemi yapılmadıysa yavru bireyler ebeveynlerin tam bir kopyası olarak bir sonraki aşamaya aktarılır.
 - 3.3. Mutasyon: Belirlenen bir mutasyon oranı ile yavru bireyin gen diziliminde değişiklikler yapılır.
 - 3.4. Mutasyon işleminden çıkan yavru bireyler yeni popülasyona aktarılır.
4. Yeni popülasyonun uyum değeri hesabı: Elde edilen yeni popülasyon artık mevcut popülasyon olarak kabul edilir ve bireylerin uyum değerleri hesaplanır.
5. Test: Eğer durdurma kriteri sağlandıysa işlem durdurulur ve global optimum değere sahip olan birey, çözüm olarak kabul edilir.
6. Döngü: Eğer durdurma kriteri sağlanmadıysa 2. Adıma dönülür ve süreç bu şekilde durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam eder. Şekil 2.7'de akış diyagramı yer almaktadır.

2.1.3.1. Genetik Algoritmalarda Temel Kavramlar

Klasik bir genetik yapıda bir probleme aday çözümler öneren bit dizilerine kromozom denir. Her bir kromozom genlerden (örneğin bitlerden) oluşur ve her gen bir allel (örneğin 0 veya 1) örneğidir [164].

Çok parametrelili arama uzayında tek bir potansiyel çözüme odaklanan geleneksel arama tekniklerinin aksine GA bir dizi potansiyel çözümü kapsar ve bu çözümler topluluğu popülasyon olarak adlandırılır. Popülasyon büyüklüğü genellikle nesiller boyunca sabit

kalır. Amaç fonksiyonu (objective function), nesildeki aday çözümleri uygunluk değerine göre sıralar ve kullanıcı tarafından belirlenir. Amaç fonksiyonu probleme özgüdür ve çözümün değerlendirildiği bir modeli temsil eder [166]. Şekil 2.8’de gen, kromozom ve popülasyon kavramları gösterilmiştir.



Şekil 2.7. GA akış diyagramı [165].

2.1.3.2. Genetik Algoritmalarda Kodlama Türleri

GA'nın çözüm elde edilebilmesi için yapılması gereken ilk şey probleme uygun kodlama biçiminin belirlenmesi ve oluşturulmasıdır. GA'nın temelini optimizasyon probleminin değişkenlerini temsil eden kodlama mekanizması oluşturur. Kodlama mekanizması problemin değişkenlerinin yapısına bağlı bir durumdur [167]. Kodlama ile problem tipine bağlı olarak aday çözümler temsil edilir. Popülasyondaki aday çözümlerin kodlanmasının nedeni, probleme özgü bilgilerin GA'nın anlayacağı şekle çevrilmesinden dolayıdır [168]. Farklı problem türleri farklı kodlama biçimleriyle ifade edilebilir ve hatta aynı problem türlerinde bile farklı kodlama biçimleri tercih edilebilir.

Literatürde birçok türde kodlama biçimleri vardır. Bunlar ikili (binary) kodlama, sıralı (permütasyon) kodlama, değer kodlaması ve ağaç kodlama olarak sıralayabiliriz. İkili kodlamada 0 ve 1 değerleri kullanarak kromozomlar / bireyler temsil edilir. İkili kodlama çok sık kullanılan bir kodlama biçimi olmasına rağmen gezgin satıcı ve çizelgeleme gibi problem türlerinde araştırma uzayını tam olarak temsil edememesinden dolayı tercih edilmemektedir [170].

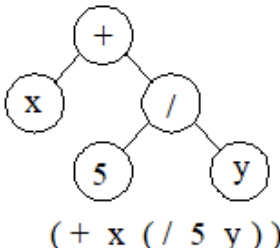
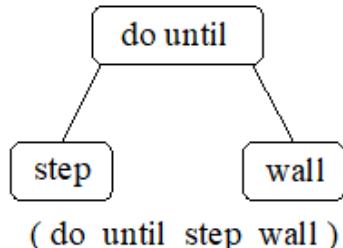


Şekil 2.8. Gen, kromozom ve popülasyon kavramı [169].

Değer kodlaması form numarası ve bazı karmaşık nesnelerin karakterlerinde gerçek sayı olabilir. Bu kodlama biçimi daha karmaşık değerlerin gerekli olduğu yerlerde kullanılır [171]. Genetik programlama gibi ifadeler veya programlar geliştirmek için en uygun tekniktir. Ağaç kodlamada her kromozom programlama dillerinde bazı nesnelerin, fonksiyonların veya komutların ağacıdır. Kodlama biçimlerinde gerçek problemlerde en sık kullanılanlardan birisi sıralı (permütasyon) kodlamadır. Bu kodlama sıralama problemleri için uygundur. Gezgin satıcı problemi, araç rotalama problemi ve TYPi gibi NP-Zor ve kombinatoriyal problem çeşitleri için kullanışlı bir kodlama biçimidir. Bu tez kapsamında TYP ile ilgili olarak aday çözümlerin temsil edilmesinde sıralı (permütasyon) kodlama biçimi kullanılacaktır. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da bahsedilen kodlama örnekleri bulunmaktadır.

Kromozom A	101100101100101011100101	(a)
Kromozom B	111111100000110000011111	
Kromozom A	1 5 3 2 6 4 7 9 8	(b)
Kromozom B	8 5 6 7 2 3 1 4 9	

Şekil 2.9. Kodlama biçimleri (a) ikili kodlama, (b) sıralı kodlama [172].

Kromozom A	1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545	(a)
Kromozom B	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT	
Kromozom C	(back), (back), (right), (forward), (left)	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Kromozom A</p>  <p>(+ x (/ 5 y))</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Kromozom B</p>  <p>(do_until step wall)</p> </div> </div>		(b)

Şekil 2.10. Kodlama biçimleri (a) değer kodlama, (b) ağaç kodlama [172].

2.1.3.3. Genetik Algoritmalarda Genetik Operatörler

Genetik operatörler bir problemde arama uzayı araştırılırken yerel optimum noktalardan kaçınmayı sağlar. İşlem sırasına göre temel genetik operatörler; doğal seçim veya çoğalma (selection / reproduction), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) operatörleridir. Başlangıç popülasyonu oluşturulup her bir kromozom / bireyin uyum değerleri hesaplanıp durdurma kriterini sağlayıp sağlamadığına bakılır. Durdurma kriteri sağlanmıyorsa aday çözümlere genetik operatörler uygulanır. Genetik operatörler sayesinde sonraki kuşaklarda daha kaliteli çözümler elde edilebilir. GA'da farklı kodlama biçimlerinin kullanması birçok türde genetik operatörün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Problem tipine göre doğru hangi genetik operatör çeşidinin kullanılacağı önemlidir ve deneysel çalışma veya literatür bilgisi ile seçim yapılabilir [173].

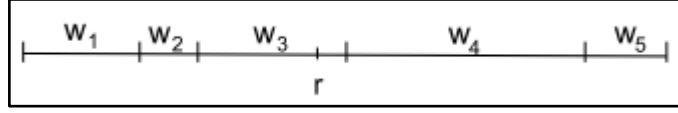
2.1.3.3.1. Doğal Seçilim veya Çoğalma Operatörü

Doğal seçilim, uygunluk değerlerine göre yavru birey (offspring) üretmek için ebeveyn bireylerin seçildiği olasılıklı bir seçim sürecidir. Yüksek uygunluk değerine sahip olan ebeveyn bireylerin bir sonraki nesle kopyalanma şansı daha yüksektir [174]. Doğru seçim operatörünün seçimi, hem yüksek kaliteli aday çözümleri bir sonraki nesle aktarmak hem de yerel optimum çözümlerden kaçınmak için önemlidir. Seçim operatörünü, yavru bireyleri çoğaltmak için kullanılacak uygun ebeveyn çözümleri seçme stratejisi olarak ifade etmek mümkündür [175]. Bu tez çalışmasında seçim operatörleri olarak rulet tekerleği seçimi (roulette Wheel selection), sıralama seçilimi (ranking selection) ve turnuva seçilimi (tournament selection) yöntemleri kullanılacaktır.

Bunun da en basit uygulaması, amaç fonksiyonunda dizi uygunluk değerlerine oranla ağırlıklandırılmış dilimlere sahip bir rulet tekerleği üzerinden doğrusal bir arama ile doğal seçilim işlemi yapılabilir [158]. Rulet tekerleği metodu ile seçim olasılığının aday çözümün uygunluk değeri ile orantılı olduğu varsayılmaktadır. N adet aday çözümden oluşan ve her birinin uygunluk değeri $w_i > 0$ ($i = 1, 2, \dots, N$) olduğu düşünüldüğünde i. aday çözümün seçilme olasılığı denklem 36'da gösterildiği gibidir [176]:

$$p_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (36)$$

Bu seçim yönteminde aday çözümlerin uygunluk değerleri $[0,1]$ aralığındaki sayılara dönüştürülür. Bunun anlamı, uygunluk değeri = $1 /$ uygunluk değeri şeklinde değerler $[0,1]$ aralığına indirgenmiş olur. Daha sonrasında her bir aday çözümün uygunluk değerine göre yüzdelik dilimler oluşturulur ve $[0,1]$ aralığında rastgele bir sayı üretilir. Üretilen rastgele sayı hangi yüzdelik diliminde ise o aday çözüm eşleşme için seçilir. Şekil 2.11'de beş adet aday çözümden oluşan bir popülasyondaki bireylerin uygunluk değerlerine göre skalası denklem 36'ya göre oluşturulmuş ve rastgele bir r sayısı üretilerek w_3 aday çözümü eşleşme için seçilmiştir. Rulet tekerleği seçimindeki temel çalışma prensibi, uygunluk değeri en büyük olan aday çözümün eşleşme şansının en büyük olmasıdır.



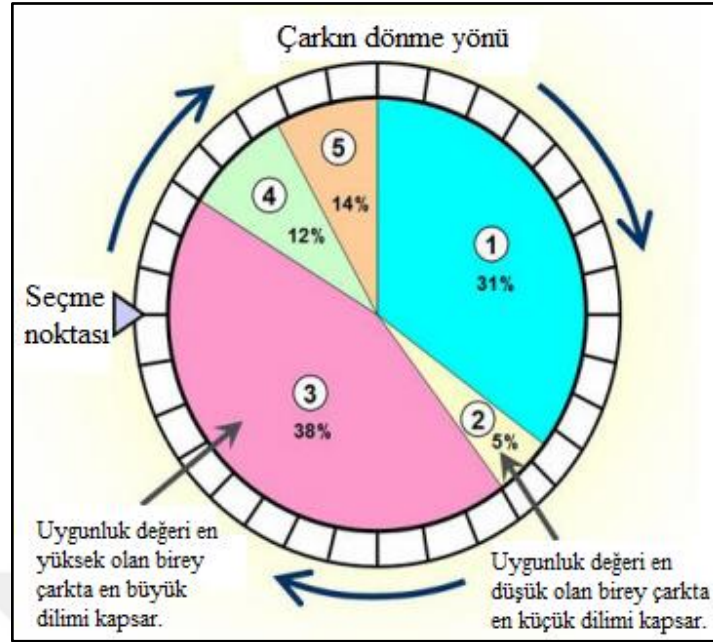
Şekil 2.11. Rulet tekerleğinde aday çözümlerin uygunluk değeri skalası [176].

Rulet tekerliği metodu Şekil 2.11’de bir skala şeklinde gösterildiği gibi bir çark şeklinde de gösterilebilir. Tablo 4’te beş aday çözümden oluşan bir popülasyondaki aday çözümlerin kromozom dizilimleri, uygunluk ve yüzdeler değeri verilmiştir. Bu değerlere göre Şekil 2.12’deki rulet tekerleği çarkı oluşturulabilir. Bu rulet çarkına göre % 38’lik bir değerle 3 numaralı birey en yüksek seçilme olasılığına sahipken % 5’lik bir değerle 1 numaralı birey en düşük seçilme olasılığına sahiptir.

Tablo 4. Rulet tekerleği çarkı için verilen aday çözümlerin bilgileri

No	Kromozom	Uygunluk Değeri	Yüzdeler Değeri
1	0001101011	6,82	% 31
2	1111011000	1,11	%5
3	0100000101	8,48	% 38
4	1110100000	2,57	% 12
5	1110001011	3,08	% 14
	Toplam	22,06	% 100

Sıralama seçim metodu da doğal seçim işleminde sıkça kullanılmaktadır. Hızlı yakınsamayı kontrol etmenin bir yolu, herhangi bir aday çözüme tahsis edilen test aralığının denetlenmesidir. Sıralama seçilimi bunu yapmak için kullanılan yöntemlerden biridir [177]. Rulet tekerleği yönteminde olduğu gibi en iyi uygunluk değerine sahip bireylerin her zaman bir sonraki nesle aktarılması sıkıntı meydana getirebilir. Bu nedenle uygunluk değeri en yüksek olmayan aday çözümlere de şans tanınması gerekir. N adet çözümden oluşan bir popülasyonda en küçük uygunluk değerine sahip olan birey 1, bir sonraki 2 ve en büyük uygunluk değerine sahip birey N değerini alarak bir sıralama oluşturulur. Daha sonrasında ise her birey aldığı sıra numarasına göre yüzdeler bir değeri alır. Bunu daha iyi anlamak için Tablo 4’teki veriler kullanılarak Tablo 5 oluşturulabilir.



Şekil 2.12. Rulet tekerleği çarkı gösterimi

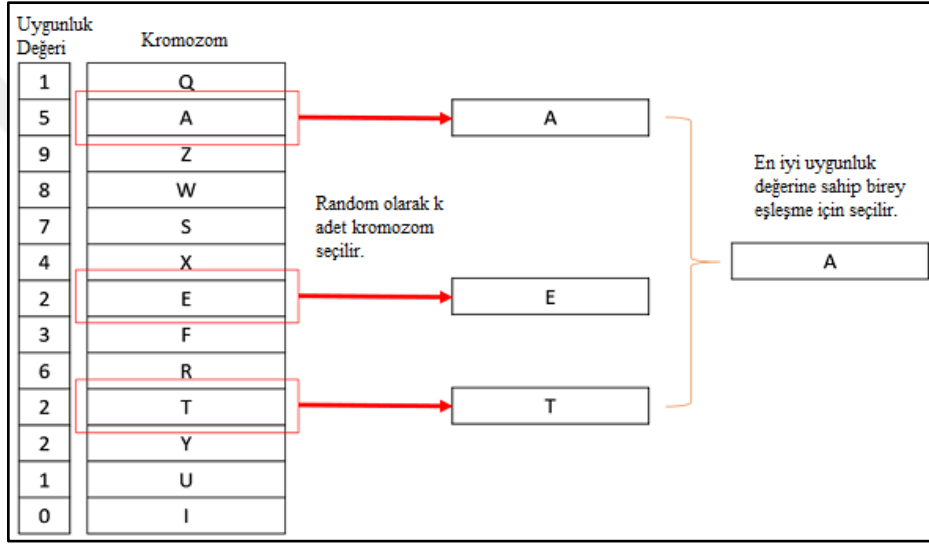
Tablo 5. Sıralama seçilimi için verilen aday çözümlerin bilgileri

No	Kromozom	Uygunluk Değeri	Sıralama	% Değer
1	0001101011	6,82	4	% 26,66
2	1111011000	1,11	1	% 6,66
3	0100000101	8,48	5	% 33,33
4	1110100000	2,57	2	% 13,33
5	1110001011	3,08	3	% 20
Toplam			15	% 100

Tablo 4 ile Tablo 5 karşılaştırıldığında rulet tekerleği seçiminde en yüksek seçilme olasılığına sahip olan 1 ve 3 numaralı bireylerin seçilme oranları sıralama seçimi kullanıldığında düşüş göstermiştir. Aynı şekilde, Tablo 4'te düşük seçilme oranına sahip 2, 4 ve 5 numaralı bireylerin seçilme oranları sıralama yöntemi kullanıldığında Tablo 5'te görüldüğü gibi artmaktadır. Sıralama seçiminde yüzdelik dilimler belirlendikten sonra rulet tekerleği yönteminde olduğu gibi rastgele sayılar üretilir ve üretilen sayı hangi yüzdelik dilimi içerisine giriyorsa o birey bir eşleşme için seçilmiş olur.

Doğal seçim işleminde yaygın olarak kullanılan bir diğer seçim yöntemi ise turnuva seçim metodudur. Bu metotta mevcut popülasyondan rastgele bir grup birey seçilir ve bu

gruptaki bireyler turnuvaya sokularak en iyi uygunluk değerine sahip birey bir sonraki nesil için seçilir. Turnuvanın boyutu (rastgele seçilen grup) ayarlanarak seçim basıncı ve dolayısıyla yakınsama hızı üzerinde bir miktar kontrol sağlanabilir. Turnuva boyutu en az iki olur ve ikili turnuva olarak adlandırılır. İkili turnuva daha büyük boyutlu turnuvalara göre daha yavaş yakınsama gösterir. Şekil 2.13'te uygunluk değeri ile birlikte bazı kromozomlar verilmiştir. Turnuva boyutu üç olacak şekilde mevcut popülasyondan A, E ve T kromozomları rastgele olarak seçilmiş ve aralarında en iyi uygunluk değerine sahip kromozom olan A, eşleşme için seçilmiştir.



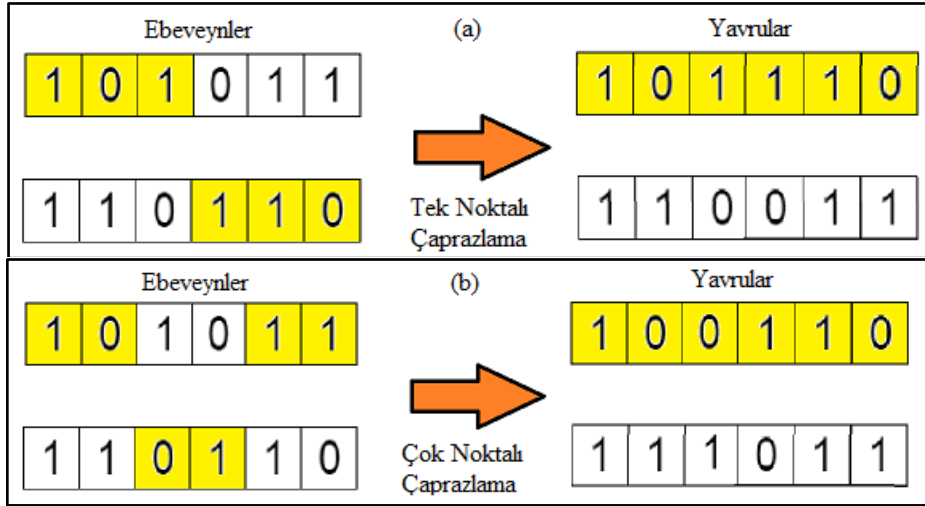
Şekil 2.13. Turnuva seçim metodu [178].

2.1.3.3.2. Çaprazlama Operatörü

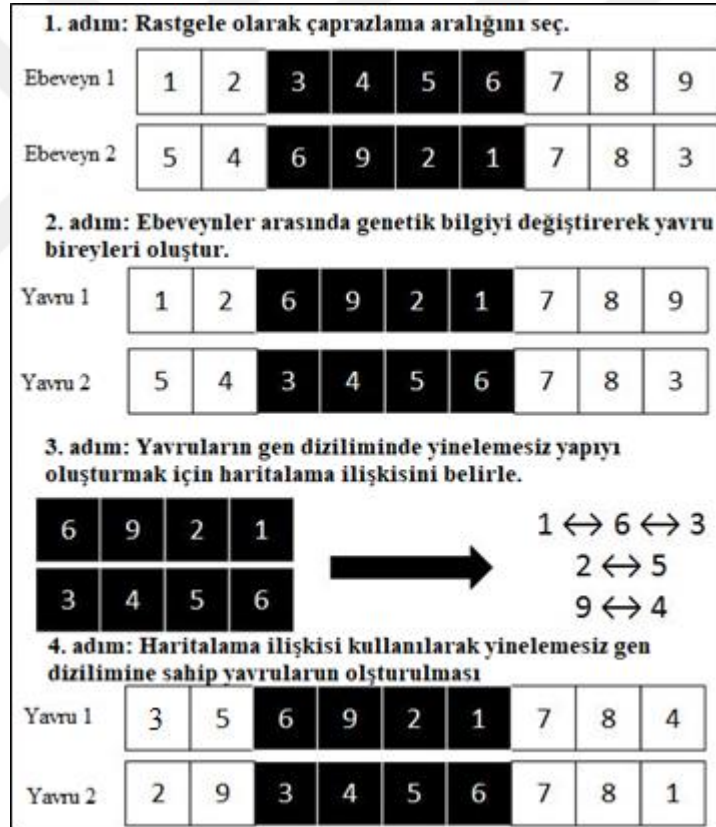
Biyolojik sistemlerde çaprazlama, kromozom çiftleri arasında segment değişimi yoluyla allellerin yeniden birleştirilmesini sağlayan bir işlemdir [179]. Çaprazlama işleminde ebeveyn1 ve ebeveyn2 bireylerinden çocuk1 ve çocuk2 olarak iki tane yavru birey üretilir [158]. Çaprazlama sayesinde anne ve babanın genetik materyali benzersiz bir yavru oluşturacak şekilde birleştirilir. Bu işlem türlerde değişiklik yapılmasını sağlar [180]. Mevcut gen havuzunun (popülasyon) potansiyelini araştırmak ve mevcut popülasyondan umut vadeden yeni bireyler oluşturmak amacıyla çaprazlama operatörü kullanılmaktadır. Belirlenmiş bir çaprazlama oranına eşit bir olasılıkla ebeveyn dizilere çaprazlama işlemi uygulanır [168]. Çaprazlamaya tabi olan bireyler doğal seçimden gelen yüksel uygunluk

değerine sahip bireyler olduğundan buradaki amaç bireylerin kromozom diziliminde saklanan bilgiyi mümkün olduğunca korumaktır [181]. Yapılan çalışmalarda birçok çaprazlama operatörü metodu önerilmiştir. Bu çaprazlama metotları kullanılan kodlama türüne göre değişiklik göstermektedir. İkili kodlamalar için en sık kullanılan çaprazlama metotları tek veya çok noktalı çaprazlamalardır. Tek noktalı çaprazlamada dizi uzunluğu L olan iki ebeveyn kromozomda rastgele 1 ile $L-1$ arasında bir tamsayı üretilir. Bu tamsayı sayıya göre ebeveyn kromozomlar arasında gen alışverişi yapılarak yavru bireyler oluşturulur (Şekil 2.14a). Çok noktalı çaprazlamada ise birden çok rastgele sayı üretilir ve bu sayılara göre ebeveyn diziler arasında gen alışverişi yapılarak yavru bireyler oluşturulur (Şekil 2.14b). Bu tez kapsamında permütasyon kodlama metodu kullanılacağından dolayı bu kodlama türlerinde kullanılan çaprazlama türlerine değinilecektir. Permütasyon türü kodlama sıralamaya dayalı bir kodlama türü olduğundan bir kromozom diziliminde tekrarlanan gen olmaması gerekir. Bu nedenle bu kodlama türüne özel çaprazlama metotları geliştirilmiştir. Permütasyon kodlamada kullanılan bazı çaprazlama türlerine PMX çaprazlama (Partially Mapped Crossover), OX çaprazlama (Order Crossover), CX çaprazlama (Cycle Crossover), OX2 çaprazlama (Order Based Crossover), MPX çaprazlama (Maximal Preservative Crossover), GX çaprazlama (Greedy Crossover) ve PBX çaprazlama (Position Based Crossover) gibi metotlar örnek olarak verilebilir. Bunların yanında literatürde daha birçok permütasyon kodlama türü ile ilgili çaprazlama metotları örnekleri bulunmaktadır.

PMX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu ilk kez Goldberg ve Lingle [182] tarafından geliştirilmiştir. Sıralamaya dayalı GA'ların kombinatoriyal optimizasyon problemlerinde (TYP gibi) tercih edilen popüler bir metottur. İki noktalı çaprazlamanın bir versiyonu olarak kabul edilebilen PMX çaprazlamada ek olarak yinelenen genlere sahip yavru bireylerin yinelenmeyen bir dizilime sahip olması için bir haritalama ilişkisi kullanılır [183]. Şekil 2.15'te PMX çaprazlamanın aşamaları gösterilmiştir. Rastgele olarak çaprazlama aralığı belirlendikten sonra bu aralığa denk gelen genetik bilgiler (ebeveyn 1'de 3 4 5 6 ve ebeveyn 2'de 6 9 2 1) karşılıklı olarak değiştirilerek iki adet yavru birey elde edilir. Buradaki en kritik nokta, haritalama ilişkisinin yapılmasıdır. Değiştirilen genetik bilgilerdeki haritalama aşaması 3. adımda görülmektedir. Bu haritalama ilişkisine göre yavru bireylerdeki yinelenen genler değiştirilir ve yinelenmeyen gen dizilimine sahip iki adet yavru birey elde edilmiş olur.



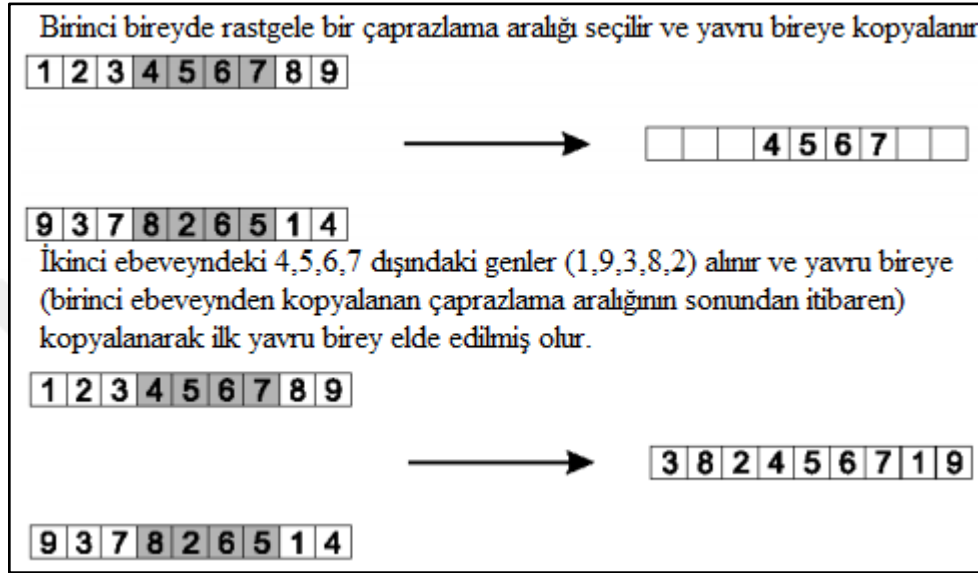
Şekil 2.14. İkili kodlama çaprazlama türleri (a) tek noktalı, (b) çok noktalı [169].



Şekil 2.15. PMX çaprazlama [185].

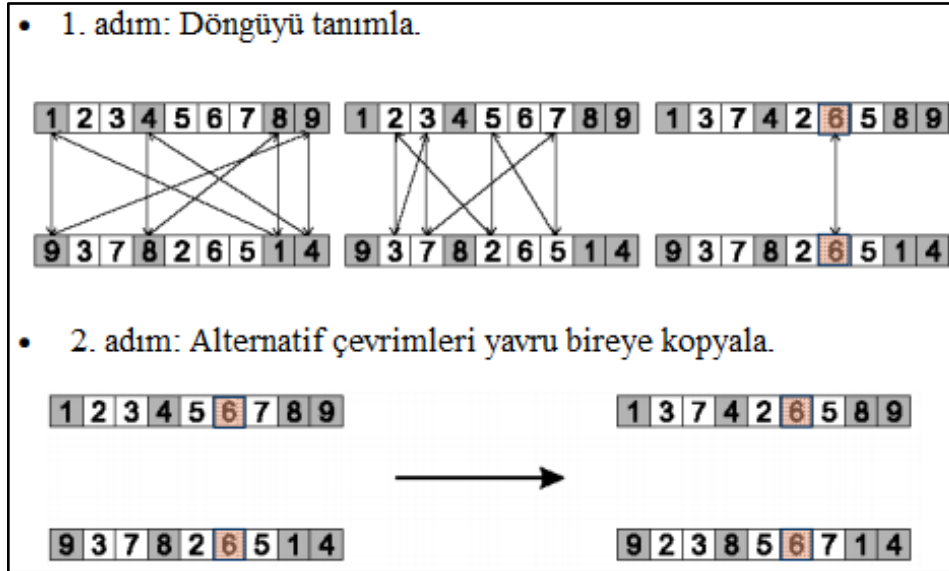
OX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu 1980'li yıllarda Davis [184] tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.16'da gösterildiği gibi iki ebeveyn bireyin birincisinden rastgele bir çaprazlama aralığı seçilir ve yavru bireye kopyalanır. Daha sonrasında ikinci ebeveynde,

birinci ebeveynden kopyalanan çaprazlama aralığındaki genlerin dışındakiler belirlenerek sırasıyla yavru bireye (çaprazlama aralığının son geninden itibaren) kopyalanarak ilk yavru birey elde edilmiş olur. Benzer şekilde, ikinci ebeveyn diziden rastgele bir çaprazlama aralığı seçilerek aynı işlemler tekrar edilerek ikinci yavru birey elde edilir.



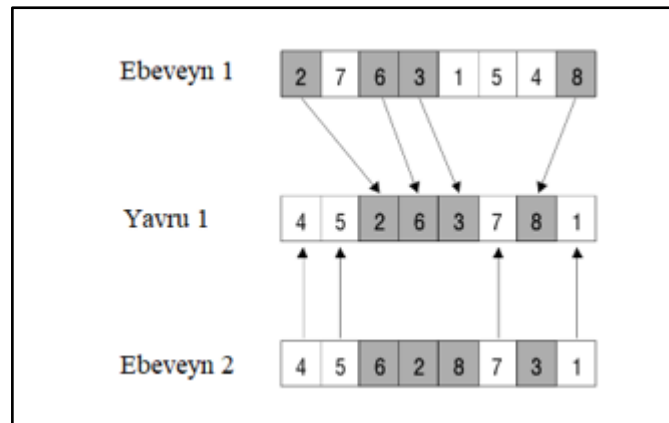
Şekil 2.16. OX çaprazlama [186].

CX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu 1980’li yıllarda Oliver vd. [187] tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.17’de gösterildiği gibi birinci ebeveynin ilk geninden başlanır. Daha sonrasında ikinci ebeveyndeki aynı konumdaki gene bakılır. Ardından ikinci ebeveyndeki genin birinci ebeveyndeki konumuna gidilir ve bu durum birinci ebeveyndeki başlangıç genine denk gelene kadar devam eder. Döngü tamamlandığında elde edilen döngü yavru bireye kopyalanır ve boş kalan konumlara ikinci ebeveyndeki aynı konumdaki genler kopyalanarak ilk yavru birey elde edilir. İkinci yavru birey elde etmek için de aynı işlemler tekrarlanır. Bu sefer döngü için ikinci ebeveynin ilk geninden başlayacak şekilde aynı işlemler tekrarlanarak ikinci yavru birey elde edilir.



Şekil 2.17. CX çaprazlama [186].

OX2 Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu 1990'lı yıllarda Syswerda [188] tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.18'de gösterildiği gibi birinci ebeveynden rastgele bir grup sayı seçilerek bu bir grup sayının ikinci ebeveyndeki konumları bulunur ve birinci yavru bireyin aynı konumlarına bu sayılar sırasıyla yerleştirilir. Birinci yavru bireydeki boş kalan konumlar da ikinci ebeveyndeki karşılıkları ile doldurulur. Benzer şekilde, ikinci ebeveynden rastgele bir grup sayı seçilip aynı işlemler tekrar edilerek ikinci yavru birey elde edilir.



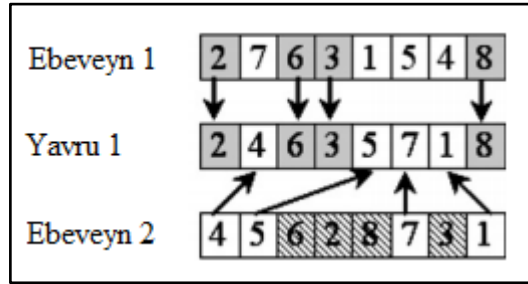
Şekil 2.18. OX2 çaprazlama [189].

MPX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu Mühlenbein [190] tarafından önerilmiştir. Şekil 2.19’da gösterildiği gibi birinci ebeveyn bireyden rastgele olarak bir çaprazlama aralığı seçilerek yavru bireyin baş kısmına kopyalanır. Ardından ikinci ebeveyn bireyde, birinci bireyden rastgele seçilen çaprazlama aralığındaki genler çıkartılarak elde edilen genler birinci yavru bireyin boş kalan konumlarına sırasıyla yerleştirilir.

Ebeveyn 1	1 2 3 4 5 6 7 8 9
Yavru 1	3 4 5 9 6 8 2 1 7
Ebeveyn 2	9 6 8 5 2 1 4 3 7

Şekil 2.19. MPX çaprazlama

PBX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu Syswerda [188] tarafından önerilmiştir. Şekil 2.20’de gösterildiği gibi birinci ebeveynden rastgele bir dizi gen seçilir. Seçilen bu genler aynı konumlarda olmak şartıyla yavru bireye kopyalanır. Ardından birinci ebeveynden seçilen bir dizi gen ikinci ebeveynden çıkarılıp geriye kalan genler yavru bireydeki boş kalan konumlara sırasıyla kopyalanır. Diğer yavru birey aynı şekilde bu işlemler tekrar edilerek bulunur.



Şekil 2.20. PBX çaprazlama [191].

GX Çaprazlama: Bu çaprazlama metodu ilk kez Grefenstette [192] tarafından önerilmiştir. Şekil 2.21’de gösterildiği bu çaprazlama metodunda ilk olarak ebeveynlerin birinden rastgele bir gen seçilir ve birinci yavru bireyin ilk geni olarak atanır. Daha sonrasında atanan bu ilk genin birinci ve ikinci ebeveyn bireydeki komşuluklarına bakılır. Bu komşuluk ilişkisinde hangi komşuluk arasında amaca uygunluk en iyi ise o gen seçilir ve

bu işlem birinci yavru birey oluşturuluncaya kadar devam eder. Eğer komşuluk için uygunluk eşit ise rastgele bir seçim yapılır. Birinci yavru birey oluşturulduktan sonra aynı işlemler tekrarlanarak ikinci yavru birey elde edilir.

Ebeveyn 1	1 2 3 4 5 0
Ebeveyn 2	4 1 3 2 0 5
* İkinci ebeveyni kalıp olarak kullanan bir yavru birey oluşturmak için 4 nolu gen yavru bireyin ilk geni olarak seçilir.	
4 x x x x x	
* Daha sonra her iki ebeveyde 4'ün komşulukları (4,5) ve (4,1) olarak tespit edilir. (4,1) komşuluğunun daha uygun olduğu farzedilirse 4'ün yanına 1 gelir.	
4 1 x x x x	
* Ardından 1'in komşulukları (1,2) ve (1,3) tespit edilir. (1,2) komşuluğunun daha uygun olduğu farzedilirse 1'in yanına 2 gelir.	
4 1 2 x x x	
* Bu işlem tüm konumlar tamamlanıp ilk yavru birey oluşturuluncaya kadar devam eder.	

Şekil 2.21. GX çaprazlama [193].

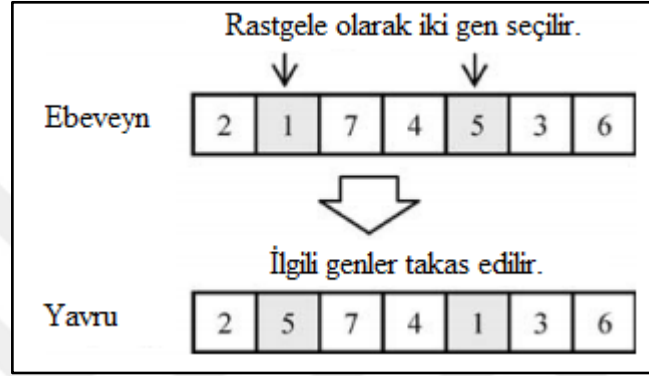
2.1.3.3.3. Mutasyon Operatörü

Mutasyon, bir genin bir allelinin yeni bir yapı elde etmek üzere rastgele başka biri ile değiştirildiği bir süreçtir [179]. Doğal seçim ve çaprazlama, mevcut kavramları etkin bir şekilde araştırıp birleştirirse de zaman zaman bazı potansiyel olarak yararlı olabilecek genetik materyalleri kaybedebilir. Mutasyon operatörü böyle telafi edilemez kayıplara karşı koruma sağlar. Basit GA'da, mutasyon nadiren (küçük olasılıkla) bir dizi konumunun rastgele değiştirilmesidir [158]. Mutasyonun en büyük özelliği yerel optimuma takılmayı engellemesidir. Ayrıca mutasyon erken yakınsamayı önler ve yeni çözüm uzayları keşfeder.

Mutasyon operatörü popülasyonda rastgele bir çeşitlilik sağlar. Mutasyon operatörü uygulanırken iki konu çok önemlidir. Bunlardan birincisi, mutasyon geçiren popülasyonun oranı (mutasyon olasılığı), ikincisi ise bir kromozomda üretilen bozulmayı / düzensizliği

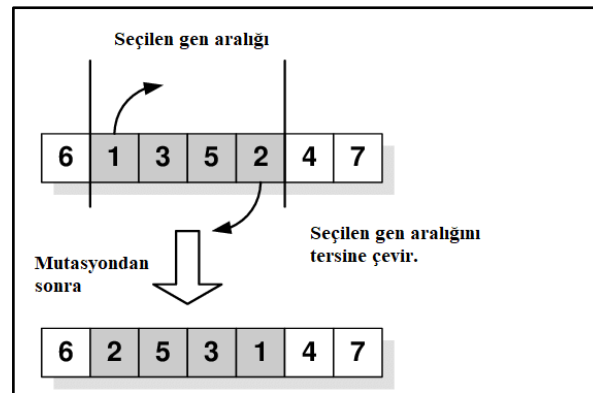
ifade eden mutasyonun gücüdür [194]. Yapılan çalışmalarda birçok farklı türde mutasyon operatörleri önerilmiştir. Bu tez kapsamında takas mutasyonu (swap mutation), tersine çevirme mutasyonu (inversion mutation) ve karıştırma mutasyonu (scramble mutation) gibi mutasyon türleri incelenecektir.

Takas Mutasyonu: Bu mutasyon metodunda Şekil 2.22'deki gibi bireyden rastgele iki gen seçilir ve ardından seçilen bu genlerin yeri değiştirilir.



Şekil 2.22. Takas mutasyonu [195].

Tersine Çevirme Mutasyonu: Şekil 2.23'te gösterildiği gibi bu mutasyon metodunda ebeveyn üzerinden rastgele bir gen aralığı seçilir. Seçilen aralık, aynı gen aralığında olacak şekilde ters çevrilir.



Şekil 2.23. Tersine çevirme mutasyonu [196].

Karıştırma Mutasyonu: Bu mutasyon metodunda tersine çevirme mutasyon metodunda olduğu gibi bir gen aralığı rastgele olarak seçilir. Ardından bu aralıktaki genler

rastgele olarak sıralanarak aynı gen aralığına yerleştirilir. Şekil 2.24'te görüldüğü gibi rastgele olarak 2,3,4,5,6 genlerinin bulunduğu aralık seçilmiştir ve bu genler rastgele olarak tekrar sıralanıp aynı gen aralığına konumlandırılmıştır.



Şekil 2.24. Karıştırma mutasyonu [197].

2.1.3.4. Genetik Algoritmalarda Kontrol Parametreleri

Popülasyon tabanlı meta sezgisel bir optimizasyon yöntemi olan GA'da popülasyon büyüklüğü, seçim stratejisi (hangi doğal seçim, çaprazlama veya mutasyon metodunun seçileceğinin kararı), çaprazlama olasılığı (p_c), mutasyon olasılığı (p_m) gibi önemli kontrol parametreleri bulunmaktadır. GA'larda parametrelerin kontrolü ve uygun olanlarının tespit edilmesi problemin çözümünde kritik bir rol oynamaktadır [173]. Uygun kontrol parametrelerinin seçiminin önemli olmasının nedeni keşfetme (exploration) ve kullanma (exploitation) kavramlarının varlığıdır.

Keşfetme ve kullanma meta sezgisel bir algortmada problemin çözümü için iki temel esas ve dengelenmesi gereken zıt kavramlardır [198]. Bu kavramlar popülasyon temelli algoritmalar arasındaki farklara bakılmaksızın hepsinde problemin çözümüne mutlaka etkisi vardır. Keşfetme mekanizması aday çözümleri ani ve rastgele olarak değiştirmeye teşvik eder. Aynı zamanda çözümlerin çeşitliliğini artırır ve arama uzayının daha iyi keşfedilmesini sağlar. GA'da keşfetme mekanizmasının ana etkeni yüksek çaprazlama olasılığıdır. Buna karşılık kullanma mekanizması, keşfetme mekanizmasıyla elde edilen gelecek vadeden çözümlerin kalitesini iyileştirmeyi amaçlar. Kullanma mekanizmasında aday çözümler üzerinde ani değişiklikler daha az tercih edilmelidir ve yerel arama yapmak gerekmektedir. GA'da kullanma mekanizmasını mutasyon operatörü gerçekleştirir. Bu iki temel esas arasında yapılan doğru denge popülasyon tabanlı algoritmalar kullanılarak global optimum çözümün en doğru bir şekilde bulunabilmesini garanti edebilir. Arama uzayında sadece keşfetme mekanizmasının kullanılması global optimum çözümün doğru bir şekilde bulunmasını engeller. Öte yandan, sadece kullanma mekanizmasının çalıştırılması yerel

optimum durgunluğa ve yine optimum çözümün kalitesinin düşmesine neden olur. Optimizasyon problemlerinde arama uzayının şekli net olarak bilinemediğinden dolayı bu iki temel esas arasındaki geçiş zamanlaması tam olarak bilinemez. Bunun için popülasyon tabanlı algoritmalarda ilk olarak yapılması gereken global optimumum çözümü kabaca bulmak ve sonrasında ise çözümün doğruluğunu arttırmaktır [94].

Keşfetme mekanizmasındaki temel yapıyı çaprazlama operatörü oluşturduğundan çaprazlama olasılığının artması aday çözümlerdeki gen oluşumunu arttırabilir fakat aynı zamanda iyi dizilime sahip aday çözümlerin bozulmasına da neden olabilir. Kullanma mekanizmasında temel yapıyı mutasyon operatörü oluşturduğundan kayıp genetik materyali yeniden oluşturmaya yardımcı olabilir fakat aynı zamanda genetik araştırmayı daha fazla rastsallık eğilimine zorlar. Bunlara ek olarak popülasyon büyüklüğünün arttırılması aday çözümlerin çeşitliliğini arttırmakta ve yerel bir optimuma erken yakınsama olasılığını azaltmaktadır fakat popülasyonun arama uzayındaki en uygun bölgelere yaklaşması için gereken süreyi arttırmaktadır. Bütün bunlardan sonra kontrol parametreleri ile ilgili olarak şunları söylemek mümkündür:

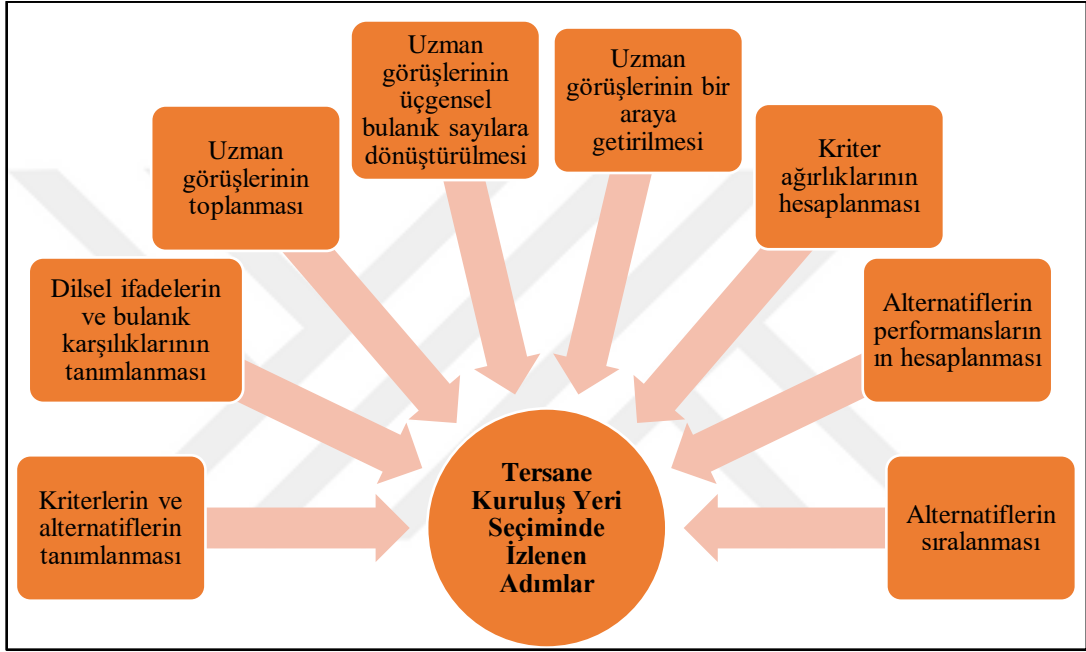
Genetik operatörler arasındaki etkileşimi dikkate almadan kontrol parametrelerini doğru olarak seçmek mümkün değildir. Kontrol parametrelerini birbirinden bağımsız olarak belirlenemedikleri için bu parametrelerin seçimi doğrusal olmayan karmaşık bir optimizasyon problemi halini almaktadır. Ayrıca, kontrol parametrelerinin amaç fonksiyonunun yapısına bağlı olarak ortaya çıktığı kritik bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır [167].

2.2. Uygulama

2.2.1. Tersane Kuruluş Yeri Seçimi Uygulaması

Bu bölümde en uygun tersane kuruluş yeri seçiminin yapılabilmesi için bir uygulama yapılmıştır. İlk olarak tersane kuruluş yeri seçimini etkileyen ana ve alt kriterler tersanelerin kurulabileceği bölgeler göz önüne alınarak tespit edilmiş ve sonrasında uzman görüşleri dikkate alınarak ana ve alt kriterlerin önem dereceleri bulanık AHP ile hesaplanmıştır. Daha önceden belirlenen şehirler (alternatifler), kriterler bazında uzmanlar tarafından değerlendirilmiş ve en iyi alternatifin hangisi olduğunu belirleyebilmek için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Bu uygulama için en önemli nokta ana ve alt kriterlerin en doğru biçimde tespit edilmesi işlemidir. Çünkü uzman görüşleri ile elde edilen bilimsel veriler belirlenen kriterler ölçüsünde başarı sağlayabilir. Bu nedenle ana ve alt kriterler net bir şekilde açıklanarak uzman görüşlerinin mümkün olduğunca sağlıklı bir şekilde alınması sağlanmalıdır. Bundan sonraki aşamalarda uzmanların dilsel ifadeleri bulanık sayılara çevrilerek sonuca ulaşılmaya çalışılır. Şekil 2.25'te sırasıyla izlenen adımlar ifade edilmiştir.



Şekil 2.25. Tersane kuruluş yeri seçiminde izlenen adımlar

Kriterlerin ve alternatiflerin tanıtılması: Tersane kuruluş yeri seçimi için 5 adet ana kriter ile 22 adet alt kriter belirlenmiş ve kuruluş yerinin neresi olması gerektiği ile ilgili olarak 5 adet alternatif sunulmuştur. Ana ve alt kriterler ile alternatifler ise Şekil 2.26'da gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 6'da alt kriterlerin kısaltmaları ve açıklamaları yer almaktadır.

Dilsel ifadelerin ve bulanık karşılıklarının tanımlanması: Dilsel ifadeler uzman görüşlerinden oluşan sözel ifadelerdir. Bu ifadeler bulanıktır ve uzman görüşleri alındıktan sonra matematiksel ifadelere çevrilir. Bu çalışma kapsamında alt ve ana kriterler için kullanılacak dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları sırası Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Alt ve ana kriterler ile alternatifler

Uzman görüşlerinin toplanması: Bu bölümde uzmanlardan önceden hazırlanan anket yardımıyla görüşleri alınarak her uzmanın (ana kriterlerin kendi aralarında ve her bir ana kriter altındaki alt kriterlerin kendi aralarındaki karşılaştırması kaydıyla) görüşleri dilsel ifadeler şeklinde alınır. Kriterlerin kendi aralarında değerlendirilmesine göre uzmanların verdiği cevaplar Tablo 7’deki dilsel karşılıkları ile ifade edilir. Buna örnek olarak Tablo 9’da uzman 1 tarafından verilen ana kriterlerin değerlendirilmesi tablosu verilebilir. Tablo 10’da ise uzman 1 tarafından doldurulan alternatif değerlendirmesi yer almaktadır.

Tablo 6. Tersane kuruluş yeri seçiminde belirlenen alt kriterler

Kısaltma	Alt kriterler	Açıklama
I1	İşçilik kalitesi	Ürün ortaya koyulurken işçilerin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılayabilme derecesidir.
I2	İşçilik maliyeti	Belirlenen veya olabilecek ihtiyaçların karşılanabilmesi için işçilik ile ilgili ortaya çıkan maliyettir.
I3	İşgücü arzı	Bir ülkede ekonomik faaliyetlere katılmak üzere işgücü (emeğini) arz edenlerin toplamını gerek insan sayısı, gerek çalışma saatleri yönünden ifade eden bir kavramdır.
I4	Ofis çalışanı personeli bulunabilirliği	Ofis ve büro gibi ortamlarda günlük işleyişlerin aksamadan sürmesini sağlayan kişilere denilmektedir. Ofis içi iletişim ve yazışma işlerinin çoğunu üstlenen bu kişiler, aynı zamanda firmaların dışı açılan yüzleri olarak da görev yapabilirler.
Ç1	Ulaşım	Özellikle hammadde ve malzeme taşınması için gerekli olan hava, deniz ve karayollarını kapsayan faktördür.
Ç2	İklim	Bulunduğu yerin sıcaklık, nem, hava basıncı, rüzgâr, yağış, yağış şekli gibi meteorolojik olaylarını ifade etmek için kullanılan ifadedir.
Ç3	Nüfus yapısı	Mevcut nüfusun yaş grupları, eğitim durumu, etkin nüfus özellikleri vb. özelliklerini ifade eder.
Ç4	Jeolojik yapı	Bulunduğu çevrenin fiziksel yapısını (yer kabuğu, fay hatları, yükseltisi, eğimi gibi coğrafi özellikleri) ifade eder.
Ç5	Enerji kaynaklarının yeterliliği	Bulunduğu çevrede var olan enerji kaynakları çeşitliliği ve yakınlığını ifade eder.
B1	Bölgenin ekonomik durumu	Üretim, ticaret, tüketim, ithalat ve ihracattan oluşan insan aktivitelerinin durumu olarak düşünülebilir.
B2	Tedarikçilere yakınlık	Firmaya girdi, ham madde, ürün vb. sağlayan üreticiler, tedarikçi olarak ifade edilir.
B3	Endüstri bölgelerine yakınlık	Ülke ekonomisinin gelişmesini ve teknoloji transferini sağlamak, üretim ve istihdamı artırmak, yatırımları teşvik etmek, yabancı sermaye girişini artırmak amacıyla kurulan yerlerdir.
B4	Diğer tersane bölgelerine uzaklık	Diğer bölgelerdeki tersanelerle olan mesafeyle ilgili durumu ifade eder.
B5	Altyapı ve yapı birim maliyeti	Mimarlık ve mühendislik hizmet bedelleri hesaplarında kullanılabilecek maliyeti ifade eder.
S1	Gelir seviyesi	İnsanların ortalama refah düzeyini ifade eder.
S2	İşsizlik oranı	Yaşanılan bir yerde insanların iş bulabilme imkânını ifade eden bir terimdir.
S3	Yaşam maliyeti	İnsanların asgari ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için gerekli olan maliyeti ifade eder.
S4	Farklı kültürlü nüfusun kabul edilebilirliği	Bir yerde yaşayan insanların kendi kültürlerinden olmayan insanlarla yaşayabilme olasılığını ifade eder.
F1	Mali teşvik	Yatırım yapmak isteyen bir girişimciye tanınan maddi veya hukuki kolaylıklar olarak ifade edilebilir.
F2	Vergi teşviki	Girişimcilerin belli proje veya sektörlere yatırım yapmalarını sağlamak amacıyla üzerlerindeki vergi yükünü azaltan teşviklerdir.
F3	Finans ve kredi kolaylığı	Bir yerde bulunan bankaların mali konularda sağladığı kolaylıklarla ilgili bir durumdur.
F4	Bankacılık hizmetlerinin kullanılabilirliği	Devlet ve/veya bankalardan, yapılmak istenilen yatırım için gerekli parasal sorunların giderilmesiyle ilgili durumu ifade eder.

Tablo 7. Alt ve ana kriterler için dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları

Dilsel ifade	Kısaltma	Bulanık karşılık
Eşit önemli	Eq	(1, 1, 1)
Biraz önemli	Wk	(1, 3, 5)
Oldukça önemli	Es	(3, 5, 7)
Çok önemli	Vs	(5, 7, 9)
Kesinlikle önemli	Ab	(7, 9, 9)

Tablo 8. Alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesi için dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları [199].

Dilsel ifade	Kısaltma	Bulanık karşılık
Çok zayıf	VP	(1, 1, 3)
Zayıf	P	(1, 3, 5)
Orta	F	(3, 5, 7)
İyi	G	(5, 7, 9)
Çok iyi	VG	(7, 9, 9)

Tablo 9. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

	İşçilik (I)	Çevre (Ç)	Bölge özellikleri (B)	Sosyo-kültürel yapı (S)	Finans ve vergi (F)
İşçilik (I)	Eq	1/Ab	Ab	Es	1/Vs
Çevre (Ç)	Ab	Eq	1/Vs	Wk	1/Ab
Bölge özellikleri (B)	1/Ab	Vs	Eq	Es	Es
Sosyo-kültürel yapı (S)	1/Es	1/Wk	1/Es	Eq	Wk
Finans ve vergi (F)	Vs	Ab	1/Es	1/Wk	Eq

Tablo 10. Uzman 1 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	G	F	G	VG	G	F	G	F	F	G	VG
Altınova	G	F	G	G	VG	F	G	F	F	G	G
Çamburnu	F	P	P	F	G	P	F	P	F	F	P
İzmit	F	P	F	VG	VG	F	G	F	G	VG	VG
Ereğli	G	F	F	G	G	F	F	G	G	F	F
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	G	P	G	P	F	G	VG	F	F	G	G
Altınova	G	F	G	F	P	G	G	F	F	F	F
Çamburnu	P	F	VP	F	P	F	F	F	F	F	P
İzmit	VG	P	F	F	P	P	VG	F	F	G	G
Ereğli	F	F	P	F	F	F	G	F	F	F	F

Uzman görüşlerinin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi: Bu bölümde Tablo 9'daki uzman görüşlerinin dilsel ifadeleri, matematiksel ifadeler olarak işlem yapabilmek için bulanık karşılıklarına çevrilir. Bunun için örnek olarak Tablo 9'daki dilsel ifadelerin bulanık sayı karşılıkları Tablo 11'da verilmiştir. Uzmanların tüm kriterlerle ilgili olarak belirtmiş oldukları görüşler Ekler kısmında verilmiştir.

Tablo 11. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi ile ilgili anketin bulanık sayılara dönüştürülmesi

Ana kriterler					
	İşçilik (I)	Çevre (Ç)	Bölge özellikleri (B)	Sosyo-kültürel yapı (S)	Finans ve vergi (F)
İşçilik (I)	(1, 1, 1)	(0.11, 0.11,0.14)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(0.11,0.14,0.2)
Çevre (Ç)	(7, 9, 9)	(1, 1, 1)	(0.11,0.14,0.2)	(1, 3, 5)	(0.11, 0.11,0.14)
Bölge özellikleri (B)	(0.11, 0.11,0.14)	(5, 7, 9)	(1, 1, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
Sosyo-kültürel yapı (S)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)
Finans ve vergi (F)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(1, 1, 1)

Uzman görüşlerinin bir araya getirilmesi: Bu kısımda uzman görüşlerinin bulanık sayılara dönüştürülerek elde edilen ikili karar matrisleri denklem 16 ve denklem 17 yardımıyla birleştirilmiş (aggregated) karar matrislerine dönüştürülür. Birleştirilmiş karar matrisini oluşturmak için Buckley [146] tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılarak denklem 18'deki birleştirilmiş ikili karar matrisi elde edilir. Toplamda beş adet uzmandan görüş alınmıştır ve her bir uzmanın önem ağırlığının eşit olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca kriterlerin alternatifler bazında değerlendirilmesinde kriterler fayda (benefit) ve maliyet (cost) kriterleri olarak ele alınmıştır. Tablo 12'de ana kriterler için birleştirilmiş karar matrisi yer almaktadır. Tablo 13 ve tablo 14'te ise alternatifler için fayda ve maliyet kriterlerinden elde edilen birleştirilmiş karar matrisleri gösterilmiştir. Burada Tuzla, Altınova, Çamburnu, İzmit ve Ereğli sırasıyla A1, A2, A3, A4 ve A5 olarak ifade edilmiştir.

Uzman görüşlerinin bir araya getirilip birleştirilmiş karar matrisleri oluşturulduktan sonra bu karar matrislerinin tutarlı olup olmadığı denklem 26 ile belirlenmiştir. Tablo 15'te birleştirilmiş tüm karar matrislerinin tutarlılık oranları verilmiştir. Burada karar matrislerinin toplam kriter sayısına göre olması gereken maksimum tutarlılık oranı verilmiştir. Denklem

26 kullanılarak elde edilen tutarlılık oranları, uzman görüşlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 12. Ana kriterler için birleştirilmiş karar matrisi

Ana kriterler					
	İşçilik (I)	Çevre (Ç)	Bölge Özellikleri (B)	Sosyo-kültürel yapı (S)	Finans ve vergi (F)
İşçilik (I)	[1 1 1]	[0,89 0,95 1,05]	[1,47 2,41 2,95]	[1,05 1,63 2,71]	[0,51 0,72 1,07]
Çevre (Ç)	[0,95 1,05 1,12]	[1 1 1]	[0,51 0,72 1,07]	[1,16 2,29 3,50]	[0,44 0,55 0,84]
Bölge Özellikleri (B)	[0,34 0,41 0,68]	[0,93 1,38 1,97]	[1 1 1]	[1,55 2,37 3,00]	[0,49 0,75 1,27]
Sosyo-kültürel yapı (S)	[0,37 0,61 0,95]	[0,28 0,44 0,86]	[0,33 0,42 0,64]	[1 1 1]	[0,37 0,63 1,07]
Finans ve vergi (F)	[0,93 1,38 1,97]	[1,18 1,81 2,29]	[0,79 1,33 2,04]	[0,93 1,58 2,67]	[1 1 1]

Tablo 13. Fayda kriterleri için birleştirilmiş karar matrisi

Alternatifler	Kriterler			
	I1	I3	I4	C1
A1	[5,72 7,74 9,00]	[4,14 6,53 8,00]	[7,00 9,00 9,00]	[2,81 5,24 7,11]
A2	[4,83 6,89 8,56]	[3,88 4,99 7,22]	[5,72 7,74 9,00]	[4,21 6,32 7,74]
A3	[2,41 4,51 6,54]	[1,72 3,94 6,01]	[2,29 3,68 5,81]	[4,83 6,88 8,56]
A4	[3,32 5,35 7,36]	[2,67 4,83 6,88]	[4,99 7,11 8,14]	[4,66 6,76 8,14]
A5	[1,90 4,21 6,32]	[2,41 4,51 6,54]	[2,81 5,24 7,11]	[4,51 6,54 8,56]
	C2	C3	C4	C5
A1	[4,36 6,43 8,14]	[6,12 8,14 9,00]	[3,16 5,43 7,24]	[4,66 6,76 8,14]
A2	[2,95 5,16 7,24]	[4,83 6,88 8,56]	[1,93 2,63 4,99]	[2,95 5,16 7,24]
A3	[1,55 3,68 5,72]	[3,00 5,00 7,00]	[2,04 4,43 6,32]	[2,67 4,83 6,88]
A4	[3,68 5,72 7,74]	[5,00 7,00 9,00]	[2,41 4,51 6,54]	[4,51 6,54 8,56]
A5	[2,14 4,36 6,43]	[3,00 5,00 7,00]	[3,62 5,91 8,00]	[2,95 5,16 7,24]
	B1	B2	B3	B4
A1	[6,11 8,14 9,00]	[7,00 9,00 9,00]	[5,72 7,74 9,00]	[4,83 6,88 8,56]
A2	[5,00 7,00 9,00]	[3,62 5,91 8,00]	[3,88 6,21 8,00]	[4,83 6,88 8,56]
A3	[2,67 4,83 6,88]	[1,00 2,41 4,51]	[1,24 2,67 4,83]	[1,24 1,38 3,55]
A4	[5,72 7,74 9,00]	[5,16 7,24 8,56]	[5,72 7,74 9,00]	[2,67 4,83 6,88]
A5	[1,93 4,07 6,12]	[2,41 4,51 6,54]	[1,93 3,27 5,52]	[1,84 4,14 6,01]
	S1	S4	F1	F2
A1	[3,00 5,51 7,11]	[5,16 7,24 8,56]	[3,68 5,72 7,74]	[4,07 6,12 8,14]
A2	[3,68 5,72 7,74]	[5,35 7,36 9,00]	[3,38 5,71 7,24]	[4,66 6,76 8,14]
A3	[1,93 4,07 6,12]	[2,95 4,14 6,53]	[2,95 5,16 7,24]	[3,32 5,35 7,36]
A4	[4,07 6,12 8,14]	[5,16 7,24 8,56]	[3,68 5,72 7,74]	[3,68 5,72 7,74]
A5	[1,93 4,07 6,12]	[3,62 5,91 8,00]	[2,41 4,51 6,54]	[3,32 5,35 7,36]
	F3	F4		
A1	[3,62 5,91 8,00]	[5,72 7,74 9,00]		
A2	[2,95 5,16 7,24]	[4,66 6,76 8,14]		
A3	[2,67 4,83 6,88]	[2,81 5,24 7,11]		
A4	[3,27 5,52 7,61]	[5,35 7,36 9,00]		
A5	[2,41 4,51 6,54]	[3,94 6,01 7,74]		

Tablo 14. Maliyet kriterleri için birleştirilmiş karar matrisi

Alternatifler	Maliyet kriterleri			
	I2	B5	S2	S3
A1	[4,66 6,76 8,14]	[2,63 4,99 7,11]	[2,95 4,14 6,53]	[6,12 8,14 9,00]
A2	[4,66 6,76 8,14]	[2,95 5,16 7,24]	[1,90 4,21 6,32]	[4,51 6,54 8,56]
A3	[1,55 3,68 5,72]	[2,41 3,62 5,91]	[2,81 5,24 7,11]	[4,36 6,43 8,14]
A4	[2,14 4,36 6,43]	[2,37 4,66 6,76]	[1,72 3,94 6,01]	[2,63 4,99 7,11]
A5	[1,55 3,68 5,72]	[2,41 3,62 5,91]	[3,94 6,01 7,74]	[3,32 5,35 7,36]

Tablo 15. Birleştirilmiş karar matrisleri için tutarlılık oranları

Ana ve alt kriterler	Kriter koşulu	Tutarlılık Oranı
Ana kriterler	$n > 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,37$	0,0324
İşçilik alt kriterleri	$n = 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,35$	0,0165
Çevre alt kriterleri	$n > 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,37$	0,0269
Bölge özellikleri alt kriterleri	$n > 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,37$	0,0744
Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri	$n = 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,35$	0,0343
Finans ve vergi alt kriterleri	$n = 4$ olduğundan $CCI_{max} = 0,35$	0,0425

Kriter ağırlıklarının hesaplanması: Bu bölümde ana ve alt kriterlerin her birinin ağırlıklandırılmış değerleri hesaplanmıştır. Denklem 19 ile birleştirilmiş karar matrislerinin her bir satırının geometrik ortalaması alınır ve hemen ardından denklem 20 ile kriterlerinin bulanık sayı ağırlıkları hesaplanır. Ardından denklem 13 kullanılarak durulaştırma işlemi yapılır. Son olarak ise denklem 21 kullanılarak durulaştırılan değerler normalize edilir. Buna örnek olarak Tablo 16’da ana kriterlerin bulanık ağırlıkları ile durulaştırılmış ve normalize edilmiş değerleri verilmiştir.

Tablo 16. Ana kriterler için kriter ağırlıkları

Ana kriterler	Ağırlıklar		
	Bulanık ağırlık	Durulaştırılmış ağırlık	Normalize ağırlık
İşçilik	[0,133 0,235 0,406]	0,258	0,229
Çevre	[0,108 0,191 0,337]	0,212	0,188
Bölge özellikleri	[0,107 0,193 0,362]	0,221	0,196
Sosyo-kültürel yapı	[0,060 0,113 0,233]	0,135	0,120
Finans ve vergi	[0,137 0,268 0,496]	0,300	0,266
Σ		1,1267	1

Alt kriterler içinde ağırlıklandırılmış değerler hesaplanmıştır. Bunun için ilk olarak denklem 13 kullanılarak durulaştırma denklem 22 kullanılarak da alt kriterler için normalizasyon işlemi yapıp bulanık sayılar elde edilir. Ardından denklem 23 kullanılarak alt kriterlerin bağlı ağırlıkları elde edilir. Sonrasında denklem 24 kullanılarak alt kriterler için bir

dengeleme prosesi yapılır ve elde edilen değerler denklem 25 ile normalize edilerek eşdeğer ve normalize değerler bulunur. Tablo 17’de bu değerler gösterilmiştir.

Tablo 17. Alt kriterlerin ağırlıkları

Alt kriterler	Ağırlıklar				
	Bulanık ağırlıklar	Durulaştırılmış ağırlıklar	Normalize ağırlıklar	Bağlı ağırlıklar	Dengelenmiş ağırlıklar
I1	[0,219 0,396 0,690]	0,435	0,387	0,088	0,0161
I2	[0,123 0,242 0,458]	0,274	0,244	0,056	0,0101
I3	[0,126 0,232 0,428]	0,262	0,233	0,053	0,0097
I4	[0,079 0,129 0,252]	0,153	0,136	0,031	0,0057
Σ		1,252	1		
Ç1	[0,220 0,434 0,851]	0,502	0,434	0,081	0,0185
Ç2	[0,099 0,205 0,400]	0,235	0,203	0,038	0,0087
Ç3	[0,060 0,114 0,234]	0,136	0,117	0,022	0,0050
Ç4	[0,035 0,063 0,137]	0,079	0,068	0,013	0,0029
Ç5	[0,094 0,184 0,339]	0,206	0,177	0,033	0,0076
Σ		1,1574	1		
B1	[0,056 0,103 0,210]	0,123	0,109	0,021	0,0048
B2	[0,224 0,435 0,763]	0,474	0,419	0,082	0,0186
B3	[0,110 0,202 0,366]	0,226	0,200	0,039	0,0089
B4	[0,070 0,129 0,268]	0,156	0,138	0,027	0,0061
B5	[0,077 0,132 0,250]	0,153	0,135	0,026	0,0060
Σ		1,1322	1		
S1	[0,115 0,222 0,423]	0,253	0,221	0,027	0,0048
S2	[0,095 0,181 0,368]	0,215	0,187	0,022	0,0041
S3	[0,251 0,490 0,929]	0,557	0,485	0,058	0,0106
S4	[0,060 0,106 0,199]	0,122	0,106	0,013	0,0023
Σ		1,1468	1		
F1	[0,376 0,629 1,001]	0,669	0,615	0,164	0,0298
F2	[0,093 0,160 0,298]	0,183	0,169	0,045	0,0082
F3	[0,097 0,156 0,265]	0,173	0,159	0,042	0,0077
F4	[0,036 0,055 0,096]	0,062	0,057	0,015	0,0028
Σ		1,0876	1		

Alternatiflerin performanslarının hesaplanması: Hangi alternatifin seçilmesi gerektiğini tespit etmek için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Fayda ve maliyet olarak alternatifleri sınıflandırıp birleştirilmiş karar matrisleri oluşturulduktan sonra bu matris içerisindeki sayılar denklem 27 ve denklem 28 yardımıyla [0,1] aralığına indirgenerek normalize edilir. Tablo 18’de maliyet kriterleri için hesaplanan bulanık normalizasyon değerleri gösterilmiştir.

Aynı şekilde Tablo 1.19’da fayda kriterleri için hesaplanan bulanık normalizasyon değerleri gösterilmiştir.

Tablo 18. Maliyet kriterleri için normalizasyon sonucunda oluşan bulanık değerler

Alternatifler	Maliyet kriterleri			
	I2	B5	S2	S3
A1	[0,191 0,229 0,333]	[0,333 0,475 0,903]	[0,263 0,415 0,582]	[0,292 0,323 0,429]
A2	[0,191 0,229 0,333]	[0,328 0,459 0,803]	[0,272 0,408 0,903]	[0,307 0,401 0,582]
A3	[0,271 0,422 1,000]	[0,401 0,654 0,985]	[0,242 0,328 0,612]	[0,328 0,408 0,602]
A4	[0,241 0,356 0,725]	[0,350 0,508 1,000]	[0,286 0,437 1,000]	[0,369 0,527 1,000]
A5	[0,271 0,422 1,000]	[0,401 0,654 0,985]	[0,222 0,286 0,437]	[0,357 0,491 0,790]

Tablo 19. Fayda kriterleri için normalizasyon sonucunda oluşan bulanık değerler

Alternatifler	Kriterler			
	I1	I3	I4	C1
A1	[0,636 0,860 1,000]	[0,518 0,816 1,000]	[0,778 1,000 1,000]	[0,328 0,613 0,831]
A2	[0,536 0,765 0,951]	[0,484 0,623 0,903]	[0,635 0,860 1,000]	[0,492 0,739 0,904]
A3	[0,268 0,502 0,727]	[0,215 0,492 0,752]	[0,254 0,409 0,645]	[0,564 0,804 1,000]
A4	[0,369 0,594 0,818]	[0,333 0,603 0,860]	[0,554 0,790 0,904]	[0,545 0,790 0,951]
A5	[0,211 0,468 0,703]	[0,301 0,564 0,818]	[0,312 0,583 0,790]	[0,527 0,765 1,001]
	C2	C3	C4	C5
A1	[0,535 0,790 1,000]	[0,680 0,904 1,000]	[0,395 0,679 0,904]	[0,545 0,790 0,951]
A2	[0,363 0,635 0,889]	[0,536 0,765 0,951]	[0,242 0,328 0,623]	[0,345 0,603 0,845]
A3	[0,191 0,452 0,703]	[0,333 0,556 0,778]	[0,254 0,553 0,790]	[0,312 0,564 0,804]
A4	[0,452 0,703 0,951]	[0,556 0,778 1,000]	[0,301 0,564 0,818]	[0,527 0,765 1,000]
A5	[0,263 0,536 0,790]	[0,333 0,556 0,778]	[0,453 0,738 1,000]	[0,345 0,603 0,845]
	B1	B2	B3	B4
A1	[0,680 0,904 1,000]	[0,778 1,000 1,000]	[0,636 0,860 1,000]	[0,564 0,804 1,000]
A2	[0,555 0,778 1,000]	[0,403 0,656 0,889]	[0,431 0,690 0,889]	[0,564 0,804 1,000]
A3	[0,296 0,536 0,765]	[0,111 0,268 0,502]	[0,138 0,296 0,536]	[0,145 0,161 0,415]
A4	[0,636 0,860 1,000]	[0,574 0,804 0,951]	[0,636 0,860 1,000]	[0,311 0,564 0,804]
A5	[0,215 0,453 0,680]	[0,268 0,502 0,727]	[0,215 0,363 0,614]	[0,215 0,484 0,703]
	S1	S4	F1	F2
A1	[0,369 0,678 0,874]	[0,574 0,804 0,951]	[0,475 0,738 1,000]	[0,501 0,752 1,000]
A2	[0,452 0,703 0,951]	[0,594 0,818 1,000]	[0,437 0,738 0,935]	[0,573 0,831 1,000]
A3	[0,237 0,501 0,752]	[0,328 0,461 0,726]	[0,382 0,667 0,935]	[0,408 0,657 0,904]
A4	[0,501 0,752 1,000]	[0,574 0,804 0,951]	[0,475 0,739 1,000]	[0,452 0,703 0,951]
A5	[0,237 0,501 0,752]	[0,403 0,656 0,889]	[0,311 0,583 0,845]	[0,408 0,657 0,904]
	F3	F4		
A1	[0,453 0,738 1,000]	[0,636 0,860 1,000]		
A2	[0,369 0,645 0,904]	[0,518 0,752 0,904]		
A3	[0,333 0,603 0,860]	[0,312 0,583 0,790]		
A4	[0,409 0,690 0,951]	[0,594 0,818 1,000]		
A5	[0,301 0,564 0,818]	[0,437 0,668 0,860]		

Fayda ve maliyet kriterlerinin normalizasyon işleminden sonra ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi denklem 29 yardımıyla hesaplanır. Bunun için maliyet ve fayda kriterlerinin bulanık bağıl ağırlıkları ile bulanık maliyet ve fayda normalizasyon değerleri çarpılır. Tablo 20’de ağırlıklandırılmış fayda ve maliyet bulanık karar kriterlerinin birleşiminden oluşan ağırlıklandırılmış genel bulanık karar matrisi gösterilmiştir.

Bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ile bulanık negatif ideal çözüm (A^-) değerleri denklem 30a ve denklem 30b yardımıyla hesaplanır. Ardından denklem 31 yardımıyla her bir kriterin alternatiflerin A^* ve A^- değerlerine olan mesafeleri hesaplanır. Tablo 21’de hesaplanan bulanık A^* ve A^- değerleri gösterilmiştir. Tablo 22’de ise her bir alternatifin kriterlere olan $d_{(x,y)}^-$ ve $d_{(x,y)}^+$ mesafeleri yer almaktadır.

Bulanık A^* ve A^- değerleri hesaplandıktan sonra her bir kriter için alternatiflerin A^* ve A^- değerlerine olan mesafeleri denklem 31 yardımıyla hesaplanır. Her bir alternatif için kriter değerlerinin toplamı (d_i^* ve d_i^-) denklem 32a ve denklem 32b yardımıyla hesaplanır.

Tablo 20. Ağırlıklandırılmış genel bulanık karar matrisi

Alternatifler	Kriterler			
	I1	I2	I3	I4
A1	[0,018 0,080 0,280]	[0,003 0,013 0,062]	[0,008 0,044 0,173]	[0,008 0,030 0,102]
A2	[0,015 0,071 0,266]	[0,003 0,013 0,062]	[0,008 0,034 0,157]	[0,006 0,026 0,102]
A3	[0,007 0,046 0,204]	[0,004 0,024 0,186]	[0,003 0,026 0,131]	[0,002 0,012 0,066]
A4	[0,010 0,055 0,229]	[0,004 0,020 0,135]	[0,005 0,033 0,149]	[0,006 0,024 0,093]
A5	[0,006 0,043 0,197]	[0,004 0,024 0,186]	[0,005 0,031 0,142]	[0,003 0,018 0,081]
	C1	C2	C3	C4
A1	[0,008 0,051 0,239]	[0,006 0,031 0,135]	[0,004 0,020 0,079]	[0,001 0,008 0,042]
A2	[0,012 0,061 0,260]	[0,004 0,025 0,120]	[0,003 0,017 0,075]	[0,001 0,004 0,029]
A3	[0,013 0,067 0,287]	[0,002 0,018 0,095]	[0,002 0,012 0,061]	[0,001 0,007 0,036]
A4	[0,013 0,065 0,273]	[0,005 0,027 0,128]	[0,003 0,017 0,079]	[0,001 0,007 0,038]
A5	[0,012 0,063 0,287]	[0,003 0,021 0,107]	[0,002 0,012 0,061]	[0,002 0,009 0,046]
	C5	B1	B2	B3
A1	[0,005 0,028 0,109]	[0,004 0,018 0,076]	[0,019 0,084 0,276]	[0,007 0,034 0,133]
A2	[0,003 0,021 0,097]	[0,003 0,015 0,076]	[0,010 0,055 0,246]	[0,005 0,027 0,118]
A3	[0,003 0,020 0,092]	[0,002 0,011 0,058]	[0,003 0,022 0,139]	[0,002 0,012 0,071]
A4	[0,005 0,027 0,114]	[0,004 0,017 0,076]	[0,014 0,067 0,263]	[0,007 0,336 0,133]
A5	[0,003 0,021 0,097]	[0,001 0,009 0,052]	[0,006 0,042 0,201]	[0,002 0,014 0,081]
	B4	B5	S1	S2
A1	[0,004 0,020 0,097]	[0,003 0,012 0,082]	[0,002 0,017 0,086]	[0,001 0,008 0,050]
A2	[0,004 0,020 0,097]	[0,003 0,012 0,073]	[0,003 0,018 0,094]	[0,001 0,008 0,077]
A3	[0,001 0,004 0,040]	[0,003 0,017 0,089]	[0,002 0,013 0,074]	[0,001 0,007 0,052]
A4	[0,002 0,014 0,078]	[0,003 0,013 0,090]	[0,003 0,020 0,099]	[0,001 0,009 0,086]
A5	[0,002 0,012 0,068]	[0,003 0,016 0,089]	[0,002 0,013 0,074]	[0,001 0,006 0,037]
	S3	S4	F1	F2
A1	[0,004 0,179 0,093]	[0,002 0,009 0,044]	[0,024 0,124 0,497]	[0,006 0,032 0,148]
A2	[0,004 0,022 0,126]	[0,002 0,010 0,046]	[0,022 0,124 0,464]	[0,007 0,035 0,148]
A3	[0,005 0,023 0,131]	[0,001 0,005 0,034]	[0,020 0,112 0,464]	[0,005 0,028 0,133]
A4	[0,005 0,029 0,217]	[0,002 0,010 0,044]	[0,024 0,124 0,497]	[0,006 0,030 0,140]
A5	[0,005 0,027 0,171]	[0,001 0,008 0,041]	[0,016 0,092 0,420]	[0,005 0,028 0,133]
	F3	F4		
A1	[0,006 0,031 0,132]	[0,003 0,019 0,047]		
A2	[0,005 0,027 0,119]	[0,002 0,011 0,043]		
A3	[0,004 0,025 0,113]	[0,001 0,008 0,037]		
A4	[0,005 0,029 0,125]	[0,003 0,012 0,047]		
A5	[0,004 0,023 0,108]	[0,002 0,010 0,041]		

Tablo 21. Her bir kriter için A^* ve A^- bulanık değerleri

Alt kriterler	Maksimum ve minimum değerler							
	A^-		A^*		$FNIS(A^-)$	$FPIS(A^*)$		
I1	[0,0061	0,0061	0,0061]	[0,2805	0,2805	0,2805]	0,0061	0,2805
I2	[0,0031	0,0031	0,0031]	[0,1862	0,1862	0,1862]	0,0031	0,1862
I3	[0,0036	0,0036	0,0036]	[0,1739	0,1739	0,1739]	0,0036	0,1739
I4	[0,0026	0,0026	0,0026]	[0,1025	0,1025	0,1025]	0,0026	0,1025
Ç1	[0,0078	0,0078	0,0078]	[0,2872	0,2872	0,2872]	0,0078	0,2872
Ç2	[0,0020	0,0020	0,0020]	[0,1352	0,1352	0,1352]	0,0020	0,1352
Ç3	[0,0022	0,0022	0,0022]	[0,0789	0,0789	0,0789]	0,0022	0,0789
Ç4	[0,0009	0,0009	0,0009]	[0,0462	0,0462	0,0462]	0,0009	0,0462
Ç5	[0,0031	0,0031	0,0031]	[0,1145	0,1145	0,1145]	0,0031	0,1145
B1	[0,0013	0,0013	0,0013]	[0,0762	0,0762	0,0762]	0,0013	0,0762
B2	[0,0027	0,0027	0,0027]	[0,2765	0,2765	0,2765]	0,0027	0,2765
B3	[0,0016	0,0016	0,0016]	[0,1327	0,1327	0,1327]	0,0016	0,1327
B4	[0,0011	0,0011	0,0011]	[0,0972	0,0972	0,0972]	0,0011	0,0972
B5	[0,0027	0,0027	0,0027]	[0,0905	0,0905	0,0905]	0,0027	0,0905
S1	[0,0016	0,0016	0,0016]	[0,0988	0,0988	0,0988]	0,0016	0,0988
S2	[0,0013	0,0013	0,0013]	[0,0859	0,0859	0,0859]	0,0013	0,0859
S3	[0,0044	0,0044	0,0044]	[0,2167	0,2167	0,2167]	0,0044	0,2167
S4	[0,0012	0,0012	0,0012]	[0,0465	0,0465	0,0465]	0,0012	0,0465
F1	[0,0160	0,0160	0,0160]	[0,4968	0,4968	0,4968]	0,0160	0,4968
F2	[0,0052	0,0052	0,0052]	[0,1476	0,1476	0,1476]	0,0052	0,1476
F3	[0,0040	0,0040	0,0040]	[0,1317	0,1317	0,1317]	0,0040	0,1317
F4	[0,0015	0,0015	0,0015]	[0,0475	0,0475	0,0475]	0,0015	0,0475

Tablo 22. Her bir alternatifin kriterlere olan $d_{(x,y)}^-$ ve $d_{(x,y)}^*$ mesafeleri

Kriterler	$d_{(x,y)}^-$					$d_{(x,y)}^*$				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I1	0,164	0,155	0,117	0,132	0,112	0,191	0,195	0,212	0,205	0,215
I2	0,034	0,034	0,106	0,077	0,106	0,162	0,162	0,141	0,145	0,141
I3	0,101	0,090	0,075	0,086	0,082	0,121	0,126	0,132	0,128	0,129
I4	0,060	0,059	0,037	0,053	0,046	0,069	0,071	0,080	0,072	0,076
Ç1	0,136	0,149	0,165	0,157	0,165	0,213	0,206	0,203	0,204	0,205
Ç2	0,079	0,069	0,054	0,075	0,061	0,096	0,099	0,105	0,098	0,102
Ç3	0,045	0,043	0,035	0,045	0,035	0,055	0,057	0,060	0,056	0,060
Ç4	0,024	0,016	0,021	0,022	0,027	0,034	0,037	0,035	0,035	0,034
Ç5	0,063	0,055	0,052	0,066	0,055	0,080	0,084	0,085	0,081	0,084
B1	0,044	0,044	0,033	0,044	0,029	0,054	0,055	0,058	0,054	0,060
B2	0,165	0,144	0,079	0,155	0,117	0,186	0,201	0,230	0,194	0,211
B3	0,078	0,069	0,041	0,078	0,047	0,092	0,096	0,109	0,092	0,106
B4	0,057	0,057	0,023	0,045	0,039	0,070	0,070	0,084	0,074	0,076
B5	0,046	0,041	0,051	0,051	0,051	0,068	0,069	0,066	0,068	0,066
S1	0,050	0,054	0,042	0,057	0,042	0,073	0,072	0,076	0,072	0,076
S2	0,028	0,044	0,030	0,049	0,021	0,069	0,066	0,070	0,066	0,073
S3	0,052	0,071	0,074	0,123	0,097	0,182	0,174	0,173	0,163	0,166
S4	0,025	0,027	0,019	0,025	0,024	0,033	0,033	0,036	0,033	0,034
F1	0,285	0,266	0,265	0,285	0,238	0,347	0,349	0,354	0,347	0,363
F2	0,084	0,084	0,075	0,079	0,075	0,105	0,104	0,108	0,106	0,108
F3	0,075	0,068	0,064	0,071	0,061	0,093	0,095	0,096	0,094	0,098
F4	0,027	0,025	0,021	0,027	0,023	0,033	0,033	0,035	0,033	0,034
Σ	1,723	1,664	1,479	1,803	1,553	2,427	2,455	2,549	2,420	2,516

Alternatiflerin sıralanması: Son işlem olarak alternatifler sıralanır. Bunun için denklem 33 kullanılarak her bir alternatifin yakınlık katsayısı elde edilir ve tercih sırası oluşturulur. Tablo 23'te her bir alternatif için hesaplanan yakınlık katsayıları ve alternatiflerin sıralanması gösterilmiştir.

Tablo 23. Alternatifler için yakınlık katsayıları ve sıralaması

Alternatifler				
	d_i^-	d_i^*	Yakınlık katsayısı	Sıralama
A1	1,723	2,427	0,415	2
A2	1,664	2,455	0,404	3
A3	1,479	2,549	0,367	5
A4	1,803	2,420	0,427	1
A5	1,553	2,516	0,382	4

Buna sonuçlara göre uzmanların görüşü alınarak elde edilen verilere göre tersane kuruluş yeri seçimi için en uygun yer sıralamasını İzmit, Tuzla, Altınova, Ereğli ve Çamburnu olarak yapmak mümkündür.

2.2.2. Tersane Yerleşim Problemi Uygulaması

Bu bölümde tersane yerleşimi için en uygun yerleşim düzenlemesi yapılacaktır. Bunun için popülasyon tabanlı meta sezgisel bir yöntem olan GA kullanılacaktır. Bunu gerçekleştirmek için matlab programında kullanıcı ara yüzü olarak bir program oluşturulmuştur. Bu sayede yerleşim düzenlemesi yapmak isteyen kullanıcı, gerekli parametre değerlerini girip hangi genetik operatörleri kullanmak istiyorsa onu seçip malzeme taşıma maliyetini minimum yapan yerleşim düzenlemesini ve toplam malzeme taşıma maliyetini kolayca elde edebilmektedir. Oluşturulan programın genel bir görünümü Şekil 2.27'de gösterilmiştir. Programın sol kısmında yer girdiler kısmında departman sayısı, popülasyon boyutu, çaprazlama olasılığı (p_c), mutasyon olasılığı (p_m), iterasyon sayısı ve çalıştırma sayısı (programı koşturma sayısı) yer almaktadır. Departman sayısı, tersanede mevcut olan bölümlerin / tesislerin / departmanların sayısını ifade eder. Başka bir ifadeyle, yerleşim düzenlemesini elde etmek için malzeme akışının var olduğu departmanların toplam sayısıdır. Popülasyon boyutu, çaprazlama ve mutasyon olasılığı ise keşfetme ve kullanma mekanizmalarının dengelenmesinde rol oynayan GA parametreleridir.

TERSANE İÇİN TESİS YERLEŞİM DÜZENLEMESİ

Girdiler

Departman Sayısı (N)

Popülasyon Boyutu

Çaprazlama Olasılığı (Pc)

Mutasyon Olasılığı (Pm)

İterasyon Sayısı

Çalıştırma Sayısı

Çıktılar

Minimum Maliyet

En Uygun Dizilim

Doğal Seçilim Metodu

Rulet Tekerleği Seçilimi

Sıralama Seçilimi

Turnuva Seçilimi

Çaprazlama Metodu

OX Çaprazlama

PMX Çaprazlama

CX Çaprazlama

OX2 Çaprazlama

MPX Çaprazlama

GX Çaprazlama

PBX Çaprazlama

Mutasyon Metodu

Takas Mutasyonu

Tersine Çevirme Mutasyonu

Karıştırma Mutasyonu

ÇALIŞTIR

ÇIKIŞ

Şekil 2.27. Tersane tesis yerleşim düzenlemesi için oluşturulan programın ara yüzü

İterasyon sayısı, departman sayısı ile parametrelerin (p_c ve p_m) programa girildikten sonra aynı departman sayısı ve parametre değerleri ile işlemin kaç kez tekrarlanması gerektiğini ifade eder. Çalıştırma (koşurma) sayısı ise deney sayısı olarak ifade edilebilir. Aynı iterasyon sayısı ile programın kaç kez tekrarlanacağı çalıştırma sayısı ile belirlenir. Şekil 2.28’de örnek olarak bazı değerler yazılmıştır. Bu değerlere göre departman sayısı 9, popülasyon boyutu 500, çaprazlama olasılığı 0,95, mutasyon olasılığı 0,001, iterasyon sayısı 500 ve son olarak aynı iterasyon sayısı ile birlikte çalıştırma veya deney sayısı 20 olarak belirlenmiştir. Daha önceki kısımlarda anlatıldığı gibi, keşfetme ve kullanma mekanizmalarının etkin bir şekilde çalışabilmesi için girilen parametre değerlerinin birbiriyle uyumlu olması gerekir. Bu değerleri belirlemek için literatürden yararlanılır.

Girdiler	
Departman Sayısı (N)	9
Popülasyon Boyutu	50
Çaprazlama Olasılığı (Pc)	0.95
Mutasyon Olasılığı (Pm)	0.001
İterasyon Sayısı	500
Çalıştırma Sayısı	20

Şekil 2.28. Programın girdiler bölümü

Ara yüz üzerindeki doğal seçim bölümünde kullanıcıya rulet tekerleği, sıralama ve turnuva seçilimi olmak üzere üç farklı seçim metodunu seçebilme imkânı sunulmuştur. Çaprazlama bölümünde kullanıcıya OX, PMX, CX, OX2, MPX, GX ve PBX olmak üzere yedi farklı çaprazlama metodu seçebilme imkânı sunulmuştur. Aynı şekilde, mutasyon bölümünde kullanıcıya takas mutasyonu, tersine çevirme mutasyonu ve karıştırma mutasyonu olmak üzere üç farklı mutasyon metodunu seçebilme imkânı verilmiştir. Kullanıcı GA’nın bu operatörleri arasından istediği metodu seçebilmektedir. Uygun girdi

değerleri belirlenip genetik operatörler içerisinde istenilen metotlar seçildikten sonra çalıştır butonu ile program işleme başlamaktadır. Buna örnek olarak Şekil 2.29 gösterilebilir. Bu şekilde göre doğal seçim metodu olarak sıralama seçilimi, çaprazlama metodu olarak CX çaprazlama ve mutasyon metodu olarak ise tersine çevirme mutasyonu seçilmiştir. Bu seçim tamamen kullanıcının isteğine bırakılmıştır.

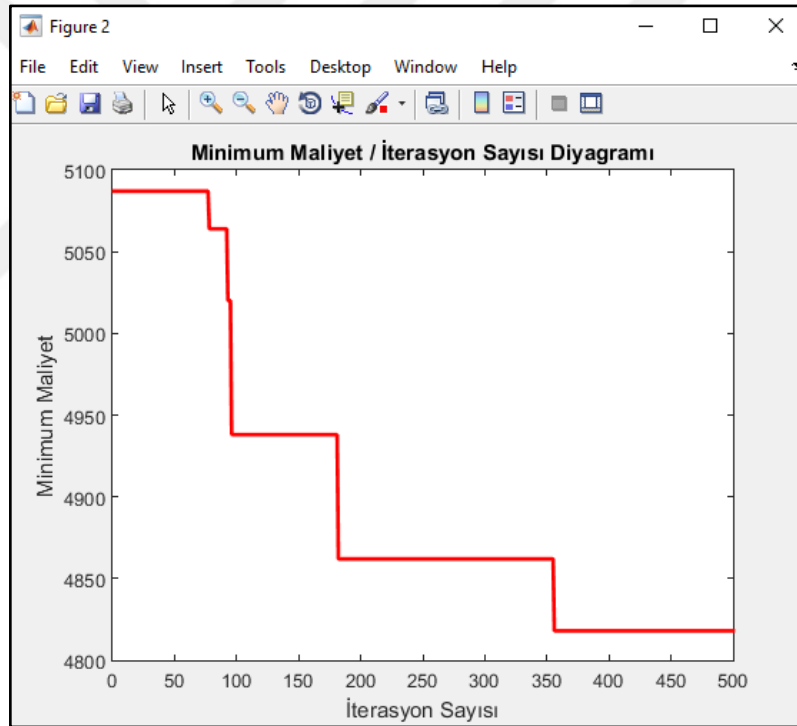
Şekil 2.29. Genetik operatörler için örnek bir seçim gösterimi

Programın sonuç kısmında ise minimum malzeme taşıma maliyetini ve bu maliyeti elde edebilmek için gerekli en uygun dizilimi gösteren çıktılar bölümü yer almaktadır. Bunun için örnek olarak Şekil 2.30 gösterilebilir. Burada minimum maliyet 5113, en uygun yerleşim diziliminde departmanların sırası ise 5 4 8 2 6 7 9 3 1 olarak elde edilmiştir. Minimum maliyet kısmında sadece sayı değerinin gösterilmesinin nedeni birim malzeme başına taşıma maliyetinin (c_{ij}) biriminin kullanıcı tarafından belirlenecek olmasındandır.

Çıktılar	
Minimum Maliyet	5113
En Uygun Dizilim	5 4 8 2 6 7 9 3 1

Şekil 2.30. Programın çıktı bölümü

Programın ara yüzünün sağ alt kısmında ise iterasyon sayısına göre minimum maliyetin nasıl değiştiğini gösteren Şekil 2.31'deki gibi minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı yer almaktadır.

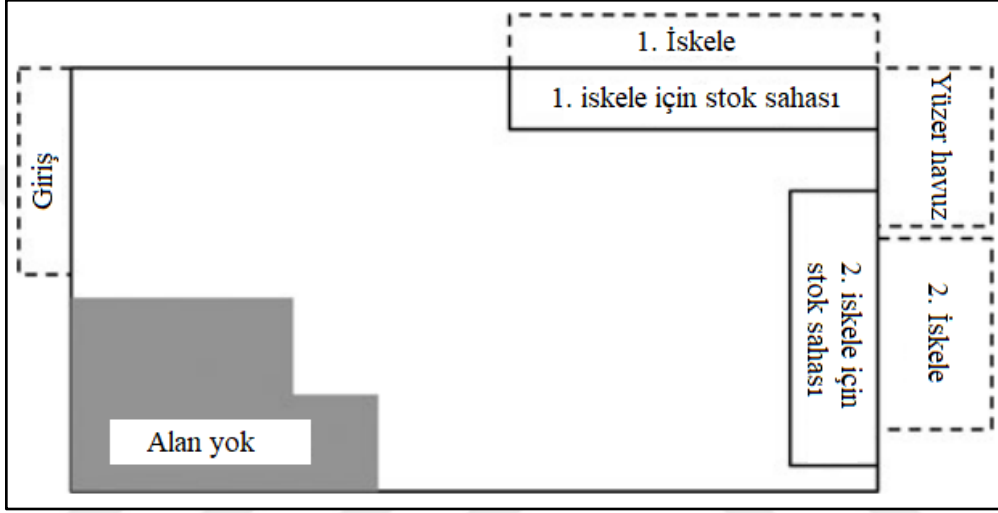


Şekil 2.31. Minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı

Bu diyagramdan da görüldüğü gibi iterasyon sayısı boyunca maliyet değeri gittikçe minimum değerine yaklaşmaktadır. Bu durum oluşturulan programın amacına uygun olarak çalıştığını göstermektedir.

Bu tez kapsamında oluşturulan programın bir tersanenin yerleşiminde kullanılabileceğini göstermek için Choi vd. [122] tarafından yapılan çalışma incelenerek bu

tez çalışmasına uygulanmıştır. Bu çalışma ile yıllık çelik üretim kapasitesi 150000 ton olan orta ölçekli bir tersanenin yerleşim düzenlemesi dizaynı yapılacaktır. Burada amaç, departmanlar arasındaki malzeme taşıma maliyetini minimum seviyeye indiren tersane yerleşim düzenini (tersanenin topolojik gösterimini) elde etmektir. Yerleşimi düzeni yapılması planlanan tersane sahası Şekil 2.32’de gösterilmiştir. Tersanenin sol alt kenarında kullanılmayan bir alan mevcuttur ve sağ üst kenarı ise bir kıyı sınırına bitişiktir.



Şekil 2.32. Yerleşim düzeni yapılacak tersane sahası [122].

Bu tersane sahasına konumlandırılmak istenilen birçok departman vardır. Bu departmanlardan bazıları serbest olarak konumlandırılabilir fakat bazı departmanların konumu sabittir. Bazı departmanların ise birbiriyle bir yakınlık (adjacency) ilişkisi içerisinde olması gerekmektedir. Departmanlar ile ilgili bilgiler Tablo 24’te gösterilmiştir. Bu tabloda departmanların adı ve konumlarının serbest mi ya da sabit mi olacağı ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Bunun yanında, bazı departmanlar birbiriyle yakın konumlanmalıdır. Yakınlık ile ilgili bilgiler Tablo 25’te gösterilmiştir. Bu tabloya göre 3 ile 4, 4 ile 5, 4 ile 7, 5 ile 9, 7 ile 9, 9 ile 10 ve 11 ile 12 birbirine yakınlık konumlandırılmalıdır. Bu konumlandırma ile ilgili kısıt aşağıdaki kısımlarda verilecektir.

Tablo 24’ten görüleceği üzere tersanede 17 adet departman vardır ve bunlardan 3 tanesinin konumu sabittir. Ayrıca tersane alanının sol alt kısmında kullanılmayan bir alan mevcuttur. Bu kullanılmayan alana 3 adet sabit gen atanır ve toplam 20 genden oluşan bir kromozom yapısı elde edilir. Burada amaç, elde edilen bu 20 genden oluşan kromozom

diziliminden GA kullanılarak malzeme taşıma maliyetini minimuma indiren yerleşimi elde etmektedir.

Tablo 24. Tersane yerleşimi için departman bilgileri [122].

Numara	Departman adı	Topolojisi
1	Ofis	Serbest
2	Depo	Serbest
3	Stok sahası	Serbest
4	Ön işlem	Serbest
5	Üretim	Serbest
6	BHD üretim	Serbest
7	Panel hattı	Serbest
8	Parça montajı	Serbest
9	Alt montaj	Serbest
10	Blok montaj	Serbest
11	Birinci ön montaj	Serbest
12	Stok sahası (bloklar)	Serbest
13	Ön donatım	Serbest
14	Boya	Serbest
15	İkinci ön montaj	Sabit
16	Stok sahası (1. rıhtım)	Sabit
17	Stok sahası (2. rıhtım)	Sabit

Tablo 25. Departmanlar arasındaki yakınlık ilişkileri [122].

Departman numarası	Departman numarası	Yakınlık ilişkisi
3	4	Var
4	5	Var
4	7	Var
5	9	Var
7	9	Var
9	10	Var
11	12	Var

İfade edilmek istenilen kromozom yapısı Şekil 2.33'de görmek mümkündür. Bu şekle göre değişkeni x_g^{tv} ; g. gene atanmış bir departmanın numarasını göstermektedir. Koyu renkle gösterilen 19, 20, 18, 17, 15 ile 16 departmanları sabit genlerdir ve x_1^{tv} , x_2^{tv} , x_6^{tv} , x_{15}^{tv} , x_{19}^{tv} ile x_{20}^{tv} genlerine karşılık gelmektedir. Gen numaraları şekilden de görüleceği üzere alanın sol alt kenarından g=1 olarak başlamakta ve sağ üst kenarında g=20 olarak sona ermektedir.

Yukarıda anlatılan kromozom yapısıyla en optimal yerleşim düzenini elde etmek için bunların matematiksel olarak da tanımlanması gerekmektedir. Departmanlar arasındaki yakınlık ilişkisi ve sabit departmanların varlığı gibi etkenler modelin kısıtlarını (constrains) oluşturmaktadır. Tablo 25'te yakınlık ilişkisi olan departmanların bu yakınlığı sağlayıp sağlamadığı denklem 37 ile tespit edilir:

Burada p_f^{tp} ; başlangıçta f. sabit gene atanan önceden belirlenmiş departman, x_f^{tv} ; önceden belirlenen sabit departmanın gen numarasını F ise 'f' ile indekslenen sabit genleri temsil etmektedir. Denklem 39 ile her bir kromozomda 19, 20, 18, 17, 15 ve 16 numaralı departmanlar kromozomun 1, 2, 6, 15, 19 ve 20 numaralı genlerine atanmış olur.

Kromozomlar oluşturulurken her bir departman yalnızca bir gene atanmalıdır. Bunun anlamı kromozom yapısında bir departmandan sadece bir tane bulunmalıdır. Bu şekilde tekrarsız bir kromozom yapısı elde edilir. Bu kısıtlamayı sağlamak için denklem 40 kullanılır:

$$x_i^{tv} \neq x_j^{tv} \quad i, j \in G \quad (40)$$

Burada x_i^{tv} ; i. departmanın gen numarası, x_j^{tv} ; j. departmanın gen numarası, G ise 'g' ile indekslenen geni temsil etmektedir.

Her bir genin numarasını temsil etmek için ise denklem 41 kullanılmaktadır:

$$x_g^{tv} \in \{1, 2, \dots, N\} \quad g \in G \quad (41)$$

Burada N; toplam departman sayısını temsil etmektedir.

Bütün bu matematiksel tanımlamalardan sonra tersanenin optimal yerleşim düzenini ve malzeme taşıma maliyetinin minimum değerini elde edebilmek için denklem 42 kullanılır:

$$\min \left[\sum_{i \in D} \sum_{j \in D} f_{i,j}^{tp} c_{i,j}^{tp} d_{i,j}^{tv} \right] \quad (42)$$

Burada $f_{i,j}^{tp}$; i ve j departmanları arasındaki malzeme akışıdır ve Tablo 26'da gösterilmiştir. $c_{i,j}^{tp}$; i ve j departmanları arasındaki birim hacim ve kat edilen mesafe başına düşen maliyettir ve Tablo 27'de gösterilmiştir. $d_{i,j}^{tv}$ ise denklem 38 ile tanımlanan mesafe değeridir ve Tablo 28'de gösterilmiştir. Ayrıca yukarıdaki denklemlerde geçen tp topolojik parametre, tv ise topolojik değişken olarak ifade edilir.

Bütün bu kısıtlar ve veriler belirlendikten sonra sıra en optimal yerleşim düzeni ile minimum malzeme taşıma maliyetini bulmaya gelir. Oluşturulan matlab programına bu veriler girilir ve Şekil 2.27'deki program ara yüzünde istenilen parametre değerleri yazılarak optimum yerleşim düzeni ve minimum malzeme taşıma maliyeti elde edilir.

Tersane optimal yerleşimi ve minimum malzeme taşıma maliyeti elde etmek için dört deney yapılmıştır. Yapılan deneylerde popülasyon boyutu dışındaki bütün parametreler sabit tutulmuştur. Tablo 29'da parametre değerleri gösterilmiştir. Ayrıca bütün deneylerde doğal seçim operatörü olarak rulet tekerleği, çaprazlama operatörü olarak OX çaprazlama ve mutasyon operatörü olarak takas mutasyonu seçilmiştir.

Tablo 29. Optimal yerleşim ve minimum malzeme taşıma maliyeti için yapılan deneyler

Parametreler	Deneyler				
	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5
Departman sayısı (N)	20	20	20	20	20
Popülasyon boyutu	50	100	150	200	250
Çaprazlama olasılığı(p_c)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Mutasyon olasılığı (p_m)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
İterasyon sayısı	500	500	500	500	500

Deneyler sonucunda meydana gelen minimum malzeme taşıma maliyetleri Tablo 30'da verilmiştir. Tablo 30'a göre minimum malzeme taşıma maliyeti deney 3 ile elde edilmiştir. Deney 3 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni ile iterasyon sayısına bağlı olarak değişen minimum maliyet grafiği Bölüm 3.2'de sunulmuştur.

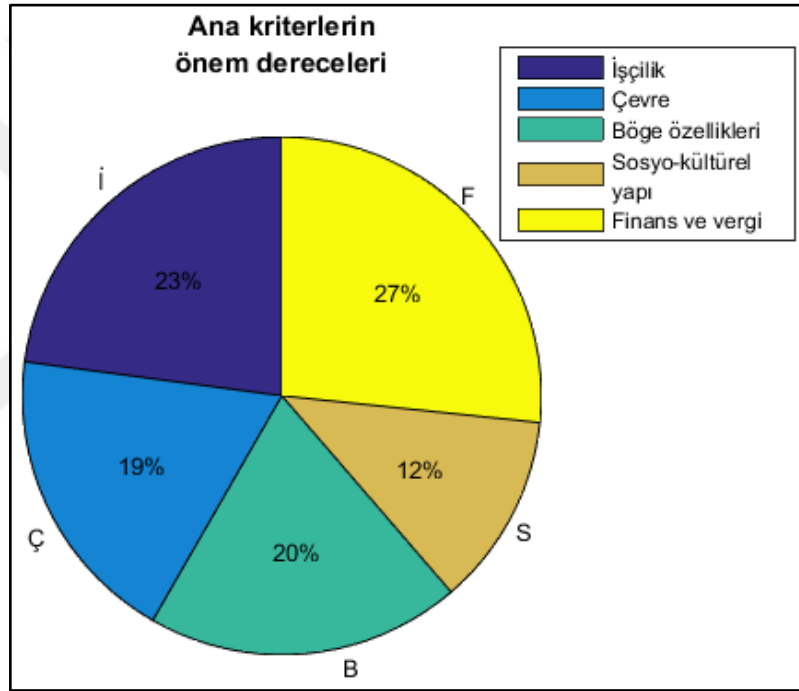
Tablo 30. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen malzeme taşıma maliyetleri

Maliyet	Deneyler				
	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5
Popülasyon boyutu	50	100	150	200	250
Min. Maliyet	11617.1	11505.8	11109.3	11478.9	11478.9

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tersane Kuruluş Yeri Seçimi

Tersane kuruluş yeri seçimi ile ilgili olarak kriter ağırlıkları oluşturulan matlab programı tarafından elde edilmiştir. Şekil 3.1’de ana kriterlerin önem dereceleri gösterilmiştir.

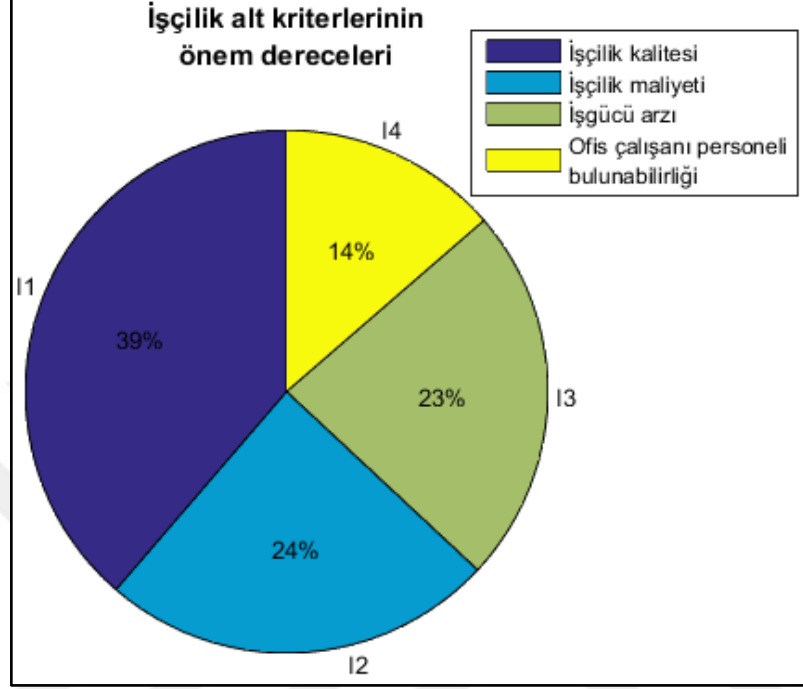


Şekil 3.1. Ana kriterlerin önem dereceleri

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi ana kriterler arasındaki en büyük yüzdeye sahip olan finans ve vergi kriteridir. Buradan tersane kuruluş yeri seçiminde finansal konuların çok önemli olduğu anlaşılmaktadır. Sosyo-kültürel yapının ise ana kriterler arasında tersane kuruluş yerinin belirlemede en az etkili olduğu fakat yine azımsanmayacak bir yüzdeye sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Şekil 3.2’de ise işçilik ana kriterinin alt kriterlerinin önem dereceleri görülmektedir. Burada tersane kuruluş yeri seçiminde en belirgin kriterin işçilik kalitesi olduğu

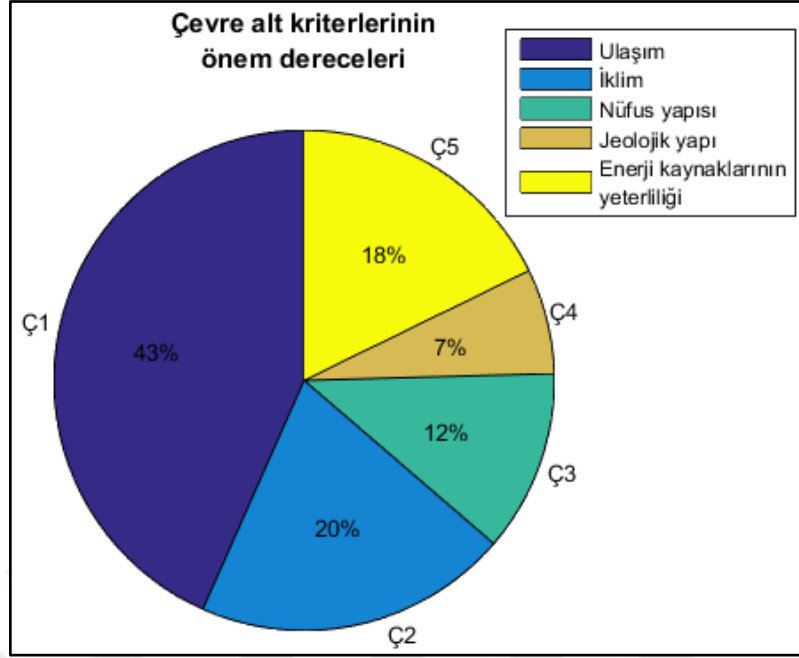
görülmektedir. İşçilik maliyeti ile işgücü arzı hemen hemen aynı öneme sahipken ofis çalışanı personeli bulunabilirliği ise en zayıf kriter olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. İşçilik alt kriterlerinin önem dereceleri

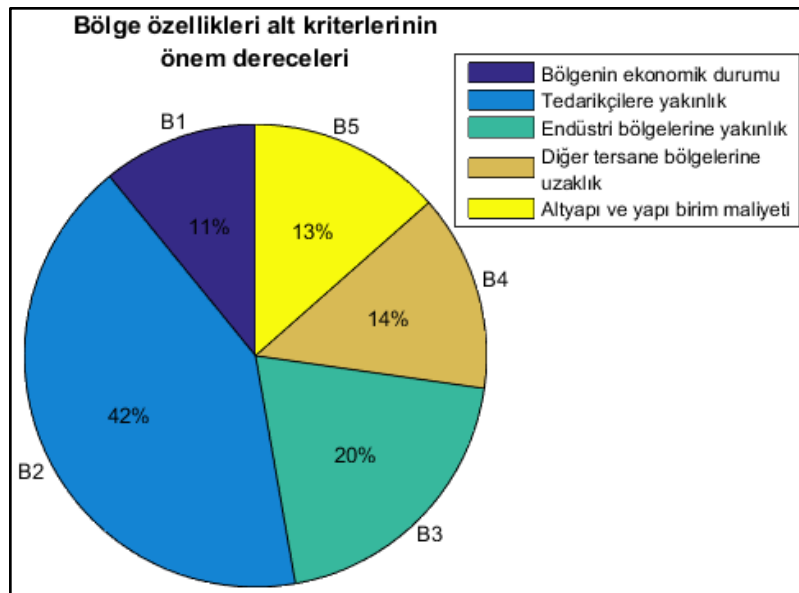
Şekil 3.3’de çevre ana kriterinin alt kriterlerinin önem dereceleri görülmektedir. Çevre alt kriterleri içerisinde ulaşım kriterinin önemli bir yüzdeye sahip olduğunu söylemek mümkündür. İklim ve enerji kaynaklarının yeterliliği birbirine yakın değerlere sahipken jeolojik yapının tersane kuruluş yerini belirlemede diğerlerine göre en az etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tersane kuruluş yerini belirlemedeki bir diğer önemli ana etken bölge özellikleridir. Şekil 3.4’te bölge özelliklerini belirleyen alt kriterlerin önem dereceleri gösterilmiştir. Bu şekle göre bölge özellikleri içerisinde tedarikçilere yakınlık kriteri önemli bir yüzdeye sahiptir. Endüstri bölgelerine yakınlık ikinci en büyük önem yüzdesine sahipken diğer tersane bölgelerine uzaklık ile altyapı ve yapı birim maliyeti hemen hemen eşit öneme sahiptir. Bölgenin ekonomik durumu ise bölge özellikleri içerisinde en zayıf etkidir.

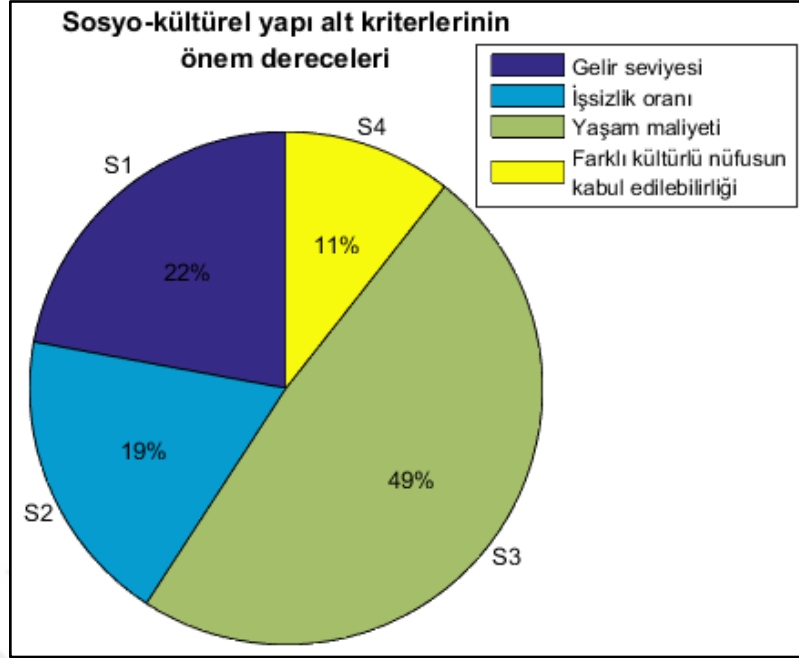


Şekil 3.3. Çevre alt kriterlerinin önem dereceleri

Şekil 3.5'te ise sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin tersane kuruluş yeri üzerindeki etkisi görülmektedir. Burada yaşam maliyetinin diğer alt kriterlere göre önemli bir önem yüzdesine sahip olduğu söylemek mümkündür. Gelir seviyesi ile işsizlik oranı kriterleri hemen hemen aynı önem derecesine sahipken farklı kültürlü nüfusun kabul edilebilirliği en düşük önem yüzdesine sahiptir.

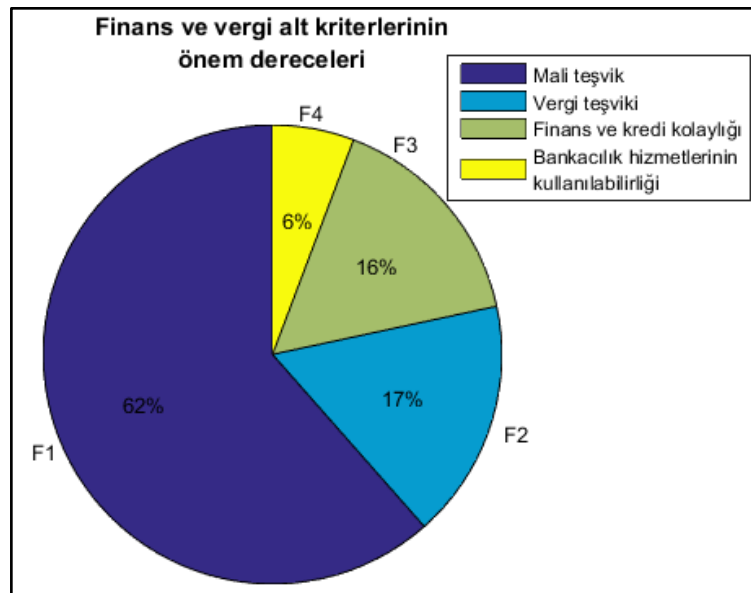


Şekil 3.4. Bölge özellikleri alt kriterlerinin önem dereceleri



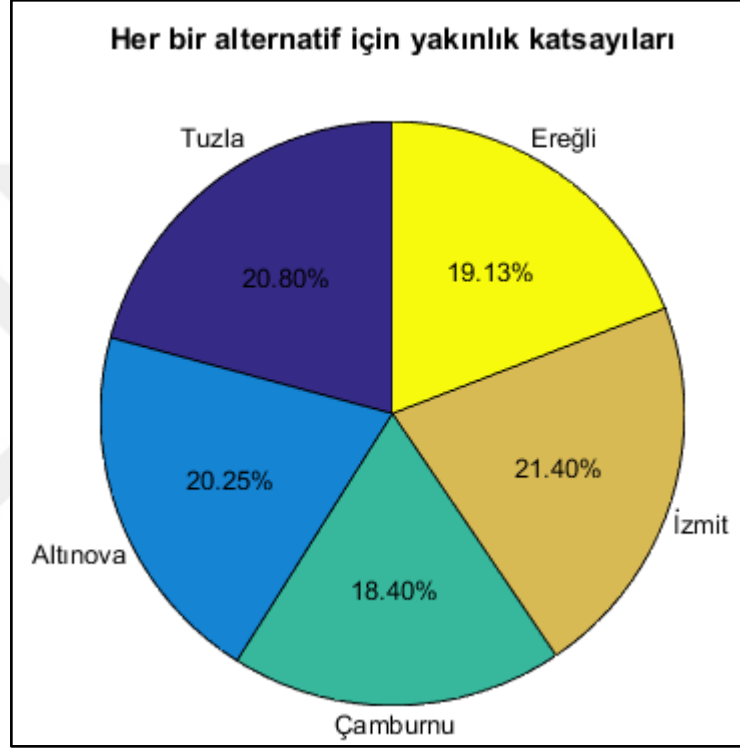
Şekil 3.5. Sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin önem dereceleri

Şekil 3.6'da finans ve vergi alt kriterlerinin önem dereceleri gösterilmiştir. Bu şekle göre finans vergi alt kriterleri içerisinde bariz bir şekilde mali teşvikin en önemli olduğunu söylemek mümkündür. Vergi teşviki ile finans ve kredi kolaylığının önem yüzdeleri birbirine çok yakın iken bankacılık hizmetlerinin varlığı kriteri en düşük önem derecesine sahiptir.



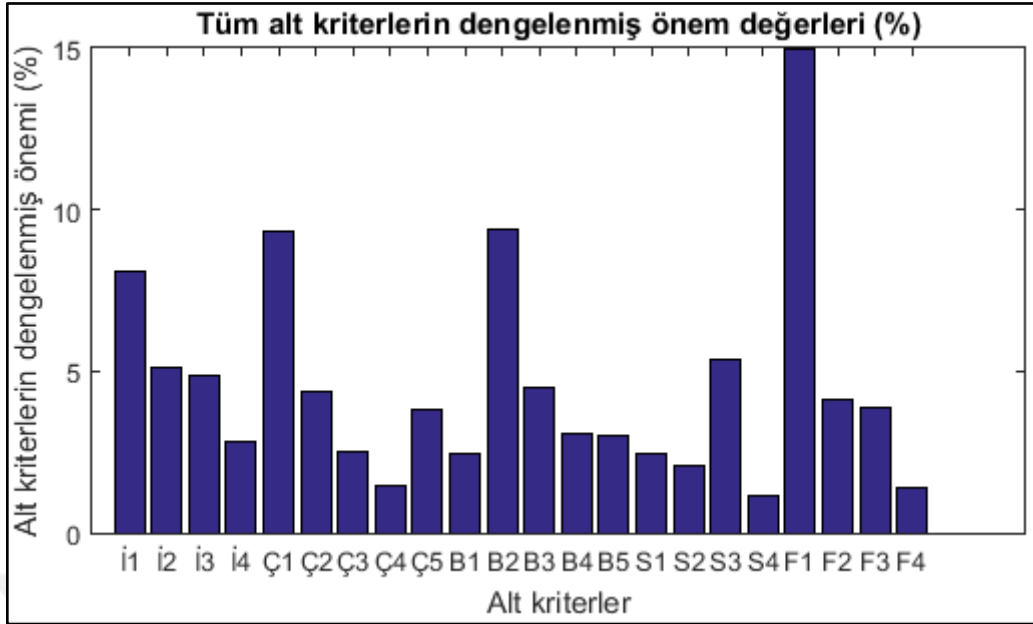
Şekil 3.6. Finans ve vergi alt kriterlerinin önem dereceleri

Bütün bu kriterlerin önem dereceleri belirlendikten sonra uzman görüşleri doğrultusunda tersane kurulumu için belirlenen beş adet şehrin sıralaması Şekil 3.7’de görülmektedir. Bu şekle göre tersane kurulumu için uygun yer % 21,40’lık değeri ile İzmit olarak belirlenmiştir. Hemen ardından % 20,80 ile Tuzla en uygun ikinci yerdir. Altınova ve Ereğli sıralamada bu iki yeri takip etmiştir. % 18,40’lık değer ile Çamburnu ise son sırada yer almaktadır.



Şekil 3.7. Alternatiflerin sıralanması

Şekil 3.8’de ise asıl karşılıkları Tablo 17’de verilmiş olan tüm alt kriterlerin dengelenmiş önem değerlerinin yüzde karşılıkları görülmektedir. Bu değerlere göre alt kriterler arasında yaklaşık %15’lik değer ile F1 yani malik teşvik ilk sırada yer almaktadır. Yaklaşık %9’luk değer ile Ç1 (ulaşım) ve B2 (tedarikçilere yakınlık) alt kriterleri F1 alt kriterini takip etmektedir. Yaklaşık %1 ile F4 (bankacılık hizmetlerinin kullanılabilirliği) alt kriteri ise en düşük değere sahiptir.



Şekil 3.8. Tüm alt kriterler için dengelenmiş önem değerleri (%)

3.2. Tersane Yerleşim Düzenlemesi

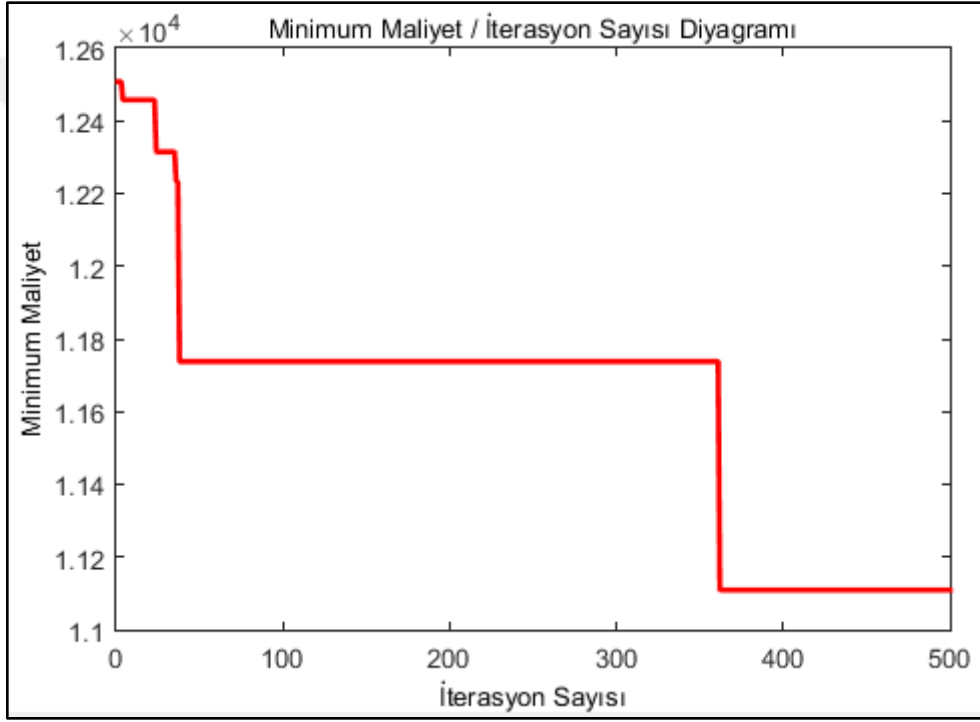
Tersane yerleşim düzenlemesi ve malzeme taşıma maliyetinin belirlenmesi ile ilgili olarak oluşturulan matlab programında beş adet deney yapılmıştır. Yapılan deneylerle ilgili bilgiler yapılan çalışmalar bölümünde Tablo 29'da ve elde edilen minimum taşıma maliyetleri ise yine aynı bölümde Tablo 30'da gösterilmiştir. En optimal yerleşim ve bunun sonucunda minimum malzeme taşıma maliyeti deney 3 ile elde edilmiştir. Elde edilen optimal yerleşim Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Diğer deneyler sonucunda elde edilen tersane yerleşim düzenleri ise Ekler kısmında sunulmuştur.

	1	2	3	4	5
1	11	12	14	15	16
2	13	10	9	7	17
3	18	8	5	4	2
4	19	20	1	3	6

Şekil 3.9. Deney 3 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi kırmızı çizgiler denklem 37 ile belirtilen yakınlık ilişkisini, kahverengi ile kutu içerisine alınan departmanlar ise denklem 39 ile belirtilen sabit konum durumunu sağladığını göstermektedir.

Deney 3 sonucunda optimum tersane yerleşim düzenini elde edilmesiyle oluşan minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Deney 3’ün popülasyon büyüklüğü 150 olarak girilmiş ve 362. iterasyondan sonra minimum malzeme taşıma maliyetini 11109.3 olarak tespit etmiştir. Diğer deneyler sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramları ise Ekler kısmında sunulmuştur.



Şekil 3.10. Deney 3 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında bir tersanenin kuruluş yeri seçimi ile tersane yerleşimi konularını kapsayan bütünlük bir çalışma ele alınmıştır. Bunu gerçekleştirmek için ise iki uygulama yapılmıştır.

İlk uygulamada, tersane kuruluş yeri seçiminin beş ana ve yirmi iki adet alt kriter ile uzman görüşleri doğrultusunda nasıl olması gerektiği incelenmiştir. Ana ve alt kriterlerin önem dereceleri Buckley tarafından önerilen bulanık AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Tersane için kuruluş yeri olarak düşünülen beş adet şehirden hangisinin seçileceği ise bulanık TOPSIS yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Finans ve vergi, ana kriterler içerisinde en fazla öneme sahip kriter olduğu görülmüştür. Tersane kuruluş yerinin belirlenmesinde yapılabilecek küçük bir hatanın bile yüksek maliyetlere sebep olabilecek olması finans ve vergi ana kriterini diğerlerinden daha önemli hale getirdiğini söylemek mümkündür. Ana kriterler içerisinde ikinci en büyük öneme sahip kriter işçilik olarak tespit edilmiştir. Bir tersanenin kalitesini yansıtan en belirgin etkenlerden biri işçilik olduğundan ana kriterler içerisinde yüksek önem değerine sahip olduğu söylenebilir. Bölge özellikleri ana kriterinin çevre ana kriterinden biraz daha yüksek önem değerine sahip olmakla beraber aralarında farkın çok az olduğu görülmüştür. Tersane için kuruluş yeri seçiminde en az önem değerine sahip ana kriter ise sosyo-kültürel yapı olarak tespit edilmiştir. Bu durum, tersane kuruluş yeri seçiminde sosyal ve kültürel yapı faktörlerinin etkisinin az olduğu anlamına gelir. Alt kriterler arasında mali teşvikin diğer kriterlere oranla oldukça yüksek bir önem yüzdesine sahip olması finans ve vergi ana kriterinin en yüksek önem değerine sahip olmasındaki en büyük etken olduğunu söylemek mümkündür. Tedarikçilere yakınlık ve ulaşım alt kriterleri ise birbirine çok yakın değerlere sahip olarak mali teşviki takip ettiği görülmüştür. Bütün bu kriterlerin değerlendirilmesinden sonra yine uzman görüşleri doğrultusunda bulanık TOPSIS yöntemi ile beş adet şehirden az bir farkla da olsa İzmit, tersane kuruluş yeri için en uygun yer olarak seçilmiştir. İzmit'in hemen ardından Tuzla ikinci en uygun, Altınova ise üçüncü en uygun yer olarak tespit edilmiştir. Bu üç şehrin gelişmiş bölgelerde ve sanayi faaliyetlerinin fazla olduğu yerlerde bulunmaları ilk üç sırayı almalarındaki önemli etkenler olduğu söylenebilir. Bu üç şehri Ereğli takip etmektedir ve son olarak Çamburnu ise tersane kuruluş yeri seçimi için en düşük önem değerine sahip alternatif olarak belirlenmiştir. En

düşük öneme sahip olmasında bölgenin özellikle jeopolitik konumunun ve gelişmişlik seviyesinin negatif etkisi olduğunu söylemek mümkündür.

İkinci uygulamada ise tersane yerleşim düzenlemesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Burada on yedi adet departmandan oluşan bir tersane için gerekli malzeme akışları, birim malzeme taşıma maliyeti ve departmanlar arasındaki mesafeler göz önüne alınarak optimum yerleşim düzeni ve buna bağlı olarak da malzeme taşıma maliyeti bulunmuştur. Bunun için popülasyon sayıları farklı beş adet deney yapılarak karşılaştırılmıştır. Minimum malzeme taşıma maliyeti 11109.3 olarak popülasyon boyutu 150 olan deney 3'te elde edilmiştir. Deney 1, deney 2, deney 4 ve deney 5'te elde edilen malzeme taşıma maliyetleri ise sırasıyla 11617.1, 11505.8, 11478.9 ve 11478.9 olarak hesaplanmıştır. Choi vd. ise yaptıkları çalışmada elde ettikleri optimum yerleşim düzeninin malzeme taşıma maliyeti 11815.9'dur. Bu tez çalışmasında yapılan beş adet deney sonucunda hesaplanan tüm malzeme taşıma maliyetlerinin, Choi vd. tarafından elde edilen değerden daha düşük değerler olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bu tez kapsamında oluşturulan tersane yerleşim düzenlemesi programımın, problemin arama uzayını daha iyi inceleyebildiğini ve bir tersanenin topolojik yerleşiminde rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, minimum taşıma maliyetinin popülasyon boyutunun sırasıyla 200 ve 250 olduğu deney 4 ve deney 5'te hesaplanmadığı fakat popülasyon boyutu 150 olan deney 3'te hesaplandığı tespit edilmiştir. Bu durum GA'nın rastsallık ilkesine tamamen uygundur ve programın GA'nın amacına uygun olarak çalıştığını ispatlamaktadır. Son olarak, tersanenin topolojik olarak düzenlenmesi konusu bir KAP olarak değerlendirildiği için bu program tüm KAP'larda rahatlıkla kullanılabilir.

5. ÖNERİLER

Sunulan çalışmada bir tersanenin kuruluş yeri seçimi ve yerleşim düzeni incelenmiştir. İlk olarak tersanenin kuruluş yeri seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve önem ağırlıkları hesaplanarak en uygun tersane kuruluş yeri seçimi gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişen ve gelişen teknoloji, yer kürenin fiziksel ve jeolojik yapısının farklılaşması, ekonomik ve mali etkenler gibi finansal konuların sürekli değişiklik göstermesi belirlenen bu kriterlerin değişmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle ileriki çalışmalarda bu kriterler değişen şartlara göre yeniden belirlenerek tersane kuruluş yeri konusu yeniden incelenebilir. Bu çalışmada, tersane kuruluş yeri seçimi Türkiye'nin farklı yerlerinde alternatifler belirlenerek yapılmıştır. İleriki çalışmalarda sadece bölge bazında veya daha da genişletilerek ülkeler bazında da çalışmalar yapılabilir.

Tersane yerleşim düzeni ile ilgili yapılan uygulamada beş adet deney yapılmıştır. Yapılan bu deneylerde parametre olarak sadece popülasyon boyutu değiştirilerek sonuçlar belirlenmiştir. Genetik operatörler de aynı şekilde sabit tutulmuştur. İleriki çalışmalarda farklı parametre değerleri ve genetik operatörler ile deneyler yapılarak programın hangi parametre değerlerinde ve hangi genetik operatörlerin seçiminde daha yüksek performanslı olarak çalıştığı incelenebilir. Bu tez kapsamında statik bir tersane yerleşim düzenlemesi yapılmıştır. Statik ve dinamik bir tersane yerleşim düzenlemesini birlikte ele alan bir program modeli kurulabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Eleren, A., Kuruluş Yeri Seçiminin Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi: Deri Sektörü Örneği, Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,13 (2007) 280-295.
2. Tırmıkçıoğlu Çınar, N., Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, 2010.
3. Demirdöğen, O. ve Bilgili, B., Organize Sanayi Bölgeleri İçin Yer Seçimi Kararlarını Etkileyen Faktörler: Erzurum Örneği, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4,2 (2004).
4. Tuncer, D., Ayhan, D.Y. ve Varoğlu, D.B., Genel İşletmecilik Bilgileri, Siyasal Yayınevi, 2008.
5. Satıcı, Ö.A., Esra, Kuruluş Yeri Seçimi, 1999.
6. Barutçugil, İ.S., Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1983.
7. Demirdöğen, O., Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 1988.
8. Adam Jr Everette, E. ve Ebert Ronald, J., Production and Operation Management, 2002.
9. Reed, R., Plant Location, Layout, and Maintenance, 1967.
10. Kaya, S., Afetlerde Geçici Tesis Yeri Seçimi: Üsküdar İlçesi için Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
11. Owen, S.H. ve Daskin, M.S., Strategic Facility Location: A Review, European Journal of Operational Research, 111,3 (1998) 423-447.
12. Arabani, A.B. ve Farahani, R.Z., Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications, Computers & Industrial Engineering, 62,1 (2012) 408-420.
13. Ozcakar, N. ve Bastı, M., P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Yaklaşımı, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 41,2 (2012) 241-257.
14. Kişoğlu, S., Kuruluş Yeri Seçiminin Boyutsal Analiz Yöntemi ile Belirlenmesi; Giyim Sektörü Örneği, Mühendis ve Makine, 530 (2004) 43-47.

15. Eleren, A., Kuruluş Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Belirlenmesi; Deri Sektörü Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20, 2 (2010) 405-416.
16. Cinnioğlu, H., Otel İşletmeleri'nde Yatırım Projeleri'nin Ekonomik Yönden Hazırlanması ve Kuruluş Yeri Seçimi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2006.
17. Demircioğlu, O., Kuruluş Yeri Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010.
18. İmren, E., Mobilya Endüstrisinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi ile Kuruluş Yeri Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2011.
19. Önel, F., Kuruluş Yeri Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, 2014.
20. Tayalı, H., İstatistiksel Varyans Prosedürü ile Bütünleşik Analitik Hiyerarşi Prosesi: Çok Kriterli Kuruluş Yeri Seçiminde Bir Uygulama, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2016.
21. Üke, K., AHP Yöntemi ile Çorum Şehrinde AVM Kuruluş Yeri Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum, 2016.
22. Abdellahi, A., Kuruluş Yeri Seçimi ve Moritanya'da Balıkçılık Sektörü Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yalova, 2018.
23. Özer, S., Mermer Fabrikaları için En İyi Tesis Yeri Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2005.
24. Kongsomsaksakul, S., Yang, C. ve Chen, A., Shelter Location-Allocation Model for Flood Evacuation Planning, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6 (2005) 4237-4252.
25. Çelebi, N., Bir Afet Yardım Merkezinin Sezgisel Algoritmalar Yardımıyla Konumlandırılması, XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Haziran 2011, Bildiriler Kitabı, 641-651.
26. Özdiñç, S., Emergency Response Facility Location in Istanbul for Effective Distribution of Relief Aid, Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.
27. Boran, F., An İntegrated İntuitionistic Fuzzy Multi Criteria Decision Making Method for Facility Location Selection, Mathematical and Computational Applications, 16, 2 (2011) 487-496.

28. Ertuğrul, İ., Fuzzy group decision making for the selection of facility location, Group Decision and Negotiation, 20,6 (2011) 725-740.
29. Ashrafzadeh, M., Rafiei, F.M., Isfahani, N.M. ve Zare, Z., Application of Fuzzy TOPSIS Method for The Selection of Warehouse Location: A Case Study, Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, 3,9 (2012) 655-671.
30. Lee, G.-C. ve Kim, Y.D., Algorithms for Adjusting Shapes of Departments in Block Layouts on The Grid-Based Plane, Omega, 28,1 (2000) 111-122.
31. Ertay, T., Ruan, D. ve Tuzkaya, U.R., Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Layout Design in Manufacturing Systems, Information Sciences, 176, 3 (2006) 237-262.
32. Singh, S.P. ve Sharma, R.R., A Review of Different Approaches to The Facility Layout Problems, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30, 5-6 (2006) 425-433.
33. Tavakkoli-Moghaddain, R. ve Shayan, E., Facilities Layout Design by Genetic Algorithms, Computers & Industrial Engineering, 35, 3-4 (1998) 527-530.
34. Adıgüzel, A.N., Tesis Yerleşimi Düzenlenmesi Problemi için Bir Tabu Arama Sezgisel Algoritması, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
35. Immer, J.R., Materials Handling, McGraw-Hill, 1953.
36. Matson, J., Mellichamph, J. ve Swaminathan, S., EXCITE: Expert Consultant for in-Plant Transportation Equipment, The International Journal of Production Research, 30,8 (1992) 1969-1983.
37. Kulluk, S., Tesis Yerleşim Problemlerinde Genetik Algoritmalar ve Bir Paralel Genetik Algoritma Uygulaması, Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003.
38. Diemer, H., Factory Organization and Administration, McGraw-Hill, 1921.
39. Armour, G.C. ve Buffa, E.S., A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities, Management Science, 9,2 (1963) 294-309.
40. Heragu, S.S., Facilities Design, Crc Press, 2008.
41. Drira, A., Pierreval, H. ve Hajri-Gabouj, S., Facility Layout Problems: A Survey, Annual Reviews In Control, 31, 2 (2007) 255-267.
42. Keller, B. ve Buscher, U., Single Row Layout Models, European Journal of Operational Research, 245, 3 (2015) 629-644.

43. McKendall Jr, A.R., Shang, J. ve Kuppusamy, S., Simulated Annealing Heuristics for The Dynamic Facility Layout Problem, Computers & Operations Research, 33, 8 (2006) 2431-2444.
44. Hosseini-Nasab, H., Fereidouni, S., Ghomi, S.M.T.F. ve Fakhrzad, M.B., Classification of Facility Layout Problems: a Review Study, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94, 1-4 (2018) 957-977.
45. Shore, R.H. ve Tompkins, A., Flexible Facilities Design, IIE Transactions, 12 (1980) 200-205.
46. Balakrishnan, J. ve Cheng, C.H., Dynamic Layout Algorithms: A State-of-The-Art Survey, Omega, 26, 4 (1998) 507-521.
47. McKendall Jr, A.R. ve Hakobyan, A., Heuristics for The Dynamic Facility Layout Problem with Unequal-Area Departments, European Journal of Operational Research, 201, 1 (2010) 171-182.
48. Rosenblatt, M.J., The Dynamics of Plant Layout, Management Science, 32,1 (1986) 76-86.
49. Garey, M.R. ve Johnson, D.S., Computers and Intractability, 29, Wh Freeman New York, 2002.
50. Secchin, L. ve Amaral, A., An Improved Mixed-Integer Programming Model for The Double Row Layout of Facilities, Optimization Letters, 13,1 (2019) 193-199.
51. Anjos, M.F. ve Vieira, M.V., Preface to the INFOR Special Issues on Facility Layout. 2019.
52. Ripon, K.S.N., Glette, K., Khan, K.N., Hovin, M. ve Torresen, J., Adaptive Variable Neighborhood Search for Solving Multi-Objective Facility Layout Problems with Unequal Area Facilities, Swarm and Evolutionary Computation, 8 (2013) 1-12.
53. Matai, R., Solving Multi Objective Facility Layout Problem by Modified Simulated Annealing, Applied Mathematics and Computation, 261 (2015) 302-311.
54. Bazaraa, M.S., Computerized Layout Design: A Branch and Bound Approach, AIIE Transactions, 7,4 (1975) 432-438.
55. Moslemipour, G., Lee, T.S. ve Rilling, D., A Review of Intelligent Approaches for Designing Dynamic and Robust Layouts In Flexible Manufacturing Systems, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 60,1-4 (2012) 11-27.
56. Lawler, E.L., The Quadratic Assignment Problem, Management Science, 9,4 (1963) 586-599.

57. Kaufman, L. ve Broeckx, F., An Algorithm for The Quadratic Assignment Problem Using Bender's Decomposition, European Journal of Operational Research, 2, 3 (1978) 207-211.
58. Das, S., A Facility Layout Method for Flexible Manufacturing Systems, The International Journal of Production Research, 31, 2 (1993) 279-297.
59. McCulloch, W.S. ve Pitts, W., A Logical Calculus of The Ideas Immanent In Nervous Activity, The Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, 4 (1943) 115-133.
60. Hopfield, J.J. ve Tank, D.W., "Neural" Computation of Decisions In Optimization Problems, Biological Cybernetics, 52, 3 (1985) 141-152.
61. Tsuchiya, K., Bharitkar, S. ve Takefuji, Y., A Neural Network Approach to Facility Layout Problems, European Journal of Operational Research, 89, 3 (1996) 556-563.
62. Kim, J.Y. ve Kim, Y.D., Graph Theoretic Heuristics for Unequal-Sized Facility Layout Problems, Omega, 23, 4 (1995) 391-401.
63. Hassan, M.M. ve Hogg, G.L., A Review of Graph Theory Application to the Facilities Layout Problem, Omega, 15, 4 (1987) 291-300.
64. Ahmadi, A., Pishvae, M.S. ve Jokar, M.R.A., A Survey on Multi-Floor Facility Layout Problems, Computers & Industrial Engineering, 107 (2017) 158-170.
65. Burkard, R.E., Quadratic Assignment Problems, European Journal of Operational Research, 15, 3 (1984) 283-289.
66. Sahni, S. ve Gonzalez, T., P-Complete Approximation Problems, Journal of the ACM (JACM), 23, 3 (1976) 555-565.
67. Loiola, E.M., de Abreu, N.M.M., Boaventura-Netto, P.O., Hahn, P. ve Querido, T., A Survey for the Quadratic Assignment Problem, European Journal of Operational Research, 176, 2 (2007) 657-690.
68. Pierce, J.F. ve Crowston, W., Tree-Search Algorithms for Quadratic Assignment Problems, Naval Research Logistics Quarterly, 18, 1 (1971) 1-36.
69. Koopmans, T.C. ve Beckmann, M., Assignment Problems and The Location Of Economic Activities, Econometrica: Journal of the Econometric Society, (1957) 53-76.
70. Wong, K.Y., Solving Facility Layout Problems Using Flexible Bay Structure Representation and Ant System Algorithm, Expert Systems with Applications, 37,7 (2010) 5523-5527.
71. Pitsoulis, L. ve Pardalos, P.M., Encyclopedia of Optimization, Quadratic Assignment Problem, C.A. Floudas and P.M. Pardalos Editors, Springer US, Boston, MA, 3119-3149, 2009.

72. Liu, Q., A Sequence-Pair and Mixed Integer Programming Based Methodology for the Facility Layout Problem, Virginia Tech, 2004.
73. Yang, X., Cheng, W., Guo, P. ve He, Q., Mixed Integer Programming Formulations for Single Row Facility Layout Problems with Asymmetric Material Flow and Corridor Width, Arabian Journal for Science and Engineering, (2019) 1-16.
74. Kusiak, A. ve Heragu, S.S., The Facility Layout Problem, European Journal of Operational Research, 29, 3 (1987) 229-251.
75. Lee, R.C., CORELAP-Computerized Relationship Layout Planning, J. Ind. Eng., 18,3 (1967) 195-200.
76. Seehof, J.M. ve Evans, W.O., Automated Layout Design Program, The Journal of Industrial Engineering, 18, 12 (1967) 690-695.
77. Edwards, H.K., Gillett, B.E. ve Hale, M.E., Modular Allocation Technique (MAT), Management Science, 17, 3 (1970) 161-169.
78. Tompkins, J.A. ve Reed Jr, R., An Applied Model for the Facilities Design Problem, The International Journal of Production Research, 14, 5 (1976) 583-595.
79. Khalil, T.M., Facilities Relative Allocation Technique (FRAT), International Journal of Production Research, 11, 2 (1973) 183-194.
80. Scriabin, M. ve Vergin, R.C., A Cluster-Analytic Approach to Facility Layout, Management Science, 31, 1 (1985) 33-49.
81. Drezner, Z., DISCON: A New Method for the Layout Problem, Operations Research, 28, 6 (1980) 1375-1384.
82. Dokeroglu, T., Hybrid Teaching-Learning-Based Optimization Algorithms for the Quadratic Assignment Problem, Computers & Industrial Engineering, 85 (2015) 86-101.
83. Haghghi, A. ve Bakhshipour, A.E., Deterministic Integrated Optimization Model for Sewage Collection Networks Using Tabu Search, Journal of Water Resources Planning and Management, 141, 1 (2015).
84. Glover, F., Future Paths for Integer Programming and Links To Artificial Intelligence, Computers & Operations Research, 13, 5 (1986) 533-549.
85. Blum, C. ve Roli, A., Metaheuristics In Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison, ACM Computing Surveys (CSUR), 35, 3 (2003) 268-308.
86. Voß, S., Martello, S., Osman, I.H. ve Roucairol, C., Meta-Heuristics: Advances and Trends In Local Search Paradigms for Optimization, Springer Science & Business Media, 2012.

87. Stützle, T., Local Search Algorithms for Combinatorial Problems, Darmstadt University of Technology PhD Thesis, 20 (1998).
88. Mirjalili, S., Mirjalili, S.M. ve Lewis, A., Grey Wolf Optimizer, Advances in Engineering Software, 69 (2014) 46-61.
89. Talbi, E.-G., Metaheuristics: From Design to Implementation, 74, John Wiley & Sons, 2009.
90. Glover, F., Tabu Search—Part I, ORSA Journal on Computing, 1, 3 (1989) 190-206.
91. Davis, L., Bit-Climbing, Representational Bias, and Test Suit Design, Proc. Intl. Conf. Genetic Algorithm, 1991, 18-23.
92. Lourenço, H.R., Martin, O.C. ve Stützle, T., Handbook of Metaheuristics, Iterated Local Search, Springer, 320-353, 2003.
93. Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. ve Vecchi, M.P., Optimization by Simulated Annealing, Science, 220, 4598 (1983) 671-680.
94. Mirjalili, S., Moth-Flame Optimization Algorithm: A Novel Nature-Inspired Heuristic Paradigm, Knowledge-Based Systems, 89 (2015) 228-249.
95. Chu, T.C., Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions, International Journal of Uncertainty, Fuzziness And Knowledge-Based Systems, 10, 06 (2002) 687-701.
96. Kahraman, C., Ruan, D. ve Doğan, I., Fuzzy Group Decision-Making for Facility Location Selection, Information Sciences, 157 (2003) 135-153.
97. Yong, D., Plant Location Selection Based on Fuzzy TOPSIS, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28, 7-8 (2006) 839-844.
98. Güneri, A.F. ve Şahin, H., AHP ve Fuzzy AHP ile Türkiye’de Uygun Tersane Yeri Seçimi, Gemi ve Deniz Teknolojisi, 172 (2007) 7-21.
99. Tabari, M., Kaboli, A., Aryanezhad, M.-B., Shahanaghi, K. ve Siadat, A., A New Method for Location Selection: A Hybrid Analysis, Applied Mathematics and Computation, 206, 2 (2008) 598-606.
100. Guneri, A.F., Cengiz, M. ve Seker, S., A Fuzzy ANP Approach to Shipyard Location Selection, Expert Systems with Applications, 36, 4 (2009) 7992-7999.
101. Saracoglu, B.O., Insel, M. ve Helvacioğlu, I.H., Identification of Location Selection Criteria for New Building Shipyards, Marine Technology, 46, 1 (2009) 34-44.
102. Aliefendioğlu, Y. ve Sağır, N., Tersane Yatırımları için Kuruluş Yeri Seçimi: Yalova-Altınova Tersane Girişimcileri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, 2 (2015).

103. Hitchings, G.G., Analysis and Development of Techniques for Improving The Layout of Plant And Equipment, UWIST, 1973.
104. Muther, R. ve McPherson, K., 4 Approaches to Computerized Layout Planning, Industrial Engineer, 2, 2 (1970) 39-52.
105. Rosenblatt, M.J., The Facilities Layout Problem: A Multi-Goal Approach, International Journal of Production Research, 17, 4 (1979) 323-332.
106. Dutta, K.N. ve Sahu, S., A Multigoal Heuristic for Facilities Design Problems: MUGHAL, The International Journal of Production Research, 20, 2 (1982) 147-154.
107. Fortenberry, J.C. ve Cox, J.F., Multiple Criteria Approach to The Facilities Layout Problem, International Journal of Production Research, 23, 4 (1985) 773-782.
108. Tam, K.Y., Genetic Algorithms, Function Optimization, and Facility Layout Design, European Journal of Operational Research, 63, 2 (1992) 322-346.
109. Raoot, A. ve Rakshit, A., A 'Linguistic Pattern' approach for Multiple Criteria Facility Layout Problems, The International Journal of Production Research, 31, 1 (1993) 203-222.
110. Chan, K. ve Tansri, H., A Study of Genetic Crossover Operations on The Facilities Layout Problem, Computers & Industrial Engineering, 26, 3 (1994) 537-550.
111. Cheng, R., Gent, M. ve Tosawa, T., Genetic Algorithms for Designing Loop Layout Manufacturing Systems, Computers & Industrial Engineering, 31, 3-4 (1996) 587-591.
112. Islier, A., A Genetic Algorithm Approach for Multiple Criteria Facility Layout Design, International Journal of Production Research, 36, 6 (1998) 1549-1569.
113. Mak, K., Wong, Y. ve Chan, F., A Genetic Algorithm for Facility Layout Problems, Computer Integrated Manufacturing Systems, 11, 1-2 (1998) 113-127.
114. Kochhar, J.S., Foster, B.T. ve Heragu, S.S., HOPE: A Genetic Algorithm for The Unequal Area Facility Layout Problem, Computers & Operations Research, 25, 7-8 (1998) 583-594.
115. Kochhar, J.S. ve Heragu, S., Facility Layout Design in a Changing Environment, International Journal of Production Research, 37, 11 (1999) 2429-2446.
116. Azadivar, F. ve Wang, J., Facility Layout Optimization Using Simulation and Genetic Algorithms, International Journal of Production Research, 38, 17 (2000) 4369-4383.
117. Lee, Y.H. ve Lee, M.H., A Shape-Based Block Layout Approach to Facility Layout Problems Using Hybrid Genetic Algorithm, Computers & Industrial Engineering, 42, 2-4 (2002) 237-248.

118. El-Baz, M.A., A Genetic Algorithm for Facility Layout Problems of Different Manufacturing Environments, Computers & Industrial Engineering, 47, 2-3 (2004) 233-246.
119. Amaral, A.R., On the Exact Solution of a Facility Layout Problem, European Journal of Operational Research, 173, 2 (2006) 508-518.
120. Matulja, T., Fafandjel, N. ve Zamarin, A., Methodology for Shipyard Production Areas Optimal Layout Design, Brodogradnja: Teorija i Praksa Brodogradnje i Pomorske Tehnike, 60, 4 (2009) 369-377.
121. Song, Y.J. ve Woo, J.H., New Shipyard Layout Design for The Preliminary Phase & Case Study for The Green Field Project, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 5, 1 (2013) 132-146.
122. Choi, M., Kim, S.H. ve Chung, H., Optimal Shipyard Facility Layout Planning Based on a Genetic Algorithm and Stochastic Growth Algorithm, Ships and Offshore Structures, 12, 4 (2017) 486-494.
123. Klir, G.J. ve Yuan, B., Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, 574, Prentice Hall PTR New Jersey, 1995.
124. Altaş, İ.H., Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik, 3e, 62 (1999) 80-85.
125. Zadeh, L.A., Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 3 (1965) 338-353.
126. Zadeh, L.A., The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning—I, Information Sciences, 8, 3 (1975) 199-249.
127. Zadeh, L.A., Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1 (1973) 28-44.
128. Elmas, Ç., Yapay Zeka Uygulamaları:(Yapay Sinir Ağı, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma), Seçkin Yayıncılık, 2011.
129. Şen, Z., Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul, 2001.
130. Dağdeviren, M., Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22, 4 (2007).
131. Zimmermann, H.-J., Fuzzy Set Theory—and its Applications, Springer Science & Business Media, 2011.
132. Karasakal, O., Bulanık Pıd Kontrolörleri için Çevrim İçi Kural Ağırlıklandırma Yöntemleri, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

133. Şen, Z., Mühendislikte Mantık ile Modelleme Prensipleri (İkinci Baskı), İstanbul, Türkiye, Su Vakfı Yayınları, (2004).
134. Kwong, C.-K. ve Bai, H., Determining the Importance Weights for The Customer Requirements in QFD Using a Fuzzy AHP with an Extent Analysis Approach, IIE Transactions, 35, 7 (2003) 619-626.
135. Wang, Y.-M., Centroid Defuzzification and The Maximizing Set and Minimizing Set Ranking Based on Alpha Level Sets, Computers & Industrial Engineering, 57, 1 (2009) 228-236.
136. Yao, J.-S. ve Chiang, J., Inventory without Backorder with Fuzzy Total Cost and Fuzzy Storing Cost Defuzzified by Centroid and Signed Distance, European Journal of Operational Research, 148, 2 (2003) 401-409.
137. Bölüt, B., Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ve Uygulamaları, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
138. Forman, E.H. ve Gass, S.I., The Analytic Hierarchy Process—An Exposition, Operations Research, 49, 4 (2001) 469-486.
139. Carlsson, C. ve Fullér, R., Fuzzy Multiple Criteria Decision Making: Recent Developments, Fuzzy Sets and Systems, 78, 2 (1996) 139-153.
140. Kahraman, C., Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments, 16, Springer Science & Business Media, 2008.
141. Çınar, Y., Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004.
142. Saaty, T.L., Mathematical Models for Decision Support, What is the Analytic Hierarchy Process?, Springer, 109-121, 1988.
143. Dağdeviren, M., Diyar, A. ve Mustafa, K., İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, 2 (2004) 131-138.
144. Yager, R.R., Fuzzy decision making including unequal objectives, Fuzzy Sets and Systems, 1, 2 (1978) 87-95.
145. Van Laarhoven, P.J. ve Pedrycz, W., A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, Fuzzy Sets and Systems, 11, 1-3 (1983) 229-241.
146. Buckley, J.J., Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets and Systems, 17, 3 (1985) 233-247.
147. Chang, D.Y., Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95,3 (1996) 649-655.

148. Zhu, K.J., Jing, Y. ve Chang, D.Y., A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 116, 2 (1999) 450-456.
149. Ding, J.F., An Integrated Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Alternatives and its Application, Journal of Marine Science and Technology, 19, 4 (2011) 341-352.
150. Saaty, T.L. ve Vargas, L.G., Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process, 175, Springer Science & Business Media, 2012.
151. Crawford, G. ve Williams, C., A Note on the Analysis of Subjective Judgment Matrices, Journal of Mathematical Psychology, 29, 4 (1985) 387-405.
152. Aguaron, J. ve Moreno-Jiménez, J.M.a., The Geometric Consistency Index: Approximated Thresholds, European Journal of Operational Research, 147, 1 (2003) 137-145.
153. Bulut, E., Duru, O., Keçeci, T. ve Yoshida, S., Use of Consistency Index, Expert Prioritization and Direct Numerical Inputs for Generic Fuzzy-AHP Modeling: A Process Model for Shipping Asset Management, Expert Systems with Applications, 39, 2 (2012) 1911-1923.
154. Hwang, C.L. ve Yoon, K., Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications, Springer, (1981).
155. Özdemir, A.İ. ve Seçme, N.Y., İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11, 2 (2009) 79-112.
156. Chen, C.T., Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems, 114, 1 (2000) 1-9.
157. Holland, J.H., Adaptation in Natural and Artificial Systems, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1992.
158. Golberg, D.E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison Wesley, 1989, 102 (1989) 36.
159. Goren, H.G., Tunali, S. ve Jans, R., A Review of Applications of Genetic Algorithms in Lot Sizing, Journal of Intelligent Manufacturing, 21, 4 (2010) 575-590.
160. Kumar, M., Husian, M., Upreti, N. ve Gupta, D., Genetic Algorithm: Review and Application, International Journal of Information Technology and Knowledge Management, 2, 2 (2010) 451-454.
161. Larranaga, P., Kuijpers, C.M.H., Murga, R.H., Inza, I. ve Dizdarevic, S., Genetic Algorithms for the Travelling Salesman Problem: A Review of Representations and Operators, Artificial Intelligence Review, 13, 2 (1999) 129-170.

162. Aytug, H., Khouja, M. ve Vergara, F., Use of Genetic Algorithms to Solve Production and Operations Management Problems: A Review, International Journal of Production Research, 41, 17 (2003) 3955-4009.
163. Bajpai, P. ve Kumar, M., Genetic Algorithm–An Approach to Solve Global Optimization Problems, Indian Journal of Computer Science and Engineering, 1, 3 (2010) 199-206.
164. Mitchell, M., Genetic Algorithms: An Overview, Complexity, 1, 1 (1995) 31-39.
165. Emel, G.G. ve Taşkın, Ç., Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21, 1 (2002) 129-152.
166. Galletly, J.E., An Overview of Genetic Algorithms, Kybernetes, 21, 6 (1992) 26-30.
167. Srinivas, M. ve Patnaik, L.M., Genetic Algorithms: A Survey, Computer, 27, 6 (1994) 17-26.
168. Jang, J.-S.R., Sun, C.-T. ve Mizutani, E., Neuro-Fuzzy and Soft Computing-A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence [Book Review], IEEE Transactions on automatic control, 42, 10 (1997) 1482-1484.
169. Çınar, A.C., <http://ahmetcevahircinar.com.tr/2017/08/08/genetik-algoritma-nedir-genetik-algoritma-nasil-calisir/> Genetik Algoritma Nedir? Genetik Algoritma Nasıl Çalışır? 26 Mart 2019.
170. Çetin, N., Genetik Algoritma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
171. Malhotra, R., Singh, N. ve Singh, Y., Genetic Algorithms: Concepts, Design for Optimization of Process Controllers, Computer and Information Science, 4, 2 (2011) 39.
172. Obitko, M., <https://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/encoding.php> Encoding 27 Mart 2019.
173. Taşkın, Ç. ve Emel, G.G., Sayısal Yöntemlerde Genetik Algoritmalar, Alfa Aktüel Yayınları, 2009.
174. Konak, A., Coit, D.W. ve Smith, A.E., Multi-Objective Optimization Using Genetic Algorithms: A tutorial, Reliability Engineering & System Safety, 91, 9 (2006) 992-1007.
175. Kouki, S., Guenaoui, M. ve Jemni, M., A Genetic Algorithm for the Permutation Flow Shop-Problem: A Parametric Study, 2016, International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC) 2016, 1-6.
176. Lipowski, A. ve Lipowska, D., Roulette-Wheel Selection via Stochastic Acceptance, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 391, 6 (2012) 2193-2196.

177. Grefenstette, J.J., Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms and their Applications, Psychology Press, 2014.
178. https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_parent_selection.htm Tutorials Point Genetic Algorithms - Parent Selection. 30 Mart 2019.
179. Holland, J.H., Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence, MIT press, 1992.
180. Haupt, R.L. ve Haupt, S.E., Practical Genetic Algorithms, John Wiley & Sons, 2004.
181. Deb, K., Genetic Algorithm in Search and Optimization: The Technique and Applications, Proceedings of International Workshop on Soft Computing and Intelligent Systems 1998, 58-87.
182. Goldberg, D.E. ve Lingle, R., Alleles, Loci, and the Traveling Salesman Problem, Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms and their Applications, July 1985, Pittsburg, 154, 154-159.
183. Deep, K. ve Mebrahtu, H., Variant of Partially Mapped Crossover for the Travelling Salesman Problems, International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics, 3,1 (2012).
184. Davis, L., Applying Adaptive Algorithms to Epistatic Domains, IJCAI 1985, 85, 162-164.
185. Desjardins, B., Falcon, R., Abielmona, R. ve Petriu, E., Computational Intelligence in Wireless Sensor Networks, Planning Robust Sensor Relocation Trajectories for a Mobile Robot with Evolutionary Multi-Objective Optimization, Springer, 179-210, 2017.
186. Eiben, A.E. ve Smith, J.E., Introduction to Evolutionary Computing, 53, Springer, 2003.
187. Oliver, I., Smith, D. ve Holland, J.R., Study of Permutation Crossover Operators on the Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithms and their Applications: Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms: July 1987, at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 1987.
188. Syswerda, G., Scheduling Optimization Using Genetic Algorithms, Handbook of Genetic Algorithms, (1991).
189. Shariff, S.S.R., Moin, N.H. ve Omar, M., An Alternative Heuristic for Capacitated P-Median Problem (CPMP), 2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium (BEIAC) 2013, 916-921.
190. Mühlenbein, H., Evolutionary algorithms: Theory and Applications, Local Search in Combinatorial Optimization 1993.

191. Kellegöz, T., Toklu, B. ve Wilson, J., Comparing Efficiencies of Genetic Crossover Operators for One Machine Total Weighted Tardiness Problem, Applied Mathematics and Computation, 199, 2 (2008) 590-598.
192. Grefenstette, J., Gopal, R., Rosmaita, B. ve Van Gucht, D., Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem, Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms and their Applications, July 1985, Pittsburg, 160, 160-168.
193. Louis, S.J. ve Li, G., Case Injected Genetic Algorithms for Traveling Salesman Problems, Information Sciences, 122, 2-4 (2000) 201-225.
194. Deep, K. ve Thakur, M., A New Mutation Operator for Real Coded Genetic Algorithms, Applied Mathematics and Computation, 193, 1 (2007) 211-230.
195. Gen, M., Altiparmak, F. ve Lin, L., A Genetic Algorithm for Two-Stage Transportation Problem Using Priority-Based Encoding, OR spectrum, 28, 3 (2006) 337-354.
196. Jian, M.S., Chou, T.Y., Sie, K.S. ve Chung, L.Y., Adaptive Life-Cycle and Viability Based Paramecium-Imitated Evolutionary Algorithm, WSEAS Transactions on Computers, 8, 8 (2009) 1358-1367.
197. Jain, M., <https://www.slideshare.net/MayankJain430/genetic-algorithm-ppt> AI Intern at Constems-AI Systems Pvt Ltd Genetic algorithm ppt. Engineering 1 Nisan 2019.
198. Eiben, A.E. ve Schippers, C.A., On Evolutionary Exploration and Exploitation, Fundamenta Informaticae, 35, 1-4 (1998) 35-50.
199. Awasthi, A., Chauhan, S.S. ve Goyal, S.K., A Fuzzy Multicriteria Approach for Evaluating Environmental Performance of Suppliers, International Journal of Production Economics, 126, 2 (2010) 370-378.

7. EKLER

Bu kısımda uzmanlar tarafından tüm kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesi için doldurulmuş anketler yer almaktadır. Burada işçilik 'İ', çevre 'Ç', bölge Özellikleri 'B', sosyo-kültürel yapı 'S' ve finans ve vergi 'F' ile temsil edilmektedir.

Ek Tablo 1. Uzman 1 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Ana kriterler						
	İ	Ç	B	S	F	
İ	Eq	1/Ab	Ab	Es	1/Vs	
Ç	Ab	Eq	1/Vs	Wk	1/Ab	
B	1/Ab	Vs	Eq	Es	Es	
S	1/Es	1/Wk	1/Es	Eq	Wk	
F	Vs	Ab	1/Es	1/Wk	Eq	

Ek Tablo 2. Uzman 2 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Ana kriterler						
	İ	Ç	B	S	F	
İ	Eq	Eq	Eq	1/Es	Vs	
Ç	1/Eq	Eq	1/Es	1/Es	Vs	
B	1/Eq	Es	Eq	Eq	Es	
S	Es	Es	1/Eq	Eq	Es	
F	1/Vs	1/Vs	1/Es	1/Es	Eq	

Ek Tablo 3. Uzman 3 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Ana kriterler						
	İ	Ç	B	S	F	
İ	Eq	Vs	Wk	Vs	Es	
Ç	1/Vs	Eq	1/Es	Wk	1/Es	
B	1/Wk	Es	Eq	Es	1/Wk	
S	1/Vs	1/Wk	1/Es	Eq	1/Vs	
F	1/Es	Es	Wk	Vs	Eq	

Ek Tablo 4. Uzman 4 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Ana kriterler						
	İ	Ç	B	S	F	
İ	Eq	Eq	Wk	Es	1/Es	
Ç	Eq	Eq	Vs	Vs	1/Wk	
B	1/Wk	1/Vs	Eq	Eq	1/Vs	
S	1/Es	1/Vs	Eq	Eq	1/Vs	
F	Es	Wk	Vs	Vs	Eq	

Ek Tablo 5. Uzman 5 tarafından ana kriterlerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Ana kriterler						
	İ	Ç	B	S	F	
İ	Eq	Eq	Eq	1/Wk	1/Es	
Ç	1/Eq	Eq	Es	Es	Eq	
B	1/Eq	1/Es	Eq	Wk	1/Es	
S	Wk	1/Es	1/Wk	Eq	1/Wk	
F	Es	1/Eq	Es	Wk	Eq	

Ek Tablo 6. Uzman 1 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

İşçilik alt kriterleri					
	İ1	İ2	İ3	İ4	
İ1	Eq	Eq	Eq	Wk	
İ2	Eq	Eq	Eq	Wk	
İ3	Eq	Eq	Eq	Wk	
İ4	1/Wk	1/Wk	1/Wk	Eq	

Ek Tablo 7. Uzman 2 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

İşçilik alt kriterleri					
	İ1	İ2	İ3	İ4	
İ1	Eq	Es	Vs	Ab	
İ2	1/Es	Eq	1/Vs	Ab	
İ3	1/Vs	Vs	Eq	Ab	
İ4	1/Ab	1/Ab	1/Ab	Eq	

Ek Tablo 8. Uzman 3 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

İşçilik alt kriterleri				
	İ1	İ2	İ3	İ4
İ1	Eq	Wk	1/Wk	Vs
İ2	1/Wk	Eq	1/Wk	Vs
İ3	Wk	Wk	Eq	Vs
İ4	1/Vs	1/Vs	1/Vs	Eq

Ek Tablo 9. Uzman 4 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

İşçilik alt kriterleri				
	İ1	İ2	İ3	İ4
İ1	Eq	1/Wk	Wk	Eq
İ2	Wk	Eq	Es	Wk
İ3	1/Wk	1/Es	Eq	1/Es
İ4	Eq	1/Wk	Es	Eq

Ek Tablo 10. Uzman 5 tarafından işçilik alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

İşçilik alt kriterleri				
	İ1	İ2	İ3	İ4
İ1	Eq	Vs	Eq	Eq
İ2	1/Vs	Eq	Wk	1/Es
İ3	1/Eq	1/Wk	Eq	1/Vs
İ4	1/Eq	Es	Vs	Eq

Ek Tablo 11. Uzman 1 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Çevre alt kriterleri					
	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
Ç1	Eq	Vs	Wk	Vs	Vs
Ç2	1/Vs	Eq	1/Wk	Wk	1/Vs
Ç3	1/Wk	Wk	Eq	1/Es	1/Vs
Ç4	1/Vs	1/Wk	Es	Eq	1/Wk
Ç5	1/Vs	Vs	Vs	Wk	Eq

Ek Tablo 12. Uzman 2 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Çevre alt kriterleri					
	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
Ç1	Eq	Vs	Vs	Vs	Vs
Ç2	1/Vs	Eq	Es	Es	Es
Ç3	1/Vs	1/Es	Eq	Vs	Vs
Ç4	1/Vs	1/Es	1/Vs	Eq	1/Es
Ç5	1/Vs	1/Es	1/Vs	Es	Eq

Ek Tablo 13. Uzman 3 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Çevre alt kriterleri					
	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
Ç1	Eq	Es	Vs	Ab	Ab
Ç2	1/Es	Eq	Es	Ab	Ab
Ç3	1/Vs	1/Es	Eq	Vs	Vs
Ç4	1/Ab	1/Ab	1/Vs	Eq	Eq
Ç5	1/Ab	1/Ab	1/Vs	1/Eq	Eq

Ek Tablo 14. Uzman 4 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Çevre alt kriterleri					
	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
Ç1	Eq	Wk	Vs	Vs	1/Wk
Ç2	1/Wk	Eq	Wk	Wk	1/Es
Ç3	1/Vs	1/Wk	Eq	Eq	1/Es
Ç4	1/Vs	1/Wk	1/Eq	Eq	1/Vs
Ç5	Wk	Es	Es	Vs	Eq

Ek Tablo 15. Uzman 5 tarafından çevre alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Çevre alt kriterleri					
	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
Ç1	Eq	1/Wk	Es	1/Wk	1/Es
Ç2	Wk	Eq	Eq	Es	Eq
Ç3	1/Es	1/Eq	Eq	Wk	1/Wk
Ç4	Wk	1/Es	1/Wk	Eq	1/Wk
Ç5	Es	1/Eq	Wk	Wk	Eq

Ek Tablo 16. Uzman 1 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Bölge özellikleri alt kriterleri					
	B1	B2	B3	B4	B5
B1	Eq	1/Es	1/Vs	Vs	Wk
B2	Es	Eq	Eq	Wk	Eq
B3	Vs	1/Eq	Eq	Wk	Es
B4	1/Vs	1/Wk	1/Wk	Eq	Es
B5	1/Wk	1/Eq	1/Es	1/Es	Eq

Ek Tablo 17. Uzman 2 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Bölge özellikleri alt kriterleri					
	B1	B2	B3	B4	B5
B1	Eq	1/Vs	1/Wk	Ab	1/Vs
B2	Vs	Eq	1/Vs	Vs	1/Vs
B3	Wk	Vs	Eq	Vs	1/Vs
B4	1/Ab	1/Vs	1/Vs	Eq	1/Vs
B5	Vs	Vs	Vs	Vs	Eq

Ek Tablo 18. Uzman 3 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Bölge özellikleri alt kriterleri					
	B1	B2	B3	B4	B5
B1	Eq	1/Vs	1/Vs	Eq	1/Vs
B2	Vs	Eq	Vs	Vs	Vs
B3	Vs	1/Vs	Eq	Es	1/Es
B4	1/Eq	1/Vs	1/Es	Eq	Vs
B5	Vs	1/Vs	Es	1/Vs	Eq

Ek Tablo 19. Uzman 4 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Bölge özellikleri alt kriterleri					
	B1	B2	B3	B4	B5
B1	Eq	1/Es	1/Wk	1/Es	Es
B2	Es	Eq	Vs	Wk	Ab
B3	Wk	1/Vs	Eq	1/Es	Vs
B4	Es	1/Wk	Es	Eq	Ab
B5	1/Es	1/Ab	1/Vs	1/Ab	Eq

Ek Tablo 20. Uzman 5 tarafından bölge özellikleri alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Bölge özellikleri alt kriterleri					
	B1	B2	B3	B4	B5
B1	Eq	1/Wk	Eq	Wk	1/Wk
B2	Wk	Eq	Es	Wk	Vs
B3	1/Eq	1/Es	Eq	1/Es	Eq
B4	1/Wk	1/Wk	Es	Eq	Wk
B5	Wk	1/Vs	1/Eq	1/Wk	Eq

Ek Tablo 21. Uzman 1 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri				
	S1	S2	S3	S4
S1	Eq	Es	1/Es	Eq
S2	1/Es	Eq	1/Vs	Vs
S3	Es	Vs	Eq	Vs
S4	1/Eq	1/Vs	1/Vs	Eq

Ek Tablo 22. Uzman 2 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri				
	S1	S2	S3	S4
S1	Eq	1/Vs	1/Es	Es
S2	Vs	Eq	1/Ab	1/Vs
S3	Es	Ab	Eq	1/Vs
S4	1/Es	Vs	Vs	Eq

Ek Tablo 23. Uzman 3 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri				
	S1	S2	S3	S4
S1	Eq	Wk	Wk	Es
S2	1/Wk	Eq	1/Es	1/Wk
S3	1/Wk	Es	Eq	Vs
S4	1/Es	Wk	1/Vs	Eq

Ek Tablo 24. Uzman 4 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri				
	S1	S2	S3	S4
S1	Eq	Eq	1/Es	Es
S2	1/Eq	Eq	1/Wk	Es
S3	Es	Wk	Eq	Vs
S4	1/Es	1/Es	1/Vs	Eq

Ek Tablo 25. Uzman 5 tarafından sosyo-kültürel yapı alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Sosyo-kültürel yapı alt kriterleri				
	S1	S2	S3	S4
S1	Eq	1/Wk	1/Es	Es
S2	Wk	Eq	Wk	Es
S3	Es	1/Wk	Eq	Es
S4	1/Es	1/Es	1/Es	Eq

Ek Tablo 26. Uzman 1 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Finans ve vergi alt kriterleri				
	F1	F2	F3	F4
F1	Eq	Vs	Vs	Vs
F2	1/Vs	Eq	Vs	Vs
F3	1/Vs	1/Vs	Eq	Vs
F4	1/Vs	1/Vs	1/Vs	Eq

Ek Tablo 27. Uzman 2 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Finans ve vergi alt kriterleri				
	F1	F2	F3	F4
F1	Eq	Vs	Vs	Vs
F2	1/Vs	Eq	1/Vs	1/Es
F3	1/Vs	Vs	Eq	Ab
F4	1/Vs	Es	1/Ab	Eq

Ek Tablo 28. Uzman 3 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Finans ve vergi alt kriterleri				
	F1	F2	F3	F4
F1	Eq	Wk	Eq	Vs
F2	1/Wk	Eq	1/Wk	Es
F3	1/Eq	Wk	Eq	Es
F4	1/Vs	1/Es	1/Es	Eq

Ek Tablo 29. Uzman 4 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Finans ve vergi alt kriterleri				
	F1	F2	F3	F4
F1	Eq	Es	Es	Vs
F2	1/Es	Eq	Es	Vs
F3	1/Es	1/Es	Eq	Es
F4	1/Vs	1/Vs	1/Es	Eq

Ek Tablo 30. Uzman 5 tarafından finans ve vergi alt kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için doldurulmuş anket

Finans ve vergi alt kriterleri				
	F1	F2	F3	F4
F1	Eq	Vs	Ab	Vs
F2	1/Vs	Eq	Wk	Es
F3	1/Ab	1/Wk	Eq	Eq
F4	1/Vs	1/Es	1/Eq	Eq

Ek Tablo 31. Uzman 1 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	G	F	G	VG	G	F	G	F	F	G	VG
Altınova	G	F	G	G	VG	F	G	F	F	G	G
Çamburnu	F	P	P	F	G	P	F	P	F	F	P
İzmit	F	P	F	VG	VG	F	G	F	G	VG	VG
Ereğli	G	F	F	G	G	F	F	G	G	F	F
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	G	P	G	P	F	G	VG	F	F	G	G
Altınova	G	F	G	F	P	G	G	F	F	F	F
Çamburnu	P	F	VP	F	P	F	F	F	F	F	P
İzmit	VG	P	F	F	P	P	VG	F	F	G	G
Ereğli	F	F	P	F	F	F	G	F	F	F	F

Ek Tablo 32. Uzman 2 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	G	G	P	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG
Altınova	F	VG	VP	VG	F	P	F	VP	P	G	P
Çamburnu	P	F	F	VG	F	P	F	P	F	G	VP
İzmit	F	F	P	VG	G	G	G	F	F	G	F
Ereğli	P	P	F	VG	F	P	F	P	P	F	VP
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	VG	G	VG	G	G	VG	F	F	G	P	VG
Altınova	P	P	VG	F	G	F	VG	P	G	P	VG
Çamburnu	VP	VP	VP	F	G	VG	VP	G	VG	P	VG
İzmit	G	G	F	G	F	G	F	G	G	P	VG
Ereğli	VP	VP	VP	F	G	F	P	F	G	P	VG

Ek Tablo 33. Uzman 3 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	VG	F	VG	VG	VG	VG	VG	G	G	VG	VG
Altınova	VG	F	VG	VG	VG	VG	VG	G	G	G	VG
Çamburnu	G	G	F	G	G	F	G	G	F	VP	VP
İzmit	VG	F	VG	VG	VG	VG	VG	G	G	G	VG
Ereğli	G	G	G	VG	G	G	G	G	G	F	F
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	VG	G	VG	F	G	G	VG	F	F	F	F
Altınova	VG	F	VG	G	F	G	VG	F	F	F	F
Çamburnu	P	P	P	F	P	F	F	F	F	F	F
İzmit	VG	G	VG	F	G	G	VG	F	F	F	F
Ereğli	F	P	F	G	P	F	VG	F	F	F	F

Ek Tablo 34. Uzman 4 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	VG	VG	VG	VG	P	G	VG	P	VG	VG	VG
Altınova	VG	G	G	G	F	G	G	VP	G	G	G
Çamburnu	F	P	P	VP	G	F	F	VG	P	P	P
İzmit	G	F	G	F	F	G	G	P	G	G	G
Ereğli	P	P	F	P	G	G	F	G	F	P	F
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	G	G	G	VG	G	VG	G	G	G	G	G
Altınova	G	G	G	G	G	G	G	VG	VG	G	G
Çamburnu	F	F	F	P	VG	G	G	P	F	F	G
İzmit	G	G	G	G	G	G	G	G	G	F	G
Ereğli	P	F	F	P	VG	G	G	P	F	F	G

Ek Tablo 35. Uzman 5 tarafından alternatiflerin dilsel olarak ifade edilmesi

Alternatifler	Kriterler										
	I1	I2	I3	I4	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	B1	B2
Tuzla	VG	VG	VG	VG	P	G	VG	G	G	VG	VG
Altınova	G	VG	VG	VG	F	G	VG	F	G	G	G
Çamburnu	F	F	G	P	VG	F	F	G	G	F	P
İzmit	F	G	F	F	F	F	G	F	G	G	G
Ereğli	P	P	P	P	G	P	F	G	F	P	F
	B3	B4	B5	S1	S2	S3	S4	F1	F2	F3	F4
Tuzla	VG	G	F	VG	VP	VG	G	G	G	G	VG
Altınova	VG	G	F	G	P	G	G	VG	VG	G	VG
Çamburnu	P	F	VP	P	G	G	G	G	G	G	G
İzmit	G	F	P	G	P	G	G	F	F	G	G
Ereğli	F	F	P	P	F	F	G	F	F	F	F

	1	2	3	4	5
1	2	12	14	15	16
2	13	11	8	7	17
3	18	10	9	5	4
4	19	20	6	1	3

Ek Şekil 1. Deney 1 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni

	1	2	3	4	5
1	13	12	14	15	16
2	1	11	10	6	17
3	18	2	9	7	3
4	19	20	8	5	4

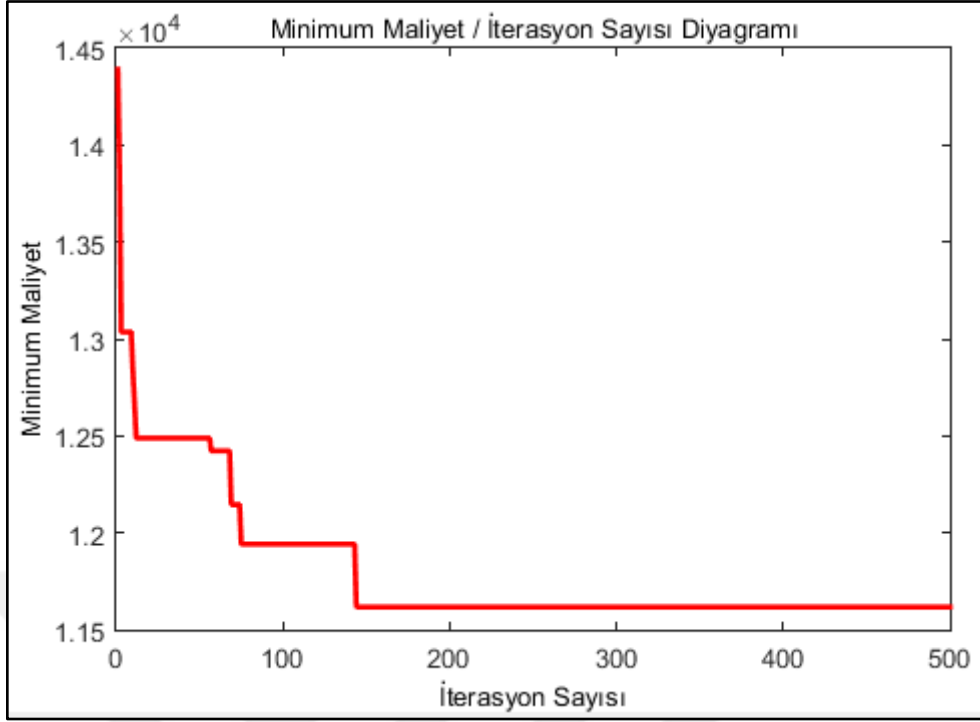
Ek Şekil 2. Deney 2 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni

	1	2	3	4	5
1	3	4	6	15	16
2	1	5	7	14	17
3	18	8	9	11	12
4	19	20	10	13	2

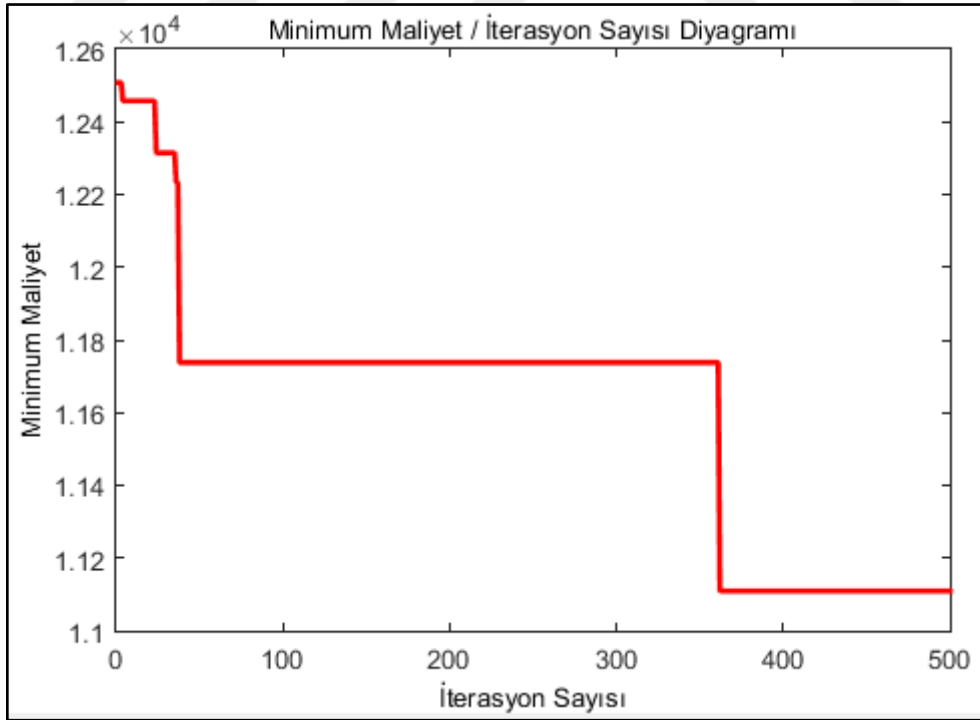
Ek Şekil 3. Deney 4 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni

	1	2	3	4	5
1	3	4	6	15	16
2	1	5	7	14	17
3	18	8	9	11	12
4	19	20	10	13	2

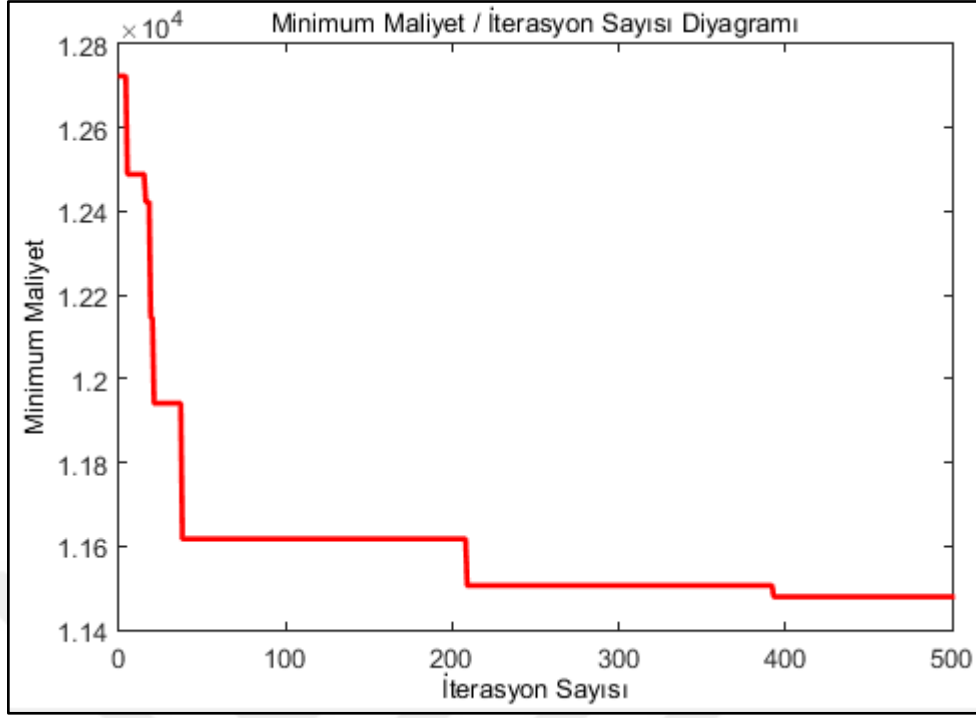
Ek Şekil 4. Deney 5 sonucunda elde edilen optimal yerleşim düzeni



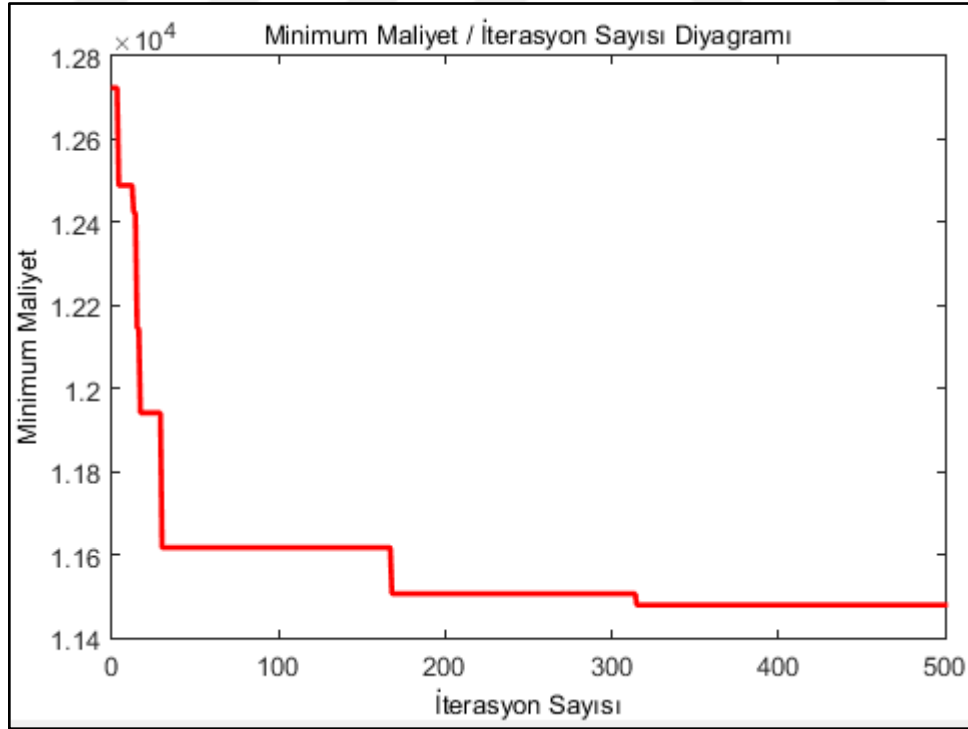
Ek Şekil 5. Deney 1 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı



Ek Şekil 6. Deney 2 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı



Ek Şekil 7. Deney 4 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı



Ek Şekil 8. Deney 5 sonucunda elde edilen minimum maliyet / iterasyon sayısı diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah TÜRK 1988 yılında Ünye’de doğdu. 2007 yılında Ünye Anadolu Lisesi’nden mezun olduktan sonra 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine ve 2011 yılında Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü’nde Makine Yan Dal programına başladı. 2013 yılında Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü’nü bölüm üçüncüsü olarak bitirdi ve aynı yıl yan dal programını tamamladı. 2013-2014 yılları arasında 6 aylık deniz stajından sonra 2014-2015 yılları arasında yedek subay olarak askerliğini tamamladı. 2015-2018 yılları arasında özel bir tersanede projelerden sorumlu Serbest Gemi İnşa Mühendisi olarak dizayn büroda görev yaptı. 2018 yılının başında ise Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır. İngilizce bilmektedir.