



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ARAZİ TOPLULAŞTIRMA ÇALIŞMASINDA ÇOK
AMAÇLI OPTİMİZASYON TABANLI DAĞITIM

Zeynep ORTAÇAY

178229001006

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2020

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Zeynep ORTAÇAY tarafından hazırlanan “Arazi Toplulaştırma Çalışmasında Çok Amaçlı Optimizasyon Tabanlı Dağıtım” adlı tez çalışması 23/06/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Onur İNAN

Danışman

Prof. Dr. Harun UĞUZ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this seminar document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Zeynep ORTAÇAY

Tarih: 23/06/2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAZİ TOPLULAŞTIRMA ÇALIŞMASINDA ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON TABANLI DAĞITIM

Zeynep ORTAÇAY

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Harun UĞUZ
2020, 92 Sayfa**

**Jüri
Prof. Dr. Harun UĞUZ
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN
Dr. Öğr. Üyesi Onur İNAN**

Gerçek hayatta karşılaştığımız problemlerin bir çoğu optimizasyon gerektiren problemlerdir. Bu problemlerin bazıları tek bir hedefe bazıları ise birden fazla hedefe sahiptirler. Tek hedefe sahip problemler tek amaçlı optimizasyon algoritmaları denilen yöntemlerle çözülürler fakat birden fazla hedefi olan problemler bu yöntemlerle çözülmesi zordur. Bu problemler için çok amaçlı optimizasyon algoritmaları olarak adlandırılan yöntemler kullanılmaktadır.

Arazi Toplulaştırma (AT) çalışmaları küçük ve dağınık olarak bulunan parsellerin büyük ve bir arada verilmesini amaçlayan bir çalışmadır. AT çalışmasının adımlarından olan Dağıtım aşamasında birden fazla kriter olmasından dolayı çok amaçlı optimizasyon problemi olarak tanımlanır. Bu problemin çözümü için PESA-II, NSGA-II ve Önerilen Hibrit NSGA-II algoritmaları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çok amaçlı optimizasyon algoritmalarının başarılı değerler elde ettiği görülmüştür

Anahtar Kelime: Arazi Toplulaştırma, Çok Amaçlı Optimizasyon, Dağıtım, NSGA-II, PESA-II

ABSTRACT

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION BASED REALLOCATION IN LAND CONSOLIDATION

Zeynep ORTAÇAY
Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Computer Engineering

Advisor: Prof. Dr. Harun UĞUZ
2020, 92 Pages

Jury
Prof. Dr. Harun UĞUZ
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Kaan BAYKAN
Dr. Öğr. Üyesi Onur İNAN

To solve problems encountered in real life, we sometimes need optimization algorithms. Some of these problems have single objective, while others have multiple objectives. If there is a single objective, the problem is defined as a single-objective optimization problem and if there are more than one objective it is called multi-objective optimization problem.

Land Consolidation (LC) studies are aimed at giving small and scattered plots large and together. It can be defined as a multi objective optimization problem due to the fact that there are more than one criteria in the Reallocation stage, which is one of the stages of the LC study. In this study, one of the multi objective optimization techniques, PESA-II, NSGA-II and Hybrid NSGA-II algorithms, is applied to the reallocation problem. The results are comparable with the studies in the literature. When the results are analyzed, it was seen that multi-objective optimization algorithms had achieved successful results.

Keywords: Land Consolidation, Reallocation, Multi Objective Optimization, NSGA-II, PESA-II

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam da bana yol gösteren, destek ve yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Harun UĞUZ' a, gerektiğinde yardımlarını esirgemeyen Dr. Arş. Gör. Hüseyin HAKLI hocama, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimler Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünün tüm öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

Zeynep ORTAÇAY

KONYA – 2020



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Arazi Toplulaştırması (AT) Nedir?	1
1.2. Arazi Toplulaştırmasının Türkiye’deki Durumu	3
1.3. AT Aşamaları	5
1.4. Dağıtım	7
1.4.1. Sabit tesisler	9
1.4.2. İşletmelerin tercihleri	9
1.4.3. Bloklardaki doluluk oranları	10
1.4.4. Dağıtımdaki zorluk.....	10
1.5. Tezin Amacı.....	11
1.6. Literatüre Katkısı.....	11
1.7. Tezin Organizasyonu	12
2. LİTERATÜR TARAMASI	13
2.1. AT Literatür Taraması.....	13
2.2. Dağıtım Literatür Taraması	16
2.3. Çok Amaçlı Algoritma Literatür Taraması	19
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Üçhüyük arazisi.....	23
3.1.2. Ekinözü arazisi	25
3.1.3. Alanözü arazisi.....	28
3.1.4. Çalışmada kullanılacak arazi verileri	31
3.1.5. Matlab	33

3.2. Metot	34
3.2.1. NSGA-II algoritması	34
3.2.2. PESA-II algoritması	44
3.2.3. Hibrit NSGA-II algoritması	46
4. DAĞITIM PROBLEMİNİN YÖNTEM İLE ÇÖZÜLMESİ	51
4.1. Dağıtım Problemi	51
4.2. Ön İşlem	52
4.2.1. Sabit tesis ve davalı parsel yerleştirme	52
4.2.2. Parsel birleştirme	53
4.2.3. İlk tercih yerleştirilmesi	54
4.3. Amaç Fonksiyonları	55
4.3.1. Parsellerin tercihlere yerleştirilmesi	55
4.3.2. Blokların doluluk oranları	56
4.4. Popülasyon Oluşturma	56
4.5. NSGA-II Algoritmasının Gerçekleştirimi	58
4.6. Arazi Dağıtım Problemi İçin Deneysel Sonuçlar	58
4.6.1. Ekinözü	60
4.6.2. Üçhüyük	66
4.6.3. Alanözü	71
5. SONUÇ	74
KAYNAKÇA	76

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER

Şekiller	Sayfa
Şekil 1.1. AT işlem adımları	6
Şekil 1.2. Blok Planlaması	7
Şekil 1.3. Dağıtım işleminin görsel hali	8
Şekil 3.1. Üçhüyük Arazisinin coğrafi konumu	24
Şekil 3.2. Üçhüyük köyü kadaastro durumu haritası (Haklı, 2017).....	25
Şekil 3.3. Üçhüyük köyü blok planlaması (Haklı, 2017).....	25
Şekil 3.4. Ekinözü Arazisinin coğrafi konumu	26
Şekil 3.5. Ekinözü köyü kadaastro durumu haritası (Haklı, 2017).....	27
Şekil 3.6. Ekinözü köyü blok planlaması (Haklı, 2017)	28
Şekil 3.7. Alanözü Arazisinin coğrafi konumu	29
Şekil 3.8. Alanözü köyü kadaastro durumu haritası (Haklı, 2017).....	30
Şekil 3.9. Alanözü köyü blok planlaması (Haklı, 2017)	31
Şekil 3.10. AT-3 Formu Gösterimi	32
Şekil 3.11. AT-5 Formu Gösterimi	33
Şekil 3.12. Genetik tabanlı ÇAO algoritmasının genel adımları	35
Şekil 3.13. Pareto-optimal yüzeye örnek(Deb, 2014).....	36
Şekil 3.14. Amaçların Min-Max durumuna göre Pareto yüzeyleri (Schardong ve Simonovic, 2011).....	37
Şekil 3.15. ÇAO algoritmasının hedeflediği duruma örnek (Ahmetoğlu, 2018).....	38
Şekil 3.16. Yüzeylemeye örnek.....	39
Şekil 3.17. Hızlı bastırılmamış sıralama yaklaşımı.....	40
Şekil 3.18. Yoğunluk mesafe hesaplanmasının gösterimi (Deb ve ark., 2000).....	41
Şekil 3.19. Bir sonraki nesle aktarım (Deb ve ark., 2002).....	42
Şekil 3.20. NSGA-II akış diyagramı	43
Şekil 3.21. Pesa-II algoritmasının akış diyagramı	45
Şekil 3.22. Önerilen Hibrit NSGA-II Yeni Birey üretme akış diyagramı	46
Şekil 3.23. Ayrılma çaprazlama.....	47
Şekil 3.24. Ters çevirme çaprazlama.....	47
Şekil 3.25. DE algoritmasındaki mutasyon sonucunda bireyin elde edilmesi	48

Şekil 3.26. DE algoritmasında yeni bireyin elde edilmesi	49
Şekil 3.27. DE Yeni birey üretme akış diyagramı	50
Şekil 4.1. Dağıtım işleminin temel adımları	51
Şekil 4.2. Sabit tesislerin bloklara yerleştirilmesi	53
Şekil 4.3. Parsel birleştirme işlemi	54
Şekil 4.4. İlk tercihlerine yerleşebilen parselleri bloklara yerleştirme	55
Şekil 4.5. Popülasyonun yapısı	57
Şekil 4.6. Ekinözü arazisinde elde edilen bastırılmamış çözümler	63
Şekil 4.7. Üçhüyük Arazisinde elde edilen bastırılmamış çözümler	69

Çizelgeler	Sayfa
Çizelge 1.1. Yıllara göre işletme sayıları	3
Çizelge 1.2. Yıllara göre AT çalışması yapılan alan bilgileri	4
Çizelge 1.3. Örnek bir mülakat listesi	9
Çizelge 3.1. Çalışma arazilerine ait bilgiler (Haklı, 2017)	22
Çizelge 3.2. AT dosya formları	31
Çizelge 4.1. Tercih cezaları (Haklı, 2017)	55
Çizelge 4.2. Parametreler ve değerleri	59
Çizelge 4.3. Ekinözü tercih sonuçları	60
Çizelge 4.4. Ekinözü parsel alan durum sonuçları	61
Çizelge 4.5. Ekinözü yöntem sonrası işletme başına düşen parsel sayısı sonuçları ..	64
Çizelge 4.6. Ekinözü arazisinin yöntem sonrası hisseli parsel durumu	65
Çizelge 4.7. Üçhüyük tercih sonuçları	66
Çizelge 4.8. Üçhüyük parsel alan durum sonuçları	67
Çizelge 4.9. Üçhüyük arazisinin yöntem sonrası işletme başına düşen parsel sayısı sonuçları	70
Çizelge 4.10. Üçhüyük arazisinin yöntem sonrası hisseli parsel durumu	71
Çizelge 4.11. Alanözü tercih sonuçları	72

KISALTMALAR

AT	:	Arazi Toplulaştırma
CD	:	Kalabalık Mesafe
CR	:	Çaprazlama Oranı
ÇAO	:	Çok Amaçlı Optimizasyon
DEA	:	Diferansiyel Evrim Algoritması
DSİ	:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
GA	:	Genetik Algoritma
KHGM	:	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
NSGA	:	Bastırılmamış Sıralama Genetik Algoritması
SS	:	Dağılık Arama
TPS	:	Toplam Parsel Sayısı
TRGM	:	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
TSM	:	Tapu Sicil Müdürlüğü
TYPs	:	Tercihlerinden Birine Yerleşen Parsel Sayısı
IS	:	İşletme Sayısı

1. GİRİŞ

1.1. Arazi Toplulaştırması (AT) Nedir?

İnsanlar ve araziler arasındaki ilişki çok derindir. Araziler insan hayatındaki önemi çok büyüktür ve insanların sosyal durumları ve varlıkları ile çok yakın ilişkisi vardır. Günümüzde artık arazileri sahiplenmek hızlı bir şekilde azalmaya başlamıştır. Bunun en büyük sebeplerinden biri arazilerdeki parçalanmalardır. Gelişmekte olan ülkelerde arazi parçalanmaları yaygın olarak görülmektedir (Uyan, 2016). Arazi parçalanması, bir parselin zamanla mekânsal olarak birden fazla parsellere ayrılması olarak tanımlanır. Arazi parçalanması literatürde parselleşme olarak da karşımıza çıkmaktadır. Parçalanmalar 7 sebebe dayanmaktadır (Suha ve ark., 2017; Karaman ve Gokalp, 2018).

- Miras yoluyla parçalanma
- Sulama altyapısı ve kanallardan kaynaklanan arazi parçalanmaları
- Genel altyapı geliştirmelerinden kaynaklanan parçalanma (ulaşım, ağ, yollar, demiryolları vb.)
- Kısmi satış işlemleri ile parçalanma
- Çeşitli kurumlar tarafından yapılan kamulaştırmalar yoluyla parçalanma
- Coğrafi konumlara ve topografyaya göre parçalanma
- Yetersiz sermaye ve işgücü nedeniyle kiralar yoluyla parçalanma

Bu parçalanmaların kimi gözlemciler göre büyük sorunlar oluşturduğu, kimilerine göre ise faydalı olduğunu söylemektedir (Aslan ve ark., 2007). Örneğin bir çiftçinin parsellerinden birindeki ürünlerde hastalık olduğunda diğer parsellerdeki ürünlere hastalık bulaştırma riski ortadan kalktığından dolayı faydalı olarak görülmektedir. Fakat diğer gözlemciler ise, bu parçalanmaların büyük sorunlar yarattığını söylemektedir. Bu sorunların bazıları aşağıda listelenmiştir (Suha ve ark., 2017).

- Küçük parsellerde tarım oldukça verimsizdir, çünkü çiftçiler tarlalar arasındaki geçişin engellenmemesi için tarla sınırlarına çok yakın ekim yapmamaktadırlar. Bu da parseli daha da küçültmektedir.
- Araziler arasına ulaşım da önemli miktarda zaman harcanmaktadır ve bu problemde arazilerin toplulaştırılması sonucunda ortadan kaldırılabilir. Böylelikle, işçilik ve yakıt tasarrufu sağlanacaktır.
- Küçük arazilerde tarım makinelerinin hareketleri çok zorlaşır. Tarım makinelerinin manevra yapabilmesi için tarla boyutlarına göre daha yüksek boş alan oranına izin verilmeli ve yine etkili ekili alanların azalmasına yol açmalıdır.

- Parçalanmalar sonucunda arazilerin geometrik şekilleri girintili çıkıntılı hale gelmektedir. Bu şekildeki parsellerin etkili bir şekilde kullanımı zordur. Arazilerde AT çalışması yapıldıktan sonra tarla boyutları artar ve daha düzgün geometrik şekillere sahip olurlar, bu da tarımsal işlemlerin uygulanmasını büyük ölçüde kolaylaştırır.
- Dağınık ve şekilsiz arazilerde sulama altyapısı çalışmaları yüksek maliyet ve yüksek bakım gerektirmektedir. AT sonrası da bu çalışma önemli ölçüde iyileşir

Az gelişmiş tarımların önemli sebeplerinden biri arazi parsellemeleridir (Blarel ve ark., 1992). Ortaya çıkan tarımsal sorunlar köylerden şehirlere göçlere sebep olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin azaltılması büyük maliyet içermektedir (McPherson, 1982). Bu sıkıntıların önüne geçebilmek için dünyanın birçok yerinde çalışmalar yapılmaktadır (Aslan ve Arici, 2005; Tan ve ark., 2006; King, 2019). Bu çalışmalardan en önemli olanı arazi toplulaştırma çalışmasıdır. Arazi toplulaştırma çalışmasının amacı ülkeden ülkeye farklılık gösterse de genel olarak parçalanmış arazileri bütünleştirip daha kullanılabilir hale getirmeyi amaçlamaktadır (Vitikainen, 2004). AT, yalnızca bölünmüş parselleri birleştirmeyi değil, aynı zamanda tarımsal, teknik, sosyal ve kültürel alanlar gibi tüm ilgili alanların daha iyi yönetilmesini de amaçlamaktadır (Cay ve ark., 2010; Paşakarnis ve Maliene, 2010; Cay ve Uyan, 2013). Yani AT çalışması yapılırken doğayı ve kırsal yapıyı korumak, peyzajı iyileştirmek için, çalışmayı yapanlar arasında çevre uzmanlarında olması gerekmektedir. Aynı zamanda işletmelerin menfaatleri korunmalı ve denge sağlanmalıdır (Kirmikil ve Arici, 2014). Arazi toplulaştırmasındaki en önemli kısıtlama, çalışmanın yapıldığı bölgedeki işletmelerin arazilerindeki toplam kalitenin çalışma sonrasında da aynı olması sağlanmalıdır (Aslan ve ark., 2007). Toplulaştırma sonucunda çok sayıda küçük parseller yerine daha az sayıda büyük ve düzgün şekillere sahip parseller elde edilir. Toplulaştırma çalışması bilinçsizce yapıldığında doğaya büyük zarar verir (Kirmikil ve Arici, 2014). Arazi toplulaştırma çalışmalarının değerlendirilmesi için çeşitli yaklaşımlar mevcuttur (Aslan ve ark., 2007). Bu yaklaşımlar;

- Derecelendirme (Simmons, 1964; Schmook Jr, 1976): Arazilerin toplam dereceleri arazi toplulaştırma çalışması sonrasında da aynı olması beklenir.
- Parsellerin büyüklükleri ve sayıları (Igbozurike, 1974; Schmook Jr, 1976): AT sonrası işletmenin daha az sayıda fakat daha büyük arazileri olması beklenir
- Araziler arasındaki mesafeler (Boyce ve Clark, 1964; Hammond ve McCullagh, 1978): İşletmenin arazilerinin birbirine yakın yerlerde olması beklenir.

- Parsellerin şekilleri ve verimlilik dağılımı (Van Dijk, 2000; Gonzalez ve ark., 2004; Gonzalez ve ark., 2007)

Arazi toplulaştırma çalışması yasalara dayanarak gerçekleştirilmektedir. Genel olarak yasalar bazı ülkelerde 1970'lere bazıları da 1980'lere dayanmaktadır. Arazi toplulaştırma çalışmalarının amacının ülkelere göre farklılık göstermektedir çünkü çalışmanın amacı ülkedeki tarihsel eğilimler, kültür, gelenekler ve mevzuat tarafından etkilenmiştir (Vitikainen, 2004).

1.2. Arazi Toplulaştırmasının Türkiye'deki Durumu

Türkiye'nin birincil geçim kaynağı olarak tarım gelmektedir. Türkiye'nin iklimi ve coğrafi şartları tarıma elverişli olduğundan tarım Türkiye'de gelişmiş bir sektör haline gelmiştir. Bu nedenle Türkiye, gıda ve tarım alanında dünyanın önde gelen ülkelerinden biri olarak kabul edilir (Uyan, 2016). Türkiye, dünyanın en büyük buğday ve arpa üreticilerinden biridir (Küsek, 2014). Fakat Türk çiftçilerinin çoğunluğu yeterli arazi büyüklüğüne sahip değildir, tarım arazileri yerleşimlerin etrafına ve birbirinden uzağa dağılmıştır (Karaman ve Gokalp, 2018). Bununla ilgili bilgiler Çizelge 1.1'de yıllara göre işletme sayıları verilmiştir (Karaman ve Gokalp, 2018). 2001 yılına kadar işletme sayılarında artış gözlenmiştir. Fakat 2001 yılında bu sayı 3,022,127'ye düşmüştür.

Çizelge 1.1. Yıllara göre işletme sayıları

Yıl	İşletme Sayısı
1950	2,274,675
1970	3,058,900
1980	3,558,815
1991	3,966,800
2001	3,022,127

Türkiye'de AT uygulamaları 1961'de Toprak-Su Genel Müdürlüğü tarafından Konya ili Karkin Köyünde başlamıştır. Türkiye'de 50 yılı aşkındır AT çalışmaları yapılmıştır (Aslan ve ark., 2007). 1966 yılında Arazi Toplulaştırma Yönetmeliği yapılmış, 1973 yılında ise Toprak ve Tarım Reformu Kanunu çıkarılmıştır (Küsek, 2014; Karaman ve Gokalp, 2018). 1993 yılına kadar yaklaşık 67 bin hektarlık bir alanı kapsayan 97 proje uygulanmıştır (Karaman ve Gokalp, 2018). 1961- 1980 tarihleri arasında 87 AT projesi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1.2'de yıllara göre Türkiye'de tamamlanmış olan toplulaştırma alanları verilmiştir (Uyan, 2016; Karaman ve Gokalp, 2018).

Çizelge 1.2. Yıllara göre AT çalışması yapılan alan bilgileri

Yıllar	Alan
1961-1980	58 bin
1961-2002	450 bin
1961-2006	0,6 milyon
1961-2012	3,2 milyon
1961-2015	5,1 milyon
1961-2018	8 milyon

AT çalışmalarındaki birincil hedef, ilk olarak Türkiye’deki 24 milyonluk tarım arazilerinden sulanan araziler (8.5 milyon ha) üzerinde arazi toplulaştırma çalışmalarını tamamlamaktır. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2023 yılına kadar 14 milyon ha alan üzerinde arazi toplulaştırma çalışmalarının gerçekleştirilmesi hedeflemektedir (Karaman ve Gokalp, 2018). Türkiye de AT çalışmaları sonrası üretimde verimlilik artsa da arazi büyüklüğü konusunda dış ülkelerdeki AT çalışmaları kadar başarılı sonuçlar elde edilememektedir (Aslan ve ark., 2007).

Her yıl parçalanarak araziler, toplulaştırılan arazilerden daha çoktur (Karaman ve Gokalp, 2018). Türkiye de AT çalışmaları sonrası tekrar parçalanmayı önlemekte önemli sorunlardan biridir (Aslan ve ark., 2007). Bunun için bazı önlemler alınmıştır (Suha ve ark., 2017).

- Bölünemez Parsel Boyutu: “Bölünemez Parsel Boyutu” kavramı son zamanlarda tanıtıldı. 2007’de bölünemez parsel büyüklüğü altında olan tarımsal parsel hisselerinin satışı yasaklanmıştır.
- Satış Yasağı: 2014 yılında tarım alanlarının parçalanmasını önlemek amacıyla “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı ve Türk Medeni Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” hazırlanmış ve kabul edilmiştir.

Türkiye de AT projelerinde sadece arazilerde iyileştirme, tarla yolları ve sulamaları için çalışmalar yapılırken Almanya da bunların yanında spor ve enerji tesislerinin kurulması ve korunması, köylerin yenilenmesi çalışmaları da yapılmaktadır (Kirmikil ve Arici, 2014). Türkiye’de AT çalışmaları için “Sulanan Alanlarda Arazi Yeniden Düzenlenmesi Yasası (3083)” ve “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Yasası(5403)” olarak iki yasa vardır ve bu yasaların uygulamaları birbirine benzerdir (Suha ve ark., 2017). AT çalışmaları 28 Nisan 2018 tarihinde 7139 Kanun numarası ile Daire Su İşleri (DSİ) sorumluluğuna geçmiştir (Köken ve Çay).

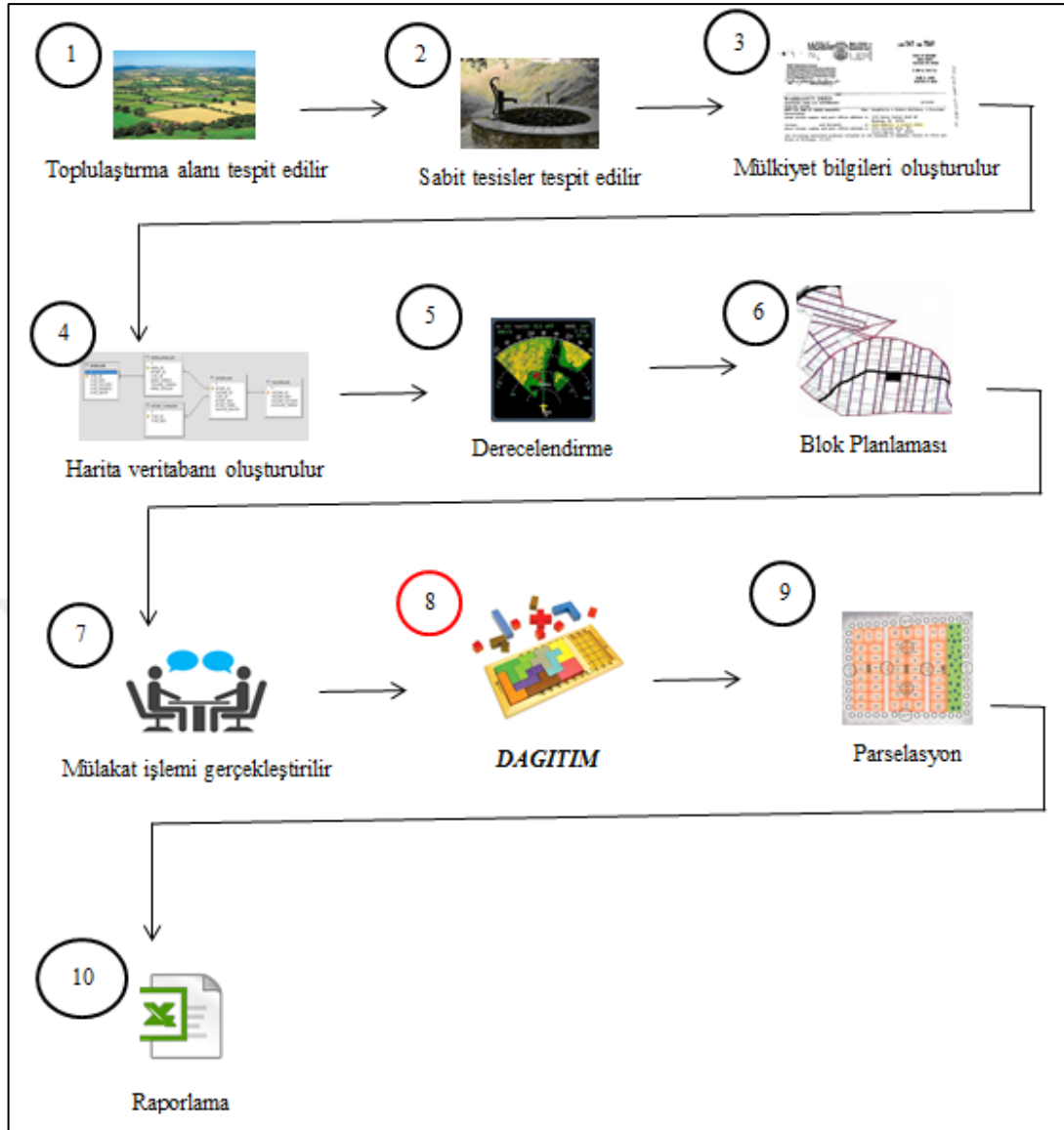
Amerika, Kanada gibi gelişmiş ülkelerde toplulaştırmaları 2. aşamaları tamamlanmıştır. Türkiye’de ise 1. aşama henüz tamamlanmamıştır (Haklı, 2017). Türkiye’deki AT projeleri zorunlu ve talebe dayalı olarak iki temel yöntemle

yürütölmektedir (Suha ve ark., 2017). Arazi toplulaştırma çalışmasına ait tüm proje masrafları devlet tarafından karşılanmaktadır ve işletmeler hiçbir şekilde ödeme yapmazlar (Aslan ve ark., 2007).

1.3. AT Aşamaları

Arazi toplulaştırma uzun ve karmaşık süreci olan bir çalışmadır. Bu nedenle çalışmaların tamamlanması uzun zaman almaktadır (Haklı, 2017). Uzun zaman alan ve çok emek verilen AT çalışmanın sonucundan işletmeler memnun kalmazsa bu süreç tekrar baştan başlatılabilir. Bu durumda hem maddi olarak hem de zaman olarak ciddi kayıplara sebep olmaktadır (Özsari, 2018). Bir AT işleminin adımları şekil 1.1 ‘de verilmiştir.

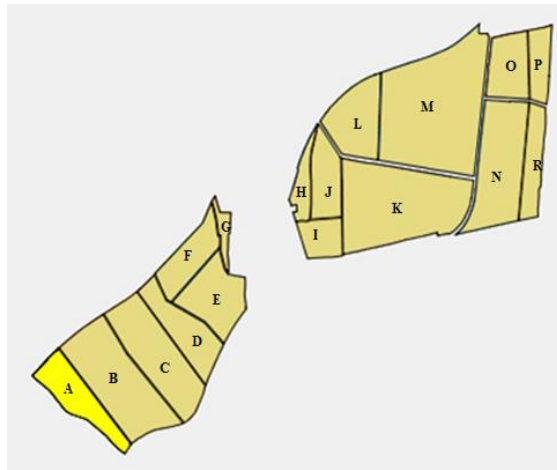




Şekil 1.1. AT işlem adımları

1. Toplulaştırma alanının tespiti: Hangi arazi üzerinde toplulaştırma yapılacağı belirlenir. Bu arazinin sayısallaştırılması gerçekleştirilir. Sayısallaştırma işlemi, harita üzerindeki koordinatları ve alanların sayısal olarak ifade edilmesi işlemidir.
2. Sabit Tesislerin belirlenmesi: Kullanılabilir durumda olan ev, ahır, samanlık, ambar, kuyu gibi yapılar ile dikili tarım arazileri gibi sabit tesislerin tümü arazide belirlenir.
3. Mülkiyet bilgileri oluşturma: Arazi üzerindeki parsellerin hangi işletmelere ait olduğu ve işletmeler hakkındaki bilgiler toplanmaktadır.
4. Harita veritabanı oluşturma: Arazinin koordinasyonları, alanları, kime ait olduğu, üzerindeki sabit tesisler gibi bilgilerin tutulduğu bir veritabanı oluşturulur
5. Derecelendirme: toprağın kalitesi, arazinin konumu, yerleşim yerine uzaklığı, ana yola uzaklığı gibi nedenler göz önüne alınarak arazinin gerçek alanı dışında bir de derece alanı belirlenir. Bu kriterlere göre bölgelere verilen puanlara derece adı verilmektedir.

6. Blok Planlaması: Yollar ve su kanalları dikkate alınarak doğal bloklar oluşturulur. Ardından doğal bloklar belli bir en-boy oranını sağlayacak şekilde alt bloklara ayrılır. Bu işleme blok planlaması denmektedir. Şekil 1.2’de verilen arazide blok planlaması gösterilmiştir. Burada A,B,C olarak adlandırılan kısımların her biri blok olarak adlandırılmaktadır.
7. Mülakat İşlemi: blok planlaması yapıldıktan sonra teknisyen işletmelerin her biri ile tek tek görüşme yapmaktadır. Bu görüşmede işletmenin her bir parselinin hangi blokta olmasını istediğini belirten 3 tercih yapar. Teknisyen her bir parsel için 1 ile 3 arasında blok tercihleri aldıktan sonra bunu liste olarak kayıt altına alır. Bu işlem mülakat işlemi adı verilmektedir.
8. Dağıtım: Parsellerin bloklara yerleştirme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu tez çalışmasında dağıtım aşamasına odaklanılmış olup, bu adımla ilgili ayrıntılar 1.4 başlığı altında ayrıntılı olarak verilecektir.
9. Parselasyon: Dağıtım işlemi tamamlandıktan sonra parselasyon aşamasına geçilir. Bloklara yerleştirilen parsellerin bloklardaki yerini ve şeklini koordinasyonlarla belirleme işlemine parselasyon denir.
10. Raporlama: Tüm adımlar tamamlandıktan sonra elde edilen yeni bilgilerin raporlanması sağlanır.



Şekil 1.2. Blok Planlaması

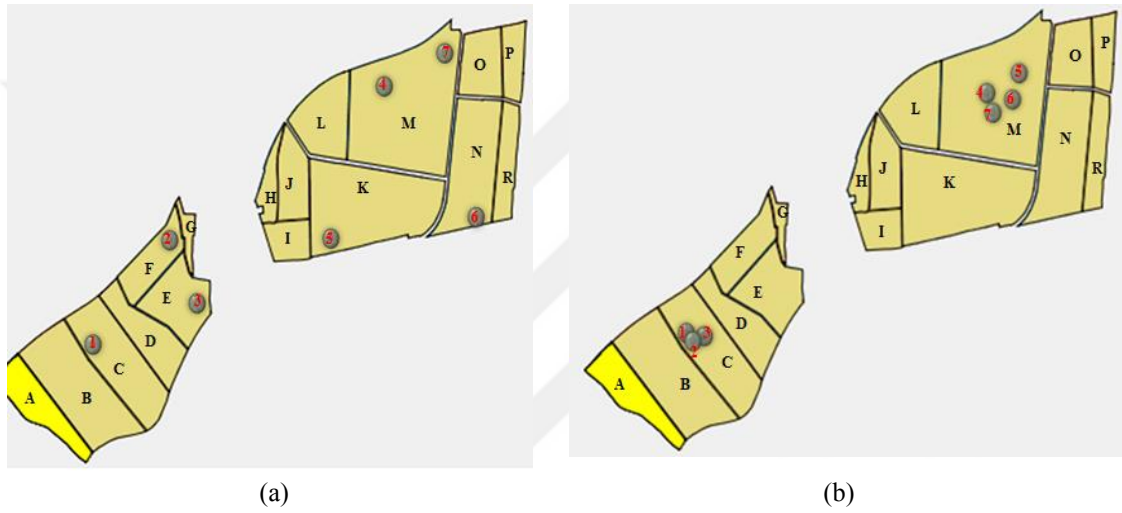
1.4. Dağıtım

AT çalışmasının adımlarından biri olan dağıtım aşaması, en önemli aşamalardan biridir. Dağıtım, mülakat işlemi yapıldıktan sonra işletmenin yaptığı tercihler göz önünde bulundurularak parsellerin bloklara yerleştirilmesi işlemine denir.

Dağıtım işleminin işletmeler arasında adil bir şekilde yapılması çok önemlidir. Daha ayrıntılı açıklanacak olursa, bir işletmenin dağıtımdan önce toplam arazi kalitesi ile

dağıtımdan sonraki toplam arazi kalitesinin eşit olması beklenmektedir. Bu nedenle dağıtım işleminde gerçek alan yerine derece alan kullanılmalıdır. Böylelikle parsellerin kalitelerine göre uygun kalitedeki bloğa yerleştirilme işlemi sağlanmış olur. Bu adil dağıtım işlemi gerçekleştirilemezse, dağıtım sonrası işletmeler tarafından itiraz dilekçeleri gelecektir. Buda memnuniyet sağlanamadığı anlamına gelmektedir. Bu itirazlar sebebiyle çalışmalar aksayacak ve AT projesinin bitmesi uzayacaktır. Bu nedenle arazi toplulaştırma projesinde en önemli ve dikkatle yapılması gereken adım dağıtım aşaması olduğu görülmektedir (İnceyol, 2014). Dağıtım işlemine bir örnek Şekil 1.3’de verilmiştir.

Şekil 1.3. Dağıtım işleminin görsel hali



Şekil 1.3’de Üçhüyük arazisine ait blok planlaması gösterilmiştir. Her bir blok harf ile gösterilmiştir. Bloklar üzerinde ise bir işletmeye ait parseller, üzerinde rakamlar olan daireler şeklinde gösterilmektedir. İşletmenin parselleri dağıtımdan önceki halleri (a) ve dağıtım işlemi yapıldıktan sonraki halleri (b) görülmektedir. Şekil 1.3(a)’da bir işletmenin 7 farklı bölgede 7 tane parseli yer almaktadır. Teknisyenler her bir parsel için mülakat işlemini yaptığını varsayalım ve Çizelge 1.3’deki gibi bir mülakat işlemi yapıldığını düşünelim. Çizelge 1.3 incelendiğinde çiftçi 1 numaralı parsel için ilk tercih C bloğu olmuştur, iki ve üçüncü tercihleri sırasıyla K ve A blokları olarak belirlemiştir. Aynı şekilde 2 numaralı parsel için bakıldığında ilk blok tercihi K bloğudur, ikinci tercihi ise F ve ardından C bloğunu tercih etmiştir. Dağıtım işlemi bu tercihleri ve parsellerin kalitelerini göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Dağıtım işlemi gerçekleştirildikten sonra Şekil 1.3(b)’deki gibi, parseller 2 farklı bölgeye yerleştirilerek daha düzenli hale getirilmiştir. Dağıtım sonrası parsellerdeki yerleri incelendiğinde, 1 numaralı parsel ilk tercihi olan C bloğuna, 2 numaralı parsel 3.tercihi olan C bloğuna

yerleştirilmiştir. Fakat 3 numaralı parselin tercihleri arasında olmadığı halde C bloğuna yerleştirilmiştir. Tercihine yerleşmemesinin sebepleri, tercih edilen bloklara çok fazla talep olması ya da işletmenin sahip olduğu diğer parsellerden çok uzak bloğa tercih yapılmış olması gibi birçok sebep olabilir. Geriye kalan 4, 5, 6 ve 7 numaralı parseller tercihleri arasında yer alan M bloğuna yerleştirildiği görülmektedir.

Çizelge 1.3. Örnek bir mülakat listesi

Parsel Numaraları	Tercih 1	Tercih 2	Tercih 3
1	C	K	A
2	K	F	C
3	E	A	M
4	M	K	C
5	M	K	A
6	N	M	C
7	M	A	F

Dağıtım işlemi gerçekleştirilirken işletme memnuniyeti sağlanmasına önem gösterilmelidir. Bunun için bazı dikkat edilmesi gereken durumlar vardır. Bu durumlar aşağıda listelenmiştir:

- Sabit Tesisler
- Mülakattan elde edilen tercihler
- Bloklardaki doluluk oranları

1.4.1. Sabit tesisler

Sabit tesisler, işletmeler tarafından kullanılabilir fakat taşınamaz durumda olan ahır, ağaçlık, kuyu, samanlık gibi yapılara denir. Örneğin bir çiftçinin bir parselinin üstünde kuyu varsa, bu parselin yeri değiştirilmemelidir. Aksi takdirde işletme memnuniyeti sağlanamaz. Bunun için AT adımlarının ilk aşamalarında sabit tesis belirleme aşaması mevcuttur. Sabit tesisler belirlenip harita üzerinde bu yapılar işaretlenir. Dağıtım yapılırken bu işaretli yapılar göz önünde bulundurularak işlem gerçekleştirilir. Aslında dağıtım işleminde içinde sabit tesis olan parseller dağıtıma hiç dahil edilmez gibi düşünülebilir. Yani mevcutta hangi bloktaysa yine o bloğa yerleştirilir. Dağıtım işleminde bu parseller için herhangi bir değişiklik yapılmasa da parselasyon işleminde sabit tesisi içine alacak şekilde geometrik bir şekillendirme işlemi yapılmaktadır.

1.4.2. İşletmelerin tercihleri

Dağıtım işlemindeki dikkat edilmesi en önemli noktalardan biri de tercihlerdir. Bu tercih işlemi dağıtım aşamasından bir önceki aşama olan mülakat aşamasında yapılmaktadır. Mülakat işleminde teknisyenler köylere giderler ve parseli olan her bir

işletmeci ile birebir görüşme sağlarlar. Bu görüşme de işletmenin sahip olduğu her bir parsel için ayrı ayrı tercih alınır. Bu tercih alma işleminde teknisyeninde rolü büyüktür. Görüşmede işletme sahibinin parsellerinin sayısı, parsellerin büyüklüğü, kaliteleri, sabit tesisleri, blokların durumları gibi tüm kriterler göz önüne alınarak uygun tercihler yapılması sağlanır. Teknisyen parsel sahibini uygun bloklara tercih etmesi için ikna etmeye çalışmaktadır. Böylelikle bir sonraki dağıtım aşaması kaliteli ve hızlı gerçekleşir.

Bu çalışmada kullanacağımız materyaller AT işlemi tamamlanmış olan arazilerdir. Aldığımız verilerde, parsel sahiplerine her bir parsel için en fazla 3 tercih hakkı verilmiştir.

1.4.3. Bloklardaki doluluk oranları

Dağıtım işlemi yapılırken blokların doluluklarına da dikkat edilir. Dağıtım işlemi yapılırken, bloğun derece alanı ile o bloğa yerleştirilen parsellerin toplam derece alanının birbirine eşit olması beklenir. Fakat parselleri yerleştirilirken blokları sıfırlayarak yerleştirme işlemi çok zordur. Bloklarda taşmalar ve boşluklar meydana gelebilir. Dağıtım işleminden sonra bu taşmalar ve boşluklar için dengeleme denilen işlem gerçekleştirilir. Bu dengeleme işleminde parsellerin yerleri değiştirilir ki bu da genelde tercih dışına ya da işletmenin diğer parsellerinden çok uzağa yerleştirilebilir. Buda istenmeyen bir durumdur. Müşteri memnuniyeti sağlanamaz ve itirazlar meydana gelebilir. İtirazlar olmasa bile toplulaştırma projeleri verimli bir şekilde yapılamayabilir. Bu nedenle dengeleme işlemi olabildiğince az taşmalardan oluşan bloklar ile yapılması daha sağlıklı olur.

1.4.4. Dağıtımdaki zorluk

Dağıtım işlemi gerçekleştirilirken hem tercihlere uygun bir şekilde hem de bloklardaki doluluk oranları fazla aşmayacak şekilde yapılması gerekmektedir. Bu kısıtlar işlemi yapan kişi için zorluk oluşturarak sürecin yavaş ilerlemesine neden olmaktadır. Eğer tüm parselleri tercihlerine yerleştirme işlemi yapılırsa, bloklarda aşırı taşmalar meydana gelerek, Blok dengeleme sürecinde istenmeyen sonuçlar elde edilebilir. Bunun için dağıtım aşamasında tüm parseller tercihlerine yerleşmelidir diye keskin bir kural yoktur. Bazı parseller tercihlerine yerleşmeyebilir. Fakat işletme sahibi yapılan bu yerleşmeden memnun da kalabilir. Bu teknisyenin yeteneğine kalmış bir süreçtir. Bunun için bazı parseller tercihiine yerleşirken bazıları da tercih dışına yerleştirilir. Burada blokta taşma ve tercih dengesinin iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir.

1.5. Tezin Amacı

Bu çalışmada, bir önceki bölümde belirtilen dağılımdaki zorlukların önüne geçilmesi için, parsellerin mülakat aşamasında elde edilen tercihler ve blok planlaması aşamasında oluşan blokların derece alanlarındaki taşmalara dikkat edilerek dağıtım işleminin otomatik bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma sayesinde, teknisyenlerin AT sürecinin en önemli aşaması olan dağıtım sürecini hızlı ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirebilmesi, aynı zamanda işletme sahiplerinin memnuniyetinin sağlanıp itirazların minimum seviyeye indirilmesi beklenmektedir. Otomatik dağıtım işlemi ile zaman ve emek tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Belirtilen kriterlere göre optimizasyon işlemi yapılmadan sırayla tercihlere göre bloklara yerleştirme işlemi yapılabilir. Fakat bu durum bazı bloklarda aşırı taşmalara bazı bloklarda ise boş kalmalara sebep olabilir. Yada optimizasyon işlemi yapılmadan blokları sıfırlayacak şekilde parsellerin dağıtım işlemi de yapılabilir. Bu durum da işletme memnuniyetsizliğine sebep olabilir.

Bu tez çalışmasında hem bloklardaki doluluk oranlarını dengeleme hem de işletmelerin tercihlerini göz önünde bulundurarak dağıtım işleminin otomatik oluşturulması için çok amaçlı optimizasyon algoritmaları tabanlı bir yaklaşım geliştirmektedir.

1.6. Literatüre Katkısı

Dağıtım aşaması, Arazi Toplulaştırma projesinin zaman alan bir aşamasıdır, aynı zamanda en önemli ve dikkat edilmesi gereken bir süreçtir. Bu sürecin çıktıları parselasyon aşamasının girdilerini oluşturmaktadır. Literatürde AT projesinin dağıtım aşaması ile ilgili çok fazla çalışmalar yapılmıştır. Fakat hala iyileştirmeye ihtiyaç olan bir problemidir.

Yerli ve yabancı literatür incelendiğinde dağıtım ile ilgili yapılan çalışmalarda tek amaçlı optimizasyon algoritmalarının kullanıldığı görülmektedir. Fakat dağıtım problemi birden fazla kritere sahip olduğundan dolayı çok amaçlı optimizasyon algoritmalarının kullanımına daha uygun olması beklenmektedir. Bu tez çalışmasında hem bloklardaki doluluk oranlarını dengeleme hem de işletmelerin tercihlerini göz önünde bulundurarak dağıtım işleminin otomatik oluşturulması için çok amaçlı NSGA-II algoritmasının kullanılması önerilmiştir.

NSGA-II algoritmasının performansını arttırmak amacıyla tez çalışmasında geliştirilmiş bir yöntem önerilmiştir. NSGA-II algoritması çaprazlama metodu olarak 2

farklı çaprazlama algoritması ve mutasyon işlemi olarak Diferansiyel Evrim Algoritmasında kullanılan mutasyon yöntemi algoritmaya dahil edilmiştir. Çaprazlama ve mutasyon süreçlerinde kullanılan bu hibrit yaklaşımların temel genetik çaprazlama ve mutasyon yöntemlerinin kullanımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak tez çalışmasının literatüre 2 temel alanda katkı yaptığı ifade edilebilir: Bunlarda ilki mutasyon ve çaprazlama yöntemleri temelli hibrit bir NSGA-II algoritmasının kullanılması, ikincisi ise dağıtım probleminin çok amaçlı optimizasyon algoritmaları ile çözülmesidir.

1.7. Tezin Organizasyonu

Yapılan tez çalışması 5 başlıkta ele alınmıştır. İlk başlık olarak AT hakkında genel bilgiler verilmiştir, AT nedir, süreçleri nelerdir, süreçlerinden biri olan dağıtım aşaması nedir ve zorlukları nelerdir gibi problem hakkında genel bir bilgiler verilmiştir. Ardından Dağıtım aşamasının zorluklarından yola çıkarak yapılan tez çalışmasının içeriği, amacı ve literatürdeki yeri gibi bilgilere değinilmiştir. İkinci bölümde arazi toplulaştırma projesi, dağıtım aşaması, çok amaçlı algoritmalar ve NSGA-II algoritmaları hakkında literatür taramalarına yer verilmektedir. Üçüncü bölümde ise tez çalışmasında kullanılacak araziler hakkında bilgiler verilmiş, kullanılan programlama dilleri ve yöntemlere değinilmiştir. Dördüncü bölümde kullanılan çok amaçlı optimizasyon algoritması anlatılmış, probleme nasıl uygulandığı hakkında bilgiler verilmiş ve elde edilen sonuçlar incelenip, karşılaştırmalar yapılmıştır. Beşinci bölümde tez çalışması ve sonuçlar genel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda karşılaşılan olumsuzluklar dikkate alınarak önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. AT Literatür Taraması

Ülkemizde arazi toplulaştırma çalışmalarının insana olan bağımlılığın azalması ve işlemlerin hızlı bir şekilde tamamlanması amacıyla AT işlemlerinin bilgisayar destekli olarak gerçekleştirme çalışmaları her geçen gün artmaktadır (İnceyol, 2014). 2000-2015 yılları arasında AT çalışmalarıyla ilgili 35 tanesi yüksek lisans, 11 tanesi de doktora olmak üzere toplamda 46 adet lisansüstü çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, geneli ziraat ve harita mühendisliği anabilim dalı olmak üzere toplam 19 farklı devlet üniversitelerinde yapılmıştır (Boztoprak ve ark., 2015).

Keskin tarafından 2000 yılında yayınlanan çalışmada (Keskin, 2000), AT çalışmasından sonra işletmelere geri verilen arazilerin büyüklüğü önemlidir ve bunun için AT çalışmasında arazilerin değerleri hesaplanmaktadır. Bu çalışmada TRGM ve KHGM tarafından gerçekleştirilen toplulaştırma çalışmalarında yapılan “Değer Bıçme” işlemleri anlatılmıştır. Bu iki kurum tarafından yapılan derecelendirmeler birbirleri ile benzerlik gösterse de farklılıkları da mevcuttur. Bunların neler olduğu bu çalışmada anlatılmıştır.

Ayrancının yaptığı çalışmada (Ayranci, 2000), Tokat iline bağlı Yüksek Çandır köyü AT alanına Model A ve Model B olarak 2 farklı model uygulanmıştır. Proje alanı içinde işletmelerin önceki yerlerine yerleştirilen parseller belirlenmiştir. Sonuçlara göre, Model A’da toplam parsellerin % 22.18’i, Model B ‘de ise % 18,31’i önceki yerlerinde kalmıştır.

Banger ve Şişman tarafından yapılan çalışmada (Banger ve Şişman, 2001), arazi toplulaştırmanın faydaları, iş akışı ve yöneylem çalışmaları ele alınmıştır. Yöneylem çalışması olan doğrusal programlamayı teorik olarak açıklandıktan sonra Konya iline bağlı Dedemoğlu arazisi üzerinde uygulanan toplulaştırma projesinin belli bir kısmı alınarak çalışma uygulanmıştır. Çalışmada işletme blok arasındaki yolların optimizasyonu sağlanmıştır. Çalışma sonucunda parsel sahiplerinin bloklara ulaşımında harcayacağı zaman ve işgücü önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Aslan ve Arıcı tarafından yapılan çalışmada (Akkaya Aslan ve Arici, 2003), Bursa Karacabey Projesinde yer alan 10 tane köy üzerinde AT öncesindeki bilgiler kullanılarak, planlama çalışmaları için analiz işlemi yapılmıştır. Analiz işlemi için ARTOP isminde bilgi sistem programı kullanılmıştır. 10 köy için yapılan analizlerde, proje alan

kontrolleri, hisse durum kontrolleri, sulama sistemlerinden faydalanma kontrolleri yapılmıştır.

Gündoğdu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Gündoğdu ve ark., 2003), parsellerin değerlerini hesaplamada kullanılan ARC/INFO adında Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılarak AT çalışmasında parsel değer hesabındaki yaşanan zorlukların giderilmesi amaçlanmıştır. Çalışma Bursa iline bağlı Gönü köyü üzerine uygulanmıştır. Sonuç olarak parsel değer hesabının çok hassas bir şekilde yapıldığı görülmüştür

Oğuz ve Bayramoğlu tarafından 2004 yılında yapılan çalışmada (Oğuz ve Bayramoğlu, 2004), toplulaştırma çalışması tamamlanmış olan Konya iline bağlı Küçükköy Köyü üzerinde AT çalışması sonrası ürün maliyet analizi yapılmıştır. Bu çalışmada analiz işlemi için anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Köyde buğday, şekerpancarı ve fasulye yetiştirildiği için analiz çalışması bu 3 ürün üzerinde yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, küçük parsellere sahip işletmelerin, büyük boyuttaki parsellere sahip işletmelere göre daha çok maliyet masrafı olduğu sonucuna varılmıştır. Fasulyede % 16, buğdayda % 19, şekerpancarında % 20 oranında fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çalışkan ve Ünal çalışmasında (Çalışkan ve Ünal, 2005), Menemen Sol Sahil Sulama Şebekesinden seçilen Tuzçullu ve Ulukent arazileri üzerinde AT öncesi ve sonrasında sulamanın yeterliliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda AT sonrasında parsel sayısı ve sulama alanında olumlu yönde azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca birim alana düşen şebeke uzunluğunda da artış olmuştur.

Tulukçu ve Çağla tarafından yapılan çalışmada (Tulukcu ve Çağla, 2005), Konya'nın Çumra ilçesinde AT çalışmaları esnasında ve sonrasında yaşanan sıkıntılar ele alınmıştır ve bu yaşanan sıkıntılara çözümlerin neler olabileceği hakkında tartışılmıştır.

Aslan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Aslan ve ark., 2007), işletmelerin AT çalışmalarını benimsemesi için gerekli faktörler, lojit modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada AT çalışması tamamlanan Karacabey ovasındaki köyler çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Değerlendirme sonucuna göre AT'nin benimsenmesindeki faktörler; çiftçilerin talebini karşılamak, çiftçinin eğitim seviyesi, parsellerin kombinasyonu, parsellerin boyut ve şekil değişikliği, suyu doğrudan kanaldan alabilme, yol genişliğine uygunluk, yol, su ve yolların azaltılmasına etkisi, sınır çatışmalarının azaltılması, proje bitiş tarihleri ve son olarak parsel büyüklüğüdür.

Tayfun ve Çevik tarafından yapılan anket çalışmasında (Çay ve Çevik, 2009), AT sonrasında işletmelerin memnuniyetleri anket çalışması ile gözlenmiştir. Memnun değilse neden memnun olmadıkları incelenmiş ve memnun olunması için nelerin

yapılması gerektiği araştırılmıştır. Bu çalışmada Konya iline bağlı Alanözü köyü, Burdur iline ait Kozluca kasabası ve Isparta iline bağlı Bozanönü köyü çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Polat ve Manavbaşı çalışmasında (Polat ve Manavbaşı, 2012), AT sonrası hava kalitesinin korunmasına katkısı olduğu gösterilmiştir. AT öncesi ve sonrası durumlarda, işletmelerin tarlalar arasında ve içerisinde kullandıkları araçlarda kullandıkları yakıt miktarları ve buna bağlı olarak da karbondioksit salınım değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda AT çalışmasının karbondioksit salınımlarını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Temizel ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Temizel ve ark., 2012), bitkilerin ne yönde ekilirse daha verimli olduğu araştırılmıştır. Araştırma sonucunda blok ve parsel planlaması yapılması gerektiği düşünülmüştür. Çalışma sonucunda blok planlamasında bloğun kısa tarafının Kuzey-Güney yönünde yapılırsa, parsellerin uzun kenarı da Kuzey-Güney yönünde yapılacağından bitki yetiştiriminde önemli kazanımlar meydana geleceği görülmüştür. Aynı zamanda Blok planlamasında bloğun kısa kenarının Doğu-Batı yönünde yapılmasından kaçınılması gerektiği söylenmiştir.

Demirtaş ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Demirtaş ve ark., 2016), Antalya iline bağlı Korkuteli ilçesindeki Osmankalfalar köyüne Şenol tarafından (Şenol, 1983) önerilmiş derecelendirme işlemi uygulanarak test edilmiştir. Sonuçlar doğrultusunda olumlu ve olumsuz yönleri tespit edilmiştir.

Satana ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Suha ve ark., 2017), Türkiye'nin arazi toplulaştırması konusuna genel bir bakış sunmakta ve bugüne kadar elde edilen başarıları vurgulanmakta, ayrıca zorlukları ve eksiklikleri tartışılmaktadır.

Durduran ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Durduran ve ark., 2018), AT sonrasında mekansal ve işlevsel yararlarının neler olduğunu belirlemek için Konya İline bağlı Topraklık mahallesin de yapılan AT öncesi ve sonrası parsel ve yollardaki değişim incelenmiştir. Çalışma sonucunda AT sonrası, 712 olan parsel sayısı 407'ye düşmüştür. Aynı zamanda düzgün şekilli parseller ile makine ile tarım yapan işletmeler, zamandan ve tarımsal girdilerden tasarruf sağlayacağı belirtilmiştir.

Akdeniz ve Temizel tarafından yapılan çalışmada (Akdeniz ve Temizel, 2018), AT çalışmaları için 60 tane köy üzerinde 17 kriter göz önünde bulundurularak performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Kirmikil ve Ayduş tarafından yapılan çalışmada (Aslan ve ark., 2018), AT çalışması sonucunda, tarım arazilerinde kullanılan makinelerin yakıt tüketimine etkisi

araştırılmıştır. AT öncesi parsellerin bazılarının yola cephesi olmaması, bazılarının ise dağınık ve şekilsiz olması gibi nedenlerden dolayı yakıt tüketimleri ve araçlardan çıkan zararlı gazların salınımı artmaktadır. AT sonrası bu sorunların azaldığı gözlenmiştir.

2.2. Dağıtım Literatür Taraması

Ayrancının çalışmasında (Ayranci, 2007), matematiksel optimizasyon modeli ile AT çalışmasının adımlarından olan Dağıtım işlemini 26.371 ha alana sahip varsayımsal bir arazi üzerine uygulanmıştır. Model, yol-zaman endeksi, arazi sahibinin tercihi, sabit tesisler ve alan olarak adlandırılan parametrelere sahiptir. Çiftçilerle yapılan mülakat sonucunda yapılan çalışmanın faydalı ve kabul edilebilir olduğu görülmüştür.

Çay ve İşcan tarafından yapılan çalışmada (Çay ve İscan, 2011), AT çalışmasının dağıtım aşamasında otomatik yerleştirme işlemi için Bulanık mantık (BM) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma arazisi olarak Konya iline bağlı Ilgın ilçesindeki Ağalar Mahallesi kullanılmıştır. Çalışmada hem görüşme tabanlı hem de BM yöntemiyle dağıtım işlemleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, parsel sayısı, hisse sayısı, ortalama parsel büyüklüğü, işletme başına ortalama parsel sayısı, çalışma süresi, proje maliyeti gibi kriterlerine göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda BM yönteminin görüşme tabanlı dağıtım işlemine göre birçok kriter de daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Görüşmeye dayalı dağıtım modelinin, toprak sahiplerinin akrabalarına ve diğer toprak sahiplerine ilişkin şartlarını yerine getirmede BM yöntemine göre daha geçerli sonuçlar elde ettiği kanıtlanmıştır.

Uyan'ın yaptığı doktora tez çalışmasında (Uyan, 2011), AT işlemlerinde kadastro bilgilerini, blok bilgilerini ve parsellerin derecelerini kolaylıkla işleyip grafiksel olarak gösterilmesini destekleyen ve mülakat tercihleri gibi bazı kriterler göz önüne alınarak otomatik bir şekilde en uygun bloklara tahsis edilmesini sağlayan MKDS(AT_MKDS V 1.0) yazılımı tasarlanmıştır. Aynı zamanda bu sistemde işletmelerin tercihleri, seçim problemlerinde kullanılan AHP yöntemi ile alınmaktadır. Çalışma sonucunda, parsel sayıları, ortalama parsel büyüklükleri ve işletme başına düşen ortalama parsel sayılarında mülakat temelli ve blok öncelikli modellerine göre avantajlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Çalışmada çalışma alanı olarak Konya iline bağlı Alanözü köyü ele alınmıştır. Test edilen alana dağıtım işlemi uygulandıktan sonra alanın %94 'lük bir kısmının dağıtımı yapılmış, kalan %6'sı ise teknisyenin manuel olarak yapılması sağlanmıştır. Bu dağıtım işlemlerinin başarılarının Mülakat aşamasındaki tercihlere bağlı olduğu belirtilmiştir.

Demetriou ve arkadaşları çalışmalarında (Demetriou ve ark., 2012), Dağıtım probleminin çözümü için planlama ve karar destek sistemi (IPDSS) geliştirmeyi amaçlayan yenilikçi bir metodolojik çerçeve ortaya koymuştur. Arazi tahsis, dört ana aşamadan oluşan entegre bir planlama ve karar verme süreci olarak temsil edilebilecek yarı yapılandırılmış bir sorun olarak değerlendirilmektedir: arazi parçalanması, arazi yeniden dağıtım tasarımı, arazi yeniden dağıtım değerlendirmesi ve arazi bölümlendirme. Bu çalışmada, bu aşamaların her biri ile ilişkili yeni yöntem ve teknikleri LACONISS adı verilen tek bir sisteme entegre edilerek bir modül ortaya konulmuştur. Sonuçlarda, modülün uzmana göre başarılı olduğu görülse de daha fazla geliştirmeye ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Martinez ve arkadaşları (Martínez ve ark., 2013), CBS tekniklerine dayanan yarı otomatik bir yazılım önermişlerdir. Bu çalışmada, AT adımlarını daha etkili yapılması için yazılım ve kullanıcı arasındaki geri bildirim sistemi ve etkileşimli prosedür kullanılmıştır.

Çay ve Uyan tarafından yapılan çalışmada (Çay ve Uyan, 2013), Dağıtım işleminin daha sağlıklı yapılabilmesi için mülakat tercihleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile belirlenmiştir. Çalışmada Konya iline bağlı Alanözü arazisi kullanılmıştır. Bu arazi üzerinde 17 bloğa AHS tabanlı dağıtım sonuçları ile mülakat tabanlı dağıtım sonuçları karşılaştırılmıştır. Katılımcıların memnuniyetlerine bakıldığında %62'lik bir dilimi mülakat tabanlı dağıtımdan, %91'lik kısmı ise AHS tabanlı dağıtımdan memnun kaldığı sonucuna varılmıştır.

İnceyol'un doktora tez çalışmasında (İnceyol, 2014), Literatürde Dağıtım uygulanan programlama teknikleri incelenmiş fakat bu tekniklerin ülkemizde uygulanamayacağı ifade edilmiştir. Bunun yerine Dağıtım işleminin otomatik bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Tek amaçlı optimizasyon algoritmalarından biri olan genetik algoritma (AT-GA) kullanımı önerilmiştir. Bu modelde dağıtım işlemi, mülakatta elde edilen tercihler ve blokların doluluk oranları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada çalışma alanı olarak AT çalışmaları tamamlanmış olan Ekinözü ve Boztepe köyleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, uzmanlar tarafından elde edilen dağıtım planları ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda blok ve mülakat öncelikli dağıtım modelleri de bu araziler üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar ile de AT-GA çalışmasındaki sonuçlar karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin mülakat öncelikli model ile kıyaslanabilir sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Uyan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Uyan ve ark., 2015), AT çalışmasındaki arazi tahsis aşamasındaki karar verme işlemi için SDSS (Konumsal Karar

Destek Sistemi) ve GA (Genetik Algoritma) modelleri sunulmuştur. Çalışma alanı olarak Konya iline bağlı Alanözü köyü kullanılmıştır. Alanözü üzerine SDSS ve GA modelleri çalıştırılıp elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, GA tabanlı dağıtım modelinin, parsel sayısı, ortalama parsel boyutu ve işletme başına düşen parsel sayısı bakımından SDSS modelinden daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca bu iki model geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, her iki modelde daha başarılıdır.

Haklı'nın 2017 yılında tamamladığı doktora tez çalışmasında (Haklı, 2017), AT aşamalarından olan parselasyon ve dağıtım aşamalarının otomatik gerçekleştirilebilmesi için optimizasyon işlemlerinin kullanıldığı model önermiştir. Parselasyon için GA algoritması, dağıtım işlemi içinde GA, DEA, SS algoritmaları kullanmıştır. Dağıtım işleminde optimizasyon yönteminden sonra bloklarda taşmalar meydana gelmektedir. Bu taşmaların dengelenmeleri için uzman sistem olarak adlandırılan bir sistem hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile hem algoritmaların birbirleriyle performans karşılaştırılmaları yapılmıştır hem de Teknisyenin yapmış olduğu dağıtım sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma da parsel sayıları, tercihler, bloklardaki doluluk oranları ve ortalama parsel büyüklüklerinin değerleri göz önüne alınmıştır. Tezde çalışma alanı olarak AT çalışmaları tamamlanan Konya iline bağlı Üçhüyük, Alanözü arazileri ve Karaman iline bağlı Ekinözü arazileri olmak üzere çeşitli büyüklüklerde 3 arazi kullanılmıştır. Dağıtım için DEA ve SS algoritmaları GA algoritmasından daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Aynı zaman da teknisyenin yaptığı dağıtım işlemine göre daha hızlı ve iyi sonuçlar vermiştir. Parselasyon probleminin çözümü için önerilen yöntemde sabit tesis, kadastro parsellerinin derecesi ve kadastro parsellerinin konumu olarak toplam 3 kritere göre teknisyenin sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde önerilen yöntemin birkaç blok dışında başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ertunç ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Ertunç ve ark., 2018), arazi dağıtım işlemlerinin otomatik yapılabilmesi için Hibrid bir metot (FGA) önerilmiştir. Bu önerilen metotta, GA yönteminin geçiş oranını ve geçiş sürecini bulanık mantık teknikleriyle kendinden uyarlamalı bir şekilde gerçekleştiren Hibrid FGA yöntemi kullanılır. Bu yöntem İnceyol'un çalışmasında kullanılan (İnceyol, 2014) araziler üzerinde test edilmiş ve FGA yöntemindeki sonuçlar İnceyol'un çalışmasındaki (İnceyol, 2014) standart GA ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuca göre, FGA yönteminin parsel sayısı ve ortalama parsel büyüklüğü açısından GA yönteminden daha başarılı olduğu görülmüştür.

Aslan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Aslan ve ark., 2018), blokların doluluk oranlarını minimum tutarak dağıtım işlemini gerçekleştirmek için model önerilmiştir. Bunun için tercihler, parselleri mekânsal dağılımları, bloklar dikkate alınarak işlem yapılmaktadır. Model iki aşamadan oluşturulmuştur, ilk aşama tercihler girilir ikinci aşamada ise tercihler göz önünde bulundurularak dağıtım işlemi gerçekleştirilir. Yerleştirilme işlemi esnasında bloklardaki denge, işletmedeki küçük parseller arasında değişiklikler yapılarak sağlanmaktadır. Çalışma Denizli'ye bağlı 4 arazi (Baharlar, Çalıköy, Hirka ve Sofular) üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm bloklarda aşırı tahsis sıfıra yakın hale getirildiği ve modelin araziye taleplere göre tahsis etmede çok başarılı olduğu görülmüştür.

2.3. Çok Amaçlı Algoritma Literatür Taraması

Horn ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Horn ve ark., 1994) , NPGA adında hücrelendirilmiş pareto genetik algoritması önermişlerdir. Bu önerilen algoritmanın performansını görmek için de 3 tane problem üzerine uygulanmıştır.

Zitzler ve Thiele tarafından yapılan çalışmada (Zitzler ve Thiele, 1999), Güçlü Pareto evrimsel algoritması (SPEA) adında çok amaçlı optimizasyon algoritması önermişlerdir. Önerilen yöntem çok amaçlı optimizasyon problemi olan 0/1 çanta problemi üzerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürde var olan 4 tane çok amaçlı optimizasyon algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Pareto optimal setlerin kalitesi, kaplanan alanın büyüklüğü ile ölçüldü. Önerilen yöntem (SPEA) diğer 4 yöntemden çok büyük bir farkla başarılı olmuştur.

Deb'in yaptığı çalışmada (Deb, 1999), Pareto optimal yüzeye dönüşümündeki ve Pareto-optimal çözümlerinin korunmasındaki zorluklara değinilmiştir. Pareto optimal yüzeye yaklaşmadığı durumlardaki nedenleri araştırılmıştır.

Deb ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (Deb ve ark., 2000), NSGA algoritmasının zayıf yönleri geliştirilerek NSGA-II isminde yeni bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntem 5 tane çok amaçlı test problemi üzerinde çalıştırılarak çok amaçlı optimizasyon algoritması olan PEAS yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda NSGA-II yönteminin daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Thierens ve Bosman tarafından yapılan çalışmada (Thierens ve Bosman, 2001), çok amaçlı karışım tabanlı yinelenen yoğunluk tahmini evrim algoritması MIDEA'yı önermişlerdir. Önerilen algoritma çok amaçlı 0/1 çanta problemi, çok amaçlı sürekli test

fonksiyonları olan MOP2, MOP4, EC4, EC6 problemleri üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilen yöntemin başarılı olduğu görülmüştür.

Dias ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Dias ve De Vasconcelos, 2002), K. Deb tarafından önerilen bastırılmamış ayırma genetik algoritması (NSGA) anlatılmıştır ve iki test problemi üzerinde VEGA, MOGA, NPGA ve $P(\lambda)$ algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada NSGA, diğerlerinden daha iyi performanslı olduğu kanıtlanmıştır.

Bhattacharya ve Bandyopadhyay yaptıkları çalışmada (Bhattacharya ve Bandyopadhyay, 2010), iki amaçlı tesis yeri problemine odaklanılmıştır. Problemde bir kademenin toplam maliyetini en aza indirmeye çalışmak, bir bütün olarak tedarik zincirinin toplam maliyetinde artışa yol açtığı gözlenmiştir. Karmaşık doğrusal olmayan programlama problemi olarak formüle edilip NSGA-II yöntemle çözülmüştür.

Jemai ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Jemai ve ark., 2012), araçların müşterilere ulaşması için gidiş güzergahlarını tasarlama problemi olan yeşil araç yönlendirme problemin (YAYP) de kat edilen mesafeyi ve yayılan CO₂'nin hacmini en aza indirmek olarak iki amaç modellenmiştir. YAYP çözmek için NSGA-II algoritması uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar da, NSGA-II algoritmasının başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bhattacharya ve Bandyopadhyay yaptıkları çalışmada (Bandyopadhyay ve Bhattacharya, 2013), tedarik zincirinde toplam maliyet ve kamçı etkisinin en aza indirilmesini hedefleyen iki amaçlı yeni bir problem ve NSGA-II algoritmasının modifiye edilmiş hali önerilmiştir. Önerilen NSGA-II ile temel NSGA-II algoritmaları önerilen problem üzerinden karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre önerilen NSGA-II'nin daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

Alıkar ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Alıkar ve ark., 2017), seri-paralel çok bileşenli çok periyodik envanter-artıklık tahsisi problemini çözmek için, bileşenlerin sipariş miktarlarını bulmak üzere bir NSGA-II algoritması önerildi ve çalışma sonucunda toplam stok maliyeti en aza indirilmiştir. Ayrıca NSGA-II'nin performansını değerlendirmek için bir MOPSO ve bir MOHS yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar NSGA-II'nin hem Pareto yüzey sayısı hem de CPU açısından MOPSO ve MOHS'den daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Ahmetoğlu'nun yaptığı çalışmada (Ahmetoğlu, 2018), veri madenciliği sınıflandırma işlemindeki eğitim verilerin optimize edilmesi çalışılmıştır. Aynı sınıftaki verilerin benzerlikleri maksimize, farklı sınıftaki verilerin ise minimize yapılmaya

hedeflenmektedir. Bu iki amaçlı problemin çözümü için NSGA-II algoritması kullanılmıştır. Çalışma sonucunda optimize edilmiş eğitim verilerin sınıflandırma yönteminde daha çok başarı elde edildiği görülmüştür.

Ghasemishabankareh ve arkadaşlarının çalışmasında (Ghasemishabankareh ve ark., 2019), çok amaçlı minimum maliyet akışı problemlerini (MOIMCFP) çözmek için olasılıksal ağaç tabanlı temsili kabul edilmiştir ve MOIMCFP'yi doğrusal ve doğrusal olmayan maliyet fonksiyonlarını kullanarak çözmek için NSGA-II'yi uygulanmıştır. NSGA-II (H) ve NSGA-II (R) olmak üzere iki tane NSGA-II varyantları ile MOIMCFP problemi çözülüp algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. Başlangıç popülasyonu NSGA-II (R) yönteminde rastgele oluşturulmuştur, NSGA-II (H) yönteminde ise matematiksel programlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, NSGA-II (H) 'nin başarısı NSGA-II (R) 'den daha üstün performansa sahip olduğu görülmüştür.

Neyestani ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Neyestani ve ark., 2019), birbirleriyle çelişkili 2 amaca (çevre kirliliği azaltılması ve üretim maliyetlerinin azaltılması) sahip olan ekonomik yük sevk problemine odaklanılmıştır. Çaprazlama olasılığı dinamik olarak değişen NSGA-II yöntemi önerilmiştir. Problem çözümü için standart NSGA-II, NSGA-III ve önerilen NSGA-II algoritmaları, 3 termal jeneratöre sahip bir sistem için uygulanmıştır.

Singh ve Ingole tarafından yapılan çalışmada (Singh ve Ingole, 2019), çok amaçlı tesis yerleşim probleminin (FLP) çözümü için biyocoğrafya tabanlı optimizasyon (BBO) ve baskın olmayan sıralama BBO (NSBBO) algoritmaları uygulanmıştır. BBO algoritması ağırlık yaklaşımı kullanırken, NSBBO ise Pareto yüzey yaklaşımı kullanmaktadır. NSBBO ve NSGA-II algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır. NSBBO'nun NSGA-II kadar iyi performans gösterdiği kanıtlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Tez çalışmasında kullanılan araziler hakkında detaylı bilgiler ve kullanılan çok amaçlı optimizasyon algoritmaları olan NSGA-II, PESA-II ve önerilen Hibrit NSGA-II yöntemlerinin açıklanması bu bölümde ele alınmıştır.

3.1. Materyal

Dağıtım problemin de çok amaçlı optimizasyon algoritmaların başarısını ölçmek için 3 farklı arazi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu araziler belirlenirken Haklı (2017) doktora tezinden yararlanılmıştır. Haklının tezinde 3 farklı arazi kullanılmıştır. Bu araziler küçük, orta ve büyük olarak farklı boyutlardadır. Böylelikle yapılan çalışmanın etkisi daha sağlıklı gözlenmiş olur. Çalışma da kullanılacak bu araziler büyüklüklerine göre sırayla Alanözü, Üçhüyük ve Ekinözü köyleridir. Bu Alanözü ve Üçhüyük arazileri Konya iline, Ekinözü arazisi ise Karaman iline bağlı arazilerdir.

Bu arazilerin tercih edilme sebebi tez çalışmasındaki elde edilen sonuçların Haklı (2017) doktora tezindeki sonuçlar ile karşılaştırılması ve AT çalışmalarının bitirilmiş gerçek bir proje sahaları olmalarıdır. Böylelikle literatürde yer alan aynı proje sahaları üzerinde uygulanmış olan optimizasyon algoritmaları ve bu araziler üzerinde teknisyen tarafından klasik yöntemle yapılan ve aynı zamanda gerçekte uygulanmış olan çalışma sonuçları ile karşılaştırılma yapabilme imkânı bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Çalışma arazilerine ait bilgiler (Haklı, 2017)

	Üçhüyük	Ekinözü	Alanözü
İşletme Sayısı	275	409	333
Blok Sayısı	17	99	18
Kadastro Parsel Sayısı	265	1689	880
Sabit Tesis Sayısı	71	115	209
Hisseli Parsel Sayısı	64	258	53
İşletme Başına Düşen Ortalama Parsel Sayısı	0.96	2.76	2.05
Ortalama Parsel Büyüklüğü(m²)	33044	28115	2235
Toplam Parsel Alan (ha)	875.69	3177.68	152.69
AT Çalışmasının Tamamlandığı Yıl	2016	2012	2008

Çizelge 3.1’de bu çalışmada kullanılacak arazilere ait genel bilgiler verilmiştir. Çizelge 3.1 incelendiğinde Üçhüyük arazisinde işletme sayısı, blok sayısı, parsel sayısı olarak diğer arazilere kıyasla daha düşüktür. Fakat toplam parsel alanı olarak Alanözü arazisinden büyük bir arazidir. Alanözü arazisi ise küçük bir arazi olmasına rağmen fazla sayıda parsel ve blok bulunmaktadır. Ekinözü arazisi ise çalışma alanlarımız arasında en

büyük arazi olarak görülmektedir. Bir sonraki bölümde bu araziler hakkında daha ayrıntılı bilgiler verilmektedir.

3.1.1. Üçhüyük arazisi

Üçhüyük arazisi Konya'nın Çumra ilçesine bağlı bir köydür. Köyün çevresinde 3 adet tepe olduğundan dolayı köye Üçhüyük adı verilmiştir. Çumra ilçesinin merkezine olan uzaklık 13 km'dir, Konya ilinin merkezine olan uzaklık ise 63km'dir. Köyün 2018 yılındaki nüfusu 414 tanesi erkek olmak üzere toplam da 797'dir. Bu mahallenin geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.

Üçhüyük köyünün arazi toplulaştırma çalışması 2016 yılında Konya Tarım İl Müdürlüğü tarafından tamamlanmıştır (Haklı, 2017). Arazinin büyüklüğü 875.69 ha'dır. Parsel, işletme ve blok sayıları açısından Alanözü orta büyüklükte bir arazi gibi görünse de Alanözü arazisinin mülakat verileri gerçekte yapılmış olan toplulaştırma işlemi sonucunda elde edilen bilgilere göre verilmiştir. Bu nedenle Alanözü arazisi diğer arazilere göre daha az karmaşık bir problem haline gelmektedir. Bu bilgidен yola çıkarak Üçhüyük arazisi elimizdeki 3 araziler arasında karmaşıklık açısından orta büyüklükte bir arazi olarak tanımlanabilmektedir. Arazinin coğrafi konumu ve sınırları Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



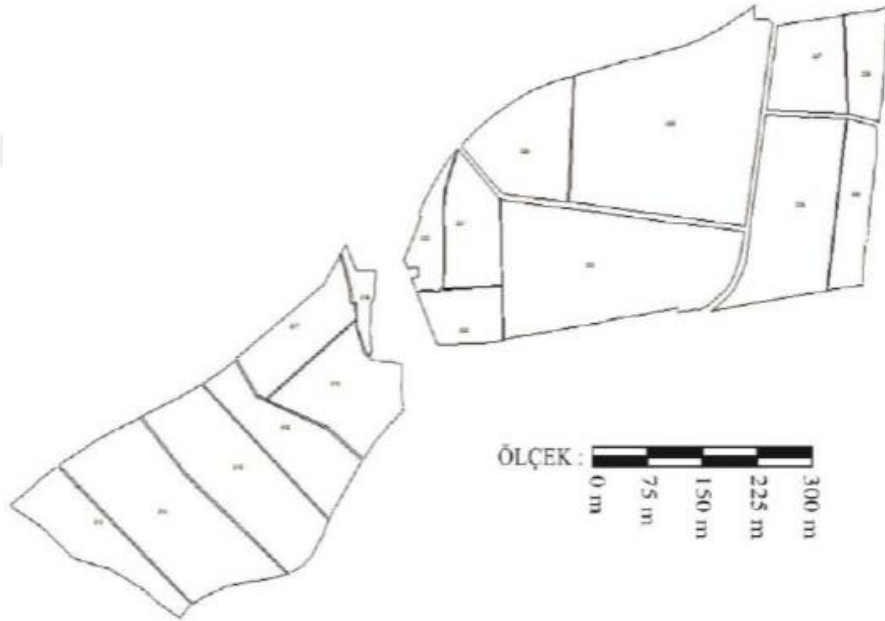
Şekil 3.1. Üçhüyük Arazisinin coğrafi konumu

Üçhüyük arazisin de 71 tane sabit tesis bulunmaktadır. Bu nedenle sabit tesisi barındıran parseller dağıtım işlemine dahil edilmeyecektir. Üçhüyük arazisin de 275 tane işletme ve 265 tane de parsel mevcuttur. Bu parsellerin 64 tanesi hisselidir. Araziye ait kadastro durumunu gösteren harita Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Üçhüyük köyü kadastro durumu haritası (Haklı, 2017)

Üçhüyük köyünde, AT çalışmalarından biri olan Blok Planlaması aşamasında 17 tane blok oluşturulmuştur. Köye ait blok planlamasına ait harita Şekil 3.3’de gösterilmektedir.



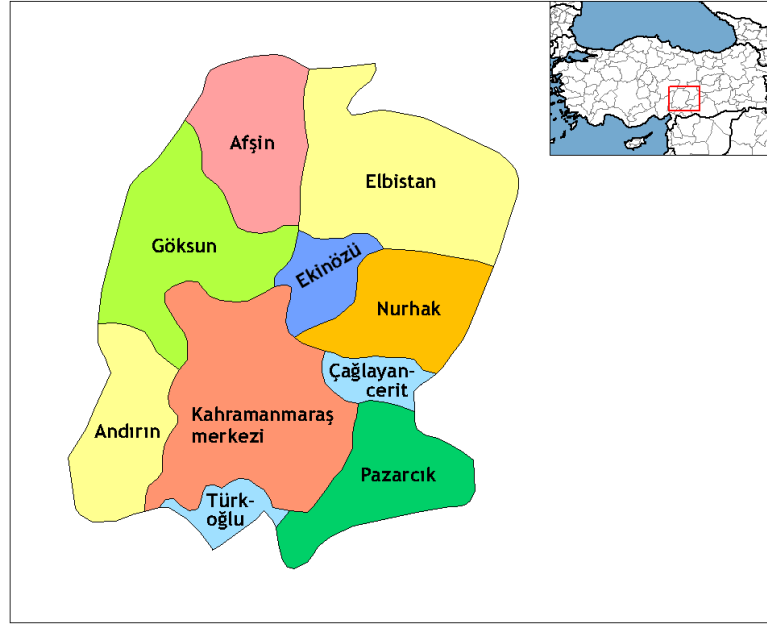
Şekil 3.3. Üçhüyük köyü blok planlaması (Haklı, 2017)

3.1.2. Ekinözü arazisi

18. yüzyılda yerleşime başlamış olan Ekinözü mahallesi Karaman iline bağlı bir mahalledir. Ekinözü köyü Höyük adı ile de bilinmektedir. Karaman merkezine olan uzaklık ise 20 km’dir. Köyün 2018 yılındaki nüfusu 241 tanesi erkek olmak üzere toplam da 497’dir. Bu mahallenin geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.

Ekinözü köyünün arazi toplulaştırma çalışması 2012 yılında Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından tamamlanmıştır (Haklı, 2017). Arazinin büyüklüğü 3177.68

ha'dır. Elimizdeki 3 araziler arasında en büyük arazidir. Arazinin coğrafi konumu ve sınırları Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



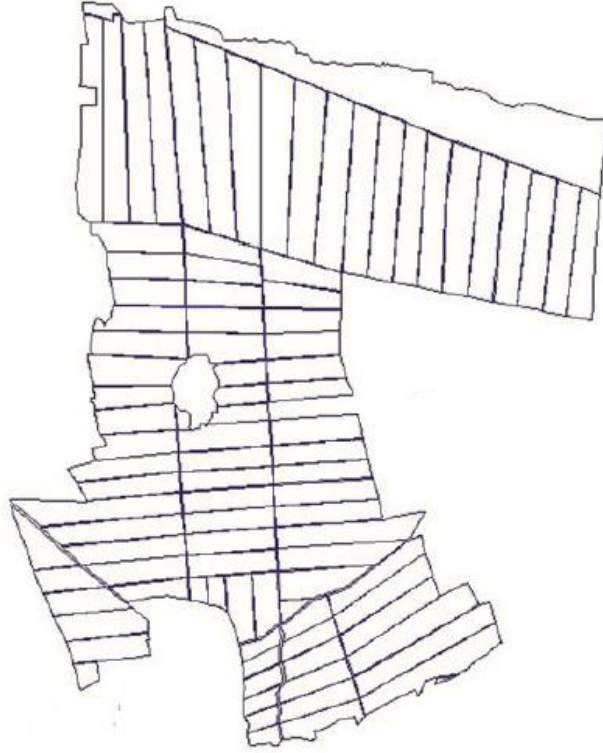
Şekil 3.4. Ekinözü Arazisinin coğrafi konumu

Ekinözü arazisinin de 115 tane sabit tesisi bulunmaktadır. Ekinözü köyünde parselleri olan 409 tane işletme ve 1130 tane de parsel mevcuttur. Bu parsellerden 258 tanesi hisseli parsellerdir. Yani tek bir kişiye ait olmayan parsellerdir. Araziye ait kadastrо durumunu gösteren harita Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Ekinözü köyü kadastro durumu haritası (Haklı, 2017)

Ekinözü köyünde, AT çalışmalarından biri olan Blok Planlaması aşamasında 99 tane blok oluşturulmuştur. Köye ait blok planlamasına ait harita Şekil 3.6'da gösterilmektedir.

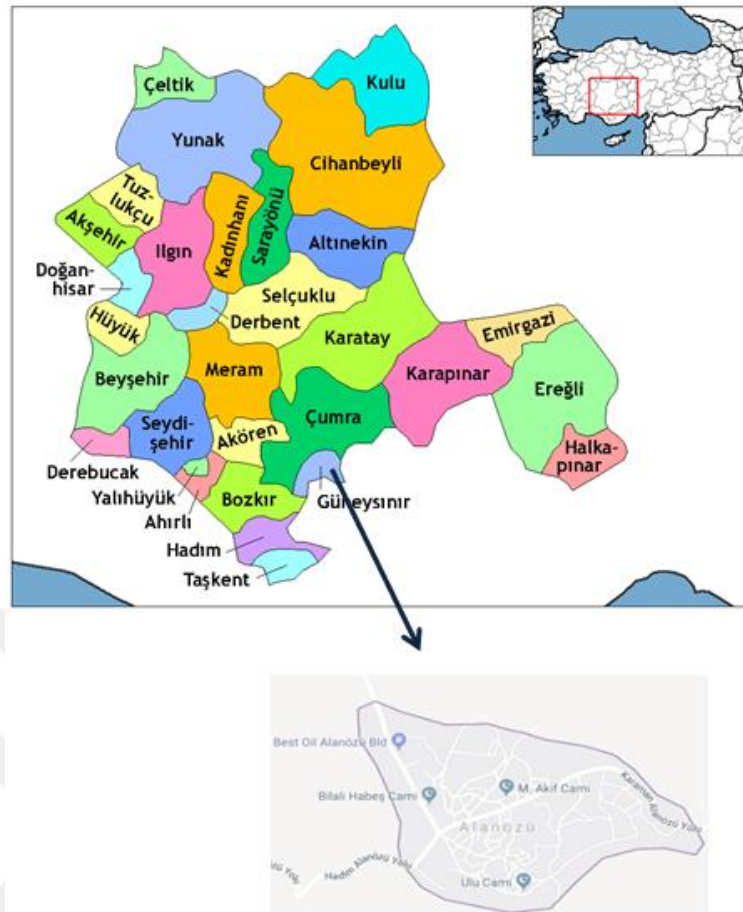


Şekil 3.6. Ekinözü köyü blok planlaması (Haklı, 2017)

3.1.3. Alanözü arazisi

Bardas olarak da bilinen Alanözü köyü Konya ilinin Güneysınır ilçesine bağlı bir köydür. Güneysınır ilçesinin merkezine olan uzaklık 21 km'dir, Konya ilinin merkezine olan uzaklık ise 98 km'dir. Köyün 2018 yılındaki nüfusu 304 tanesi erkek olmak üzere toplam da 611'dir. Bu mahallenin geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.

Alanözü köyünün arazi toplulaştırma çalışması 2008 yılında Konya Bölge Müdürlüğü tarafından tamamlanmıştır (Uyan, 2011). Bu arazinin toplulaştırma çalışması işletme isteğine bağlı olarak başlatılmıştır (Haklı, 2017). Arazinin büyüklüğü 152.69 ha'dır. Tezde kullanılan 3 arazi arasında en küçüğü bu arazidir. Arazinin coğrafi konumu ve sınırları Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Alanözü Arazisinin coğrafi konumu

Alanözü arazisi çalışma alanlarımız arasında en çok sabit tesis barındıran arazidir. 209 tane sabit tesisi bulunmaktadır, bu da toplam parselin yaklaşık üçte birinde sabit tesis olduğu anlamına gelmektedir. Alanözü arazinde 333 tane işletme ve 683 tane de parsel mevcuttur. Bu parsellerin 53 tanesi hisseli parsel olarak tanımlanan parsellerdir. Yani tek bir kişiye ait değildir, birden fazla işletmeye ait parsellerdir. Ayrıca köyde sadece 230 parsel yola direk ulaşım sağlamaktadır. Araziye ait kadastro durumunu gösteren harita Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Alanözü köyü kadastro durumu haritası (Haklı, 2017)

Alanözü köyünde, AT çalışmalarından biri olan Blok Planlaması aşamasında 18 tane blok oluşturulmuştur. Köye ait blok planlamasına ait harita Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Alanözü köyü blok planlaması (Haklı, 2017)

3.1.4. Çalışmada kullanılacak arazi verileri

Dağıtım işleminin gerçekleştirilmesi için araziler hakkında birçok bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. AT çalışması esnasında ilgili bilgiler .xls formatında AT1, AT2, AT5 gibi isimlerle excel dosyalarında kayıt altına alınmaktadır. AT isminin sonundaki sayılara göre kayıt edilen bilgilerde farklılık göstermektedir. Örneğin AT1 ismindeki dosya ilk mülkiyet listesini verir, AT5 ise çiftçilerle mülakat listesini verir. Bu isimlerin açıklamaları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Her çalışma arazisi için bu formatlarda dosyalar mevcuttur.

Çizelge 3.2. AT dosya formları

Dosya Adı	Tutulduğu Bilgiler
AT1	Eski Mülkiyet Parsel No. Sıralı listesi
AT1.1	Alan Kontrolü Çizelgesi
AT2	Eski Mülkiyet Soyadı Sıralı Listesi
AT3	Eski Mülkiyet Parsel No. Sıralı Listesi
AT3.1	Eski Mülkiyet Soyadı Sıralı Listesi
AT4	Blok Alan Endeks Çizelgesi
AT5	Mülakat Formu
AT5.1	Kesinti Tablosu
AT5.2	Dağıtım Çizelgesi
AT6	Arazi Topplulaştırma Listesi (Eski Parsel Sıralı)
AT7	Arazi Topplulaştırma Listesi (Yeni Blok Soyadına Sıralı)
AT8	Arazi Topplulaştırma Listesi (Yeni Blok Parsel Sıralı)

Bu çalışmada ihtiyacımız olan veriler AT4 ve AT5 dosyalarında yer almaktadır. Bu dosyalar ile ilgili içerik formatları aşağıdaki Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir.

Blok planlaması işlemi sonrası her bir bloğun derece alanı hesaplanmaktadır. Planlama sonrası işlemlerde bu derece alanı dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Yeni oluşturulan blokların genel bilgileri AT4 dosyasında kayıt altına alınmaktadır. Dağıtım aşamasında parselleri bloklara yerleştirirken bloklardaki doluluk oranları hesaplanması için bu bloklardaki derece alan bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda AT-3 dosyasındaki bilgiler kullanılmaktadır.

Blok No.	Blok Endeksi	BDS

Şekil 3.10. AT-3 Formu Gösterimi

Mülakat işlemi gerçekleştirildikten sonra hangi parselin hangi bloğu tercih ettiği gibi mülakat listesi AT-5 formundaki dosyaya kaydedilmektedir. Bu dosyada sadece parsellerin tercihleri değil alan, parsel no gibi çeşitli bilgilerde tutulmaktadır. Dağıtım işlemi mülakat aşamasında alınan tercihler dikkate alınarak gerçekleştirildiği için AT-5 dosyasındaki bilgiler de çalışmada kullanılmaktadır. Genel bir özetleme yapılırsa, blok planlaması ve mülakat aşamalarında elde edilen bilgiler kullanılarak dağıtım işlemi gerçekleştirilmektedir.

MÜLAKAT FORMU										Çizelge AT-5
..... ARAZI TOPLULAŞTIRMA PROJESİ										Sayfa No:
***** KÖYÜ										İşletme No:
Sahibin Adı Soyadı:										
TC Kimlik No:										
Baba Adı: (10)										
Adres/ Telefon:										
Sıra No.	Kadastro Parsel No.	Tapu Alanı (m ²)	Hissesi	Hisseye Düşen Pay (m ²)	Derecesi	Olduğu Blok	İSTEKLERİ (Blok No)			
							TİP	1.inci	2.nci	3.ncü

Tip: / / 20....

Beyan Sahibi

Adı Soyadı _____

İmzası _____

Muhtar

Adı Soyadı _____

İmza Mühür _____

Şekil 3.11. AT-5 Formu Gösterimi

3.1.5. Matlab

Matlab programlama dili ilk defa 1985’de C.B Moler tarafından matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Yüksek seviyeli bir dildir. Ayrıca veri analizi, algoritma geliştirme, görüntü işleme ve sayısal hesaplama gibi işlemler için etkileşimli bir pakettir. Matlab programlama dili ile problemlerde C++ ,C gibi geleneksel dillerden daha hızlı bir şekilde çözüm sağlanmaktadır. Matlab ile birçok mühendislik alanında uygulamalar yapılmaktadır. Optimizasyon algoritmaları, görüntü işleme, yapay zeka algoritmaları, sayısal işaret işleme, finansal analiz gibi birçok alanda “Toolbox” adı verilen paketler ile hızlı geliştirme yapılabilir. Bunlara ek olarak verilerin görselleştirilmesi için 2 ve 3 boyutlu grafik araçları bulunmaktadır. Grafiksel arayüz tasarımı rahat bir şekilde yapılabilir.

Problemin bilgisayara uyarlanmasından daha çok problemin kendisine yoğunlaşılması sağlanmıştır. Matlab ile kısa sürede ve daha az kod yazarak çalışmalar

tamamlandığından dolayı akademik çalışmalarda sıklıkla tercih edilen programlama aracıdır. Tez çalışmasında matematiksel işlemlerin kolay ve çok hızlı bir şekilde yapılabilmesinden dolayı yüksek seviyeli dil olan Matlab programlama dili seçilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. NSGA-II algoritması

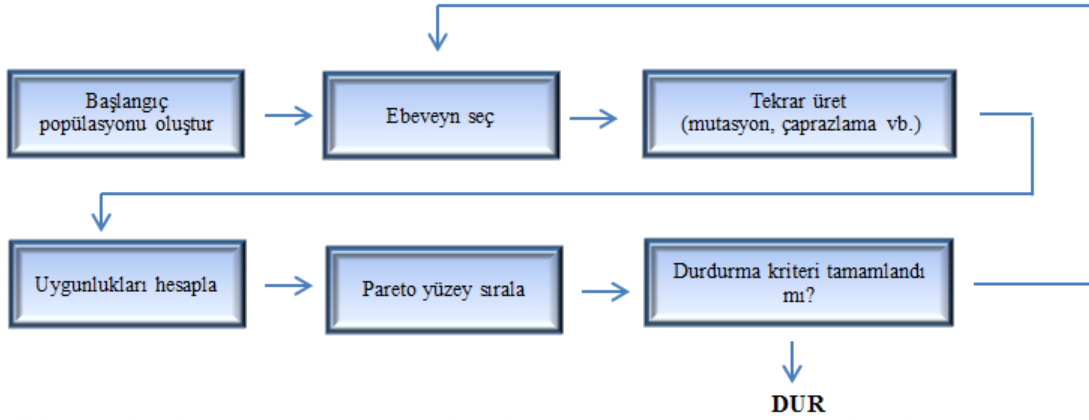
Gerçek hayatta karşımıza çıkan problemlerin büyük bir kısmı birden fazla hedeflere sahip problemlerdir (Konak ve ark., 2006). Bu gibi problemlerin birden fazla hedefin eşzamanlı olarak optimize edilmesi zordur (Konak ve ark., 2006). Özellikle problemin hedeflerinde çelişki varsa karmaşıklık daha da artmaktadır. Çelişkili hedefler, bir hedef minimize edilirken diğeri maksimize edilmesidir. Bu çelişkiler problemi daha kompleks bir hale getirir. Bu problemlerin çözümü, tek amaçlı problemlerin çözümüne göre zor ve tek amaçlı optimizasyon algoritmaları kullanılarak optimum çözüm bulması pek mümkün olmamaktadır. Çok Amaçlı Optimizasyon (ÇAO) Algoritmaları çelişkili hedefler arasında iyi bir denge bulmaya çalışır. ÇAO algoritmaları birden fazla amacı olan problemlerin tüm hedeflerini dikkate alarak ortaya kabul edilebilir uygunlukta çözüm kümesi çıkarır (Deb, 2014). ÇAO algoritmalarında tek bir çözüm bulunmamakta olup, Pareto optimal çözümleri olarak adlandırılan farklı uygunluklara sahip bir veri kümesi verir (Deb, 2014). ÇAO algoritmalarının tek amaçlı optimizasyon algoritmalarından en ayırt edici özelliği en iyi ve tek bir uygunluk değerine sahip çözümün olmamasıdır. Pareto optimal çözüm kümesinde, veri setindeki hiçbir bireyin setin diğeri bireylerinden kesinlikle daha iyi olmadığı belirlenmiş bireylerden oluşmaktadır (Gao ve ark., 2008). Karar verici bu kabul edilebilir düzeyde olan alternatif çözümler içinden bir seçim yapar (Sağ ve Çunkaş 2009). Bu karar verici bazen bir yöntem bazen de konuyla uzman olan biri olabilir. Bu nedenle, çok amaçlı optimizasyonda, 2 önemli işlem vardır: Pareto optimal çözümlerini bulmak için bir optimizasyon işlemi ve veri setinden bir tanesini seçmek için karar verme işlemi.

ÇAO algoritmaları, m tane amaç fonksiyonu, k tane kısıt ve p tane de karar değişkeni içermektedir. ÇAO işlemi Denklem 3.1'de formüle edilerek gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Amaç} &= F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \\ \text{Kısıt: } C(x) &= (c_1(x), c_2(x), \dots, c_k(x)) \\ \text{Parametre: } x &= (x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (3.1)$$

Genetik tabanlı ÇAO algoritmalarının temel adımları Şekil 3.12'de gösterilmiştir. İlk olarak başlangıç popülasyonu oluşturulur, ardından ebeveyn seçme işlemi yapılır.

Seçilen ebeveynlerden yeni bireyler üretilir ve uygunluk değerleri hesaplanır. Pareto yüzeylerine göre sıralama yapılarak bir sonraki nesile aktarılabacak bireyler belirlenir. Bu işlemeler durdurma kriteri sağlanana kadar devam eder.



şekil 3.12. Genetik tabanlı ÇAO algoritmasının genel adımları

Genetik Algoritma kullanarak çok amaçlı optimizasyon problemlerini ozmek için NSGA, PESA, SPEA gibi çeşitli algoritmalar tasarlanmıştır (Agarwal ve Nanavati, 2016). En başarılı ve çok kullanılan algoritmalarından biri bastırılmamış sıralama genetik algoritmadır (NSGA-II) (Deb ve ark., 2002). Bu algoritma Srinivas ve Deb tarafından nerilen NSGA algoritmasındaki birey seçmedeki zayıflıklar ve hesaplamadaki karmaşıklıklar gibi sıkıntılar giderilerek 2002 yılında önerilmiştir (Deb ve ark., 2002).

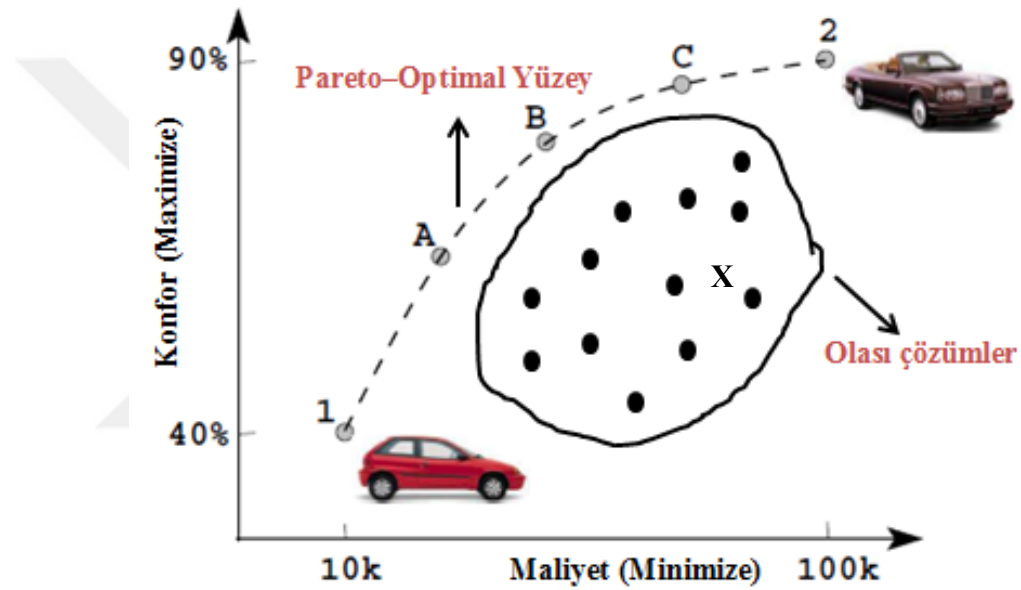
NSGA-II algoritması literatüre yön veren 3 özelliği ile popüler algoritmalarından biridir (Sağ, 2008).

- Hızlı bastırılmamış sıralama yaklaşımı.
- Hızlı kalabalık mesafe tahmin prosedürü
- Kalabalık karşılaştırma operatörü

NSGA-II algoritması rastgele popülasyon oluşturulmasıyla başlar. Ardından popülasyondaki bireylerin her birinin uygunluk değerleri hesaplanır. Bu uygunluk değerleri kullanılarak bastırılma kriterine göre sıralama işlemi yapılır. Daha sonra yeni birey oluşturmak için ebeveyn havuzu oluşturulur. Bunun için kalabalık mesafe tahmin prosedürü yardımıyla turnuva seçimi yapılır. Ardından yeni birey oluşturma operatörleri olan çaprazlama ve mutasyon işlemleri kullanılarak ocuk bireyler elde edilir. Elde edilen ocuk popülasyon ile mevcut popülasyon birleştirilerek bastırılma kriterine göre sıralanır ve kalabalık mesafe tahminleri hesaplanır. Daha sonra bu değerler yardımıyla bir sonraki nesile geçecek bireyler seçilir. Bu işlem durdurma kriteri sağlanana kadar tekrar eder.

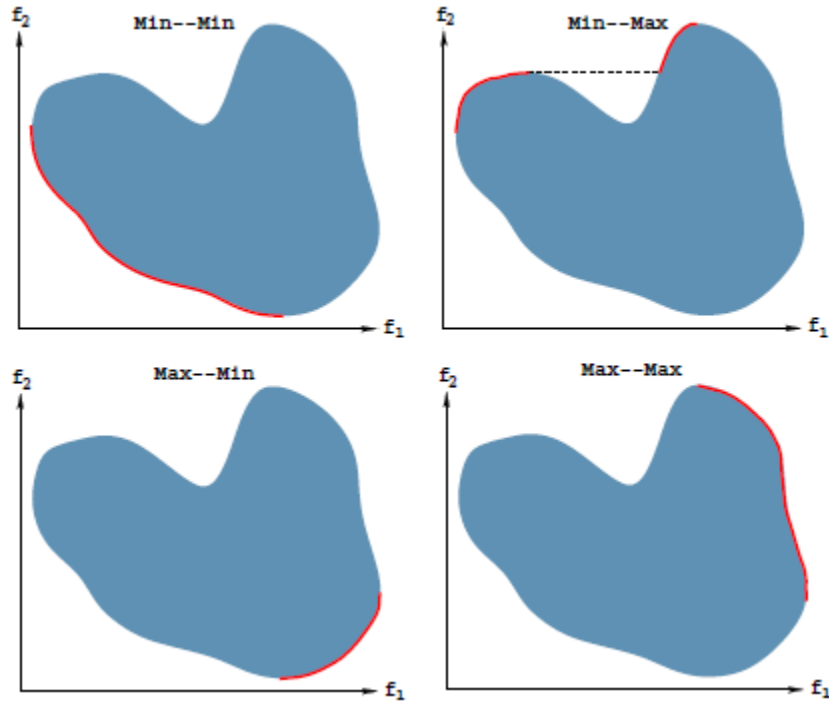
Pareto-optimal çözüm

Pareto-optimal çözüm kümesi, her bir çözüm setin diğer hiçbir çözümü tarafından bastırılmamış çözümlerdir. Pareto-optimal cephedeki çözümlerin birbirlerinden üstünlükleri yoktur. Hepsi optimum çözüm olarak görülmektedir. Şekil 3.13’de biri Maximize diğeri minimize olmak üzere iki amaca sahip problem üzerinde, Pareto-optimal çözümler 1-A-B-C-2 olarak gösterilmiştir. Kesikli çizgiler Pareto-optimal yüzeyi, gri noktalar Pareto-optimal çözümleri ve siyah olanlar ise Pareto olmayan diğer çözümleri göstermektedir. B ve A bireyleri X bireyini bastırmaktadır. Bu nedenle X bireyi Pareto-optimal çözüm değildir. Pareto – optimal yüzeydeki çözümlerin hepsi en iyi çözümler olarak görülmektedir.



Şekil 3.13. Pareto-optimal yüzeye örnek(Deb, 2014)

Pareto-optimal yüzeyler amaç fonksiyonların minimizasyon ve maksimizasyon olmasına göre değişiklik gösterir. Şekil 3.14’de 2 amaç fonksiyona sahip problemin minimizasyon ve maksimizasyon durumlarına göre Pareto-optimal yüzeylerin değişiklikleri kırmızı olarak gösterilmektedir

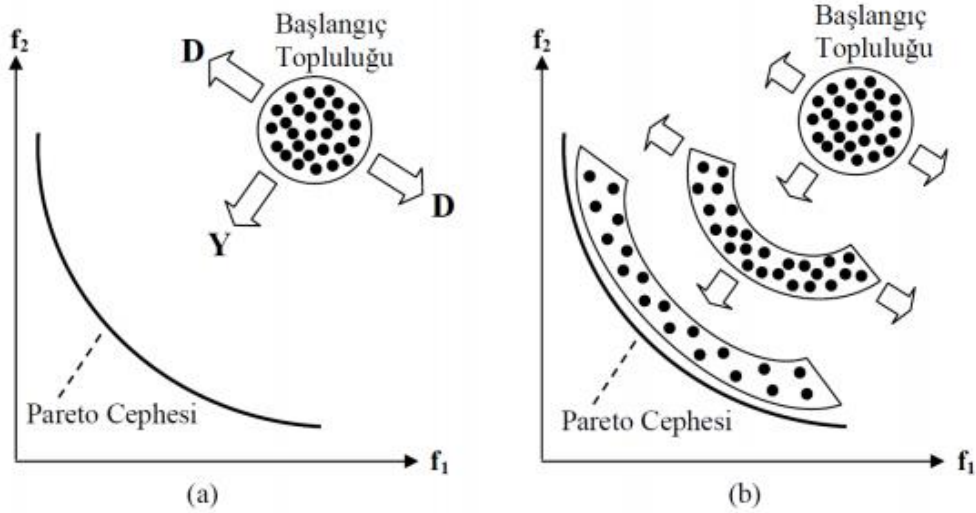


Şekil 3.14. Amaçların Min-Max durumuna göre Pareto yüzeyleri (Scharidong ve Simonovic, 2011)

Çok amaçlı bir optimizasyon algoritmasının çözümleri bulurken iki hedefi vardır (Chen ve ark., 2010).

1. Yakınsama özelliği olmalıdır. Baskın olmayan çözümler gerçek Pareto cephesine mümkün olduğunca yakın olmalıdır.
2. Çeşitlilik özelliği olmalıdır. Baskın olmayan çözümler cepheye düzenli aralıklarla yayılmalıdır.

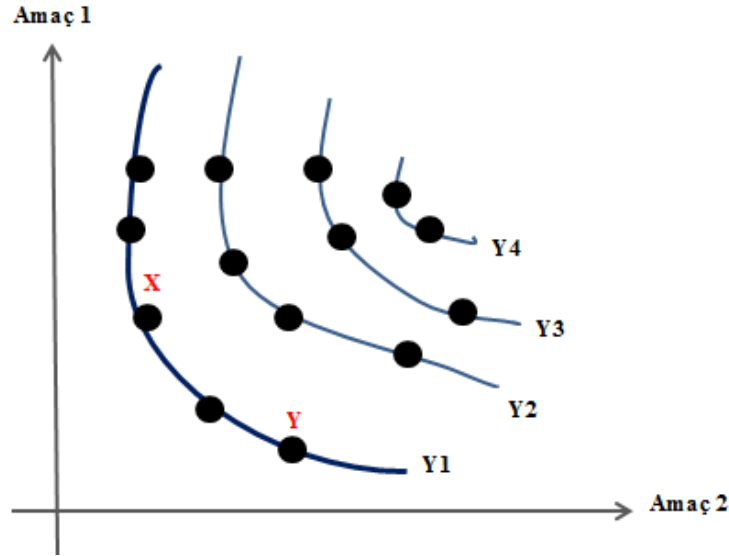
Çözümlerin belli bölgelerde küme halinde olduğu, diğer bölgelerde çözümlerin bulunmadığı durumlar istenmeyen durumlardır. Şekil 3.15’de bir minimizasyon problemi üzerinde örnek bir CAO algoritmasının hedeflediği durum gösterilmiştir. D çeşitliliği, Y ise yakınsamayı ifade etmektedir. Çeşitliliğin hedeflenen şekilde düzgün olması için çözümler D yönlerine doğru ve aynı zamanda uygun Pareto cephesine ulaşmak içinde çözümler Y yönüne doğru dağılmaktadır.



Şekil 3.15. ÇAO algoritmasının hedeflediği duruma örnek (Ahmetoğlu, 2018)

Yüzeyleme

NSGA-II algoritması, dominant olarak bilinen bastırma kavramını uygular ve bir popülasyonda bastırma kavramını kullanarak çözümleri yüzeylere ayırır. Bu işlemin yapılmasındaki amaç, çözümlerin kıyaslanabileceği tek bir uygunluk değeri olmadığı için birbirleriyle karşılaştırılabilir hale getirilmesidir. Her nesilde en iyi çözümler ilk yüzeyde, en kötü çözümler ise son yüzeye atanır. Tüm çözümler yüzeylere atandığında bu atama süreci sona erer. İlk yüzeydeki çözümler diğer hiçbir çözüm tarafından bastırılmamıştır, ikinci yüzeyin çözümlerini bastırmışlardır. Böylece, i yüzeyin çözümleri $(i + 1)$ 'inci yüzeyin çözümlerini bastırır. Bu atama işlemleri yapılırken her bir çözümün kaç tane çözüm tarafından bastırıldığı bir sayaçta tutulur. Eğer hiçbir çözüm tarafından bastırılmamış çözüm bulunursa bunlar birinci yüzeyi oluşturmaktadırlar, bu yüzeydeki çözümlerin rütbeleri 1 olarak atanır. Ardından popülasyondaki çözümler arasından birinci yüzeydeki çözümler çıkarılır. Böylece popülasyonun geriye kalan bireyler arasında bastırılmamış çözümler bulunup ikinci yüzey oluşturulur. Bu işlemler popülasyondaki çözümlerin hepsinin atama işlemi gerçekleşene kadar devam eder. NSGA-II'nin bir birey popülasyonunu nasıl sıraladığını Şekil 3.16'da gösterilmektedir. Bastırılma durumuna göre çözümler yüzeylere (Y1, Y2, Y3) ayrılmıştır.



Şekil 3.16. Yüzeylemeye örnek

Hızlı bastırılmamış sıralama yaklaşımı

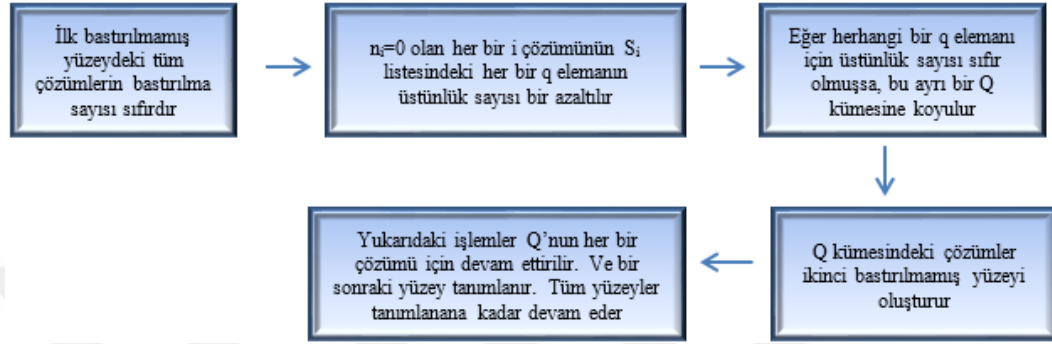
NSGA'nın arkasında yatan temel fikir, popülasyondaki çözümlerin sıralanması işlemidir (Deb ve ark., 2000). Bu sıralama işlemi, popülasyondaki “Non-dominant” olarak adlandırılan bastırılmamış çözümlere göre yapılmaktadır. Bastırma ve bastırılma sayılarına göre bastırılma seviyeleri belirlenir. N boyutundaki bir popülasyonu bastırılma seviyesine göre sıralamak için, her bir bireyin, baskın olup olmadığını bulmak gerekir. Bunun içinde popülasyondaki tüm çözümlerin birbirleriyle karşılaştırılması gerekir. Bunun için, m tane amaç sayısının olduğu her bir çözüm için zaman karmaşıklığı $O(mN)$ olarak hesaplanır. Bu işlem popülasyondaki tüm çözümlerden ilk bastırılmamış yüzeydeki çözümleri bulmaya devam ettiğinde, toplam zaman karmaşıklığı $O(mN^2)$ olur. Bu aşamada, ilk yüzeydeki baskın olmayan tüm çözümler bulunur. Bir sonraki yüzeydeki çözümleri bulmak için, ilk yüzeyin çözümleri geçici olarak çıkarılır ve yukarıdaki adımlar tekrarlanır (Deb ve ark., 2002; Sağ, 2008). En kötü durumda, ikinci yüzeyi bulma görevi de $O(mN^2)$ hesaplamaları gerektirir. İşlem sonraki yüzeyleri bulmak için tekrarlanır. En kötü durum yani her yüzeyde sadece bir çözüm olduğunda bu algoritmanın karmaşıklığı $O(mN^3)$ olur. Bu karmaşıklığın önüne geçmek için, aşağıda en çok $O(mN^2)$ hesaplaması gerektiren hızlı bastırılmamış sıralama yaklaşımı açıklanmaktadır (Deb ve ark., 2000).

İlk olarak, her çözüm için iki hesaplama yapılır:

- n_i , i. Çözümü bastıran çözümlerin sayısı
- S_i , i. çözümün bastırdığı çözümler

Şekil 3.17’de bu hesaplamanın adımları verilmiştir. Başka çözümler tarafından hiç bastırılmamış ($n_i = 0$) olan tüm noktalar belirlenir ve birinci yüzeye (Y_1) atanır. Birinci

yüzeydeki her çözümün bastırıldığı çözümler(S_i) ziyaret edilir ve bu çözümlerin n_j sayısı 1 azaltılır. Azaltma işleminden sonra n_j değeri 0 olan çözümler Q listesine koyulur. Bu Q listesindeki çözümlerde ikinci yüzeyi oluşturur. Bir sonraki yüzey için bu işlemler tekrarlanır. Bu gibi her bir yineleme $O(N)$ hesaplamaları gerektirir. Bu süreç tüm yüzeyler tanımlanana kadar devam eder. En fazla N yüzeyler olabileceğinden, bu halkanın en kötü durum karmaşıklığı $O(N^2)$ 'dir (Deb ve ark., 2000).



Şekil 3.17. Hızlı bastırılmamış sıralama yaklaşımı

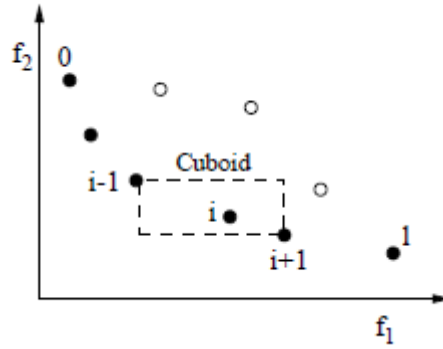
Yoğunluk mesafesi

NSGA-II algoritmasında, seçim işlemleri yapılırken yoğunluk tahmin metriği kullanılır. Popülasyondaki belirli bir noktayı çevreleyen çözümlerin yoğunluğunu tahmin etmek için, her iki yanındaki noktaların amaç değerlerine göre ortalama mesafesi alınır (Sağ, 2008). Bu miktar (i - mesafesi), i noktasının bir önceki ve bir sonraki komşuları kullanılarak elde edilen küboid büyüklüğünün bir tahminidir buna “yoğunluk mesafe tahmini” denir. Denklem 3.2’de bu yoğunluk tahmin hesaplamasının formülasyonu verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 d_i^1 &= \frac{|f_1^{i+1} - f_1^{i-1}|}{f_1^{max} - f_1^{min}} \\
 d_i^2 &= \frac{|f_2^{i+1} - f_2^{i-1}|}{f_2^{max} - f_2^{min}} \\
 d_i &= d_i^1 + d_i^2
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Denklemdaki f_1^{i+1} ifadesi ilgili bireyin sağında yer alan bireyin birinci amaç fonksiyonunun değerini gösterir. Benzer şekilde f_2^{i+1} ifadeside aynı bireyin ikinci amaç fonksiyonundaki değeri göstermektedir. f_1^{i-1} ifadesi ise ilgili bireyin solunda yer alan bireyin birinci amaç değerini ifade etmektedir. Max-min olarak gösterilen amaç fonksiyonları ise Pareto yüzeydeki her bir amaç fonksiyonundaki en iyi değeri ve en kötü değeri ifade etmektedir. Şekil 3.18’de, i ’nci çözümün her iki yanındaki kalabalık mesafesi, kesikli bir kutu ile gösterilen küboidin ortalama kenar uzunluğudur (Sağ, 2008).

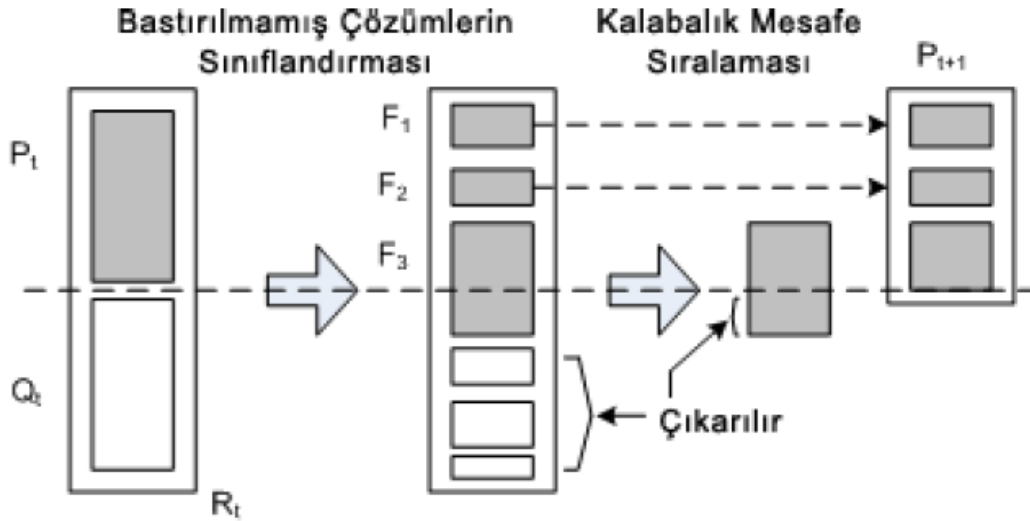
Şekildeki 1 ve 0 noktasındaki f_1 ve f_2 değerleri değerler denklem 3.2’de gösterilen min-max ifadelerine karşılık gelmektedir.



Şekil 3.18. Yoğunluk mesafe hesaplanmasının gösterimi (Deb ve ark., 2000)

Elitizm

Elitizm işlemi popülasyondaki en iyi çözümlerin saklanması işlemidir. Elitizm işlemi düzgün bir şekilde yapılmaz ise çeşitlilik elde edilemez, birbirine çok benzer çözümler elde edilir. Şekil 3.19’da bir sonraki nesle aktarılacak popülasyon seçme işlemi gösterilmiştir. İlk olarak en iyi yüzeyden başlayarak yeni popülasyona ekleme işlemi yapılır. Önce birinci yüzey (F1) eklenir, ardından yeni oluşturulan popülasyon da boş yer varsa ikinci yüzey(F2) eklenir. Sıra üçüncü yüzeydeki çözümleri eklemeye gelir. Fakat popülasyon da sadece bir kısmını alacak yer vardır. Bunun için aynı yüzeye sahip olan bu çözümler arasında seçim yapılması gerekmektedir. Bu seçim işlemi için Yoğunluk mesafeleri (CD) metriği kullanılmaktadır. F3 yüzeyindeki çözümlerin Yoğunluk mesafeleri (CD) büyükten küçüğe doğru sıralanır. En büyükten başlanarak küçüğe doğru popülasyonun boyutu sağlanana kadar popülasyona ekleme işlemi yapılır.

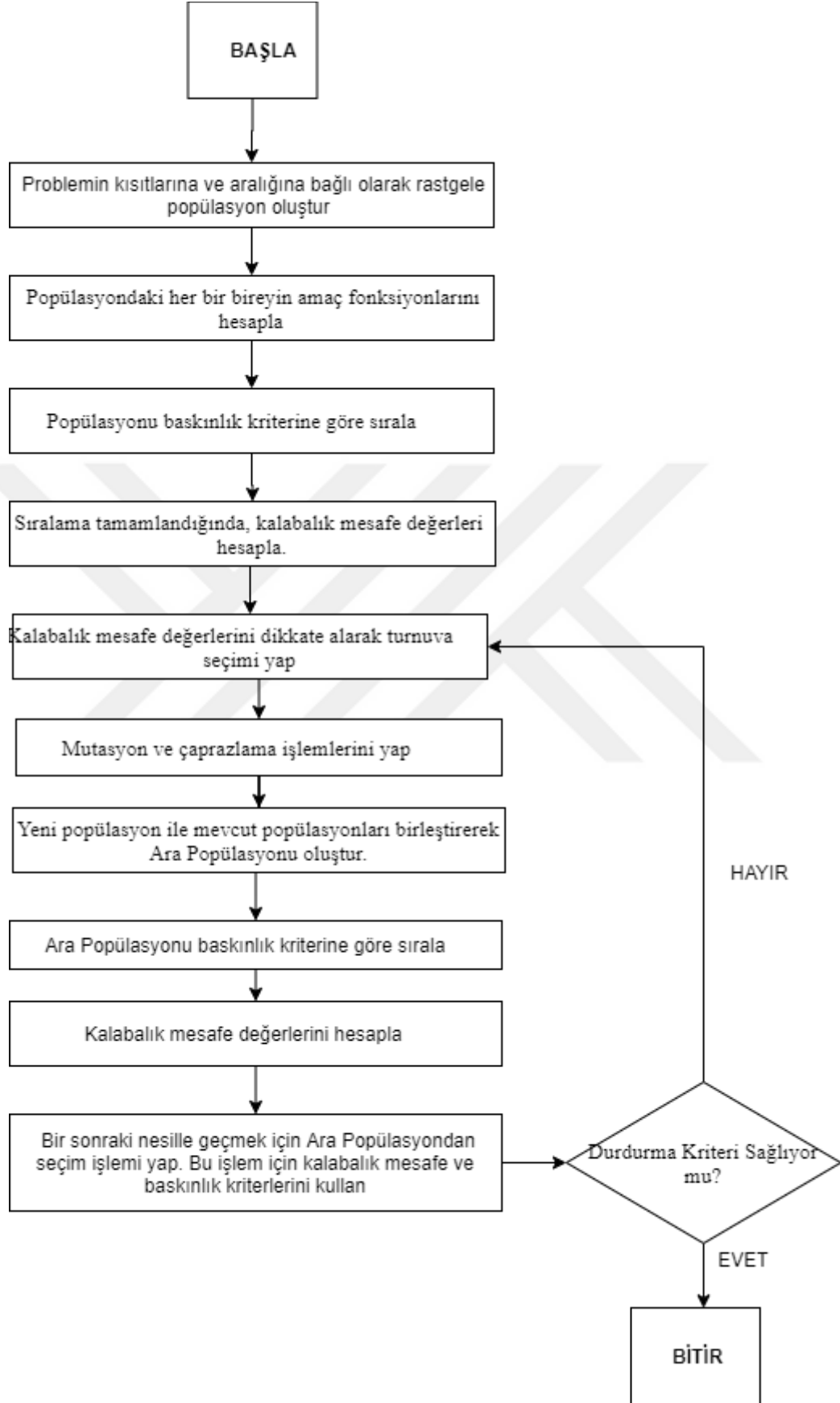


Şekil 3.19. Bir sonraki nesle aktarım (Deb ve ark., 2002)

Seçim

Genetik algoritmanın temeli olan çaprazlama ve mutasyon işlemlerinde kullanılması için ebeveyn bireylerinin seçimi yapılması gerekmektedir. İkili turnuva seçim işlemi bu ebeveyn seçim işlemleri için kullanılan yöntemlerden biridir. NSGA-II’deki kullanımı ile tek amaçlıdaki kullanımı farklılık göstermektedir. Tek amaçlı algortmada rastgele seçilen iki bireyin uygunluk değerleri karşılaştırılarak en iyi olan seçilir. Fakat NSGA-II’de çözümlerin tek bir uygunluk değeri olmadığı için bu seçim işlemi yüzeyler karşılaştırılarak yapılmaktadır. En iyi yüzeye sahip çözüm seçilir. Eğer iki çözümde aynı yüzeydelerse o zaman CD değerlerine bakılır. En büyük olan seçilir. Bu işlem popülasyon boyutu kadar tekrarlanmaktadır.

Şekil 3.20’de NSGA II için akış diyagramı verilmiştir. Rastgele N boyutlu kısıtlara uygun şekilde başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra popülasyondaki her bir bireyin amaç değerleri hesaplanır. Yüzeyler oluşturulup sıralanır ve CD değerleri hesaplanır. Turnuva seçiminden sonra çeşitlilik operatörleri uygulanır. Yeni oluşturulan çözümler için amaçlar tekrar hesaplanır. Mevcut nesil ve yeni nesiller birleştirilerek ara popülasyon oluşturulur. Ara popülasyon CD ve yüzeylerin hesabı gerçekleştirilir. Ara popülasyondan bir sonraki nesile aktarılacak popülasyon seçilir ve durdurma kriteri sağlanan kadar bu işlemler tekrar eder.



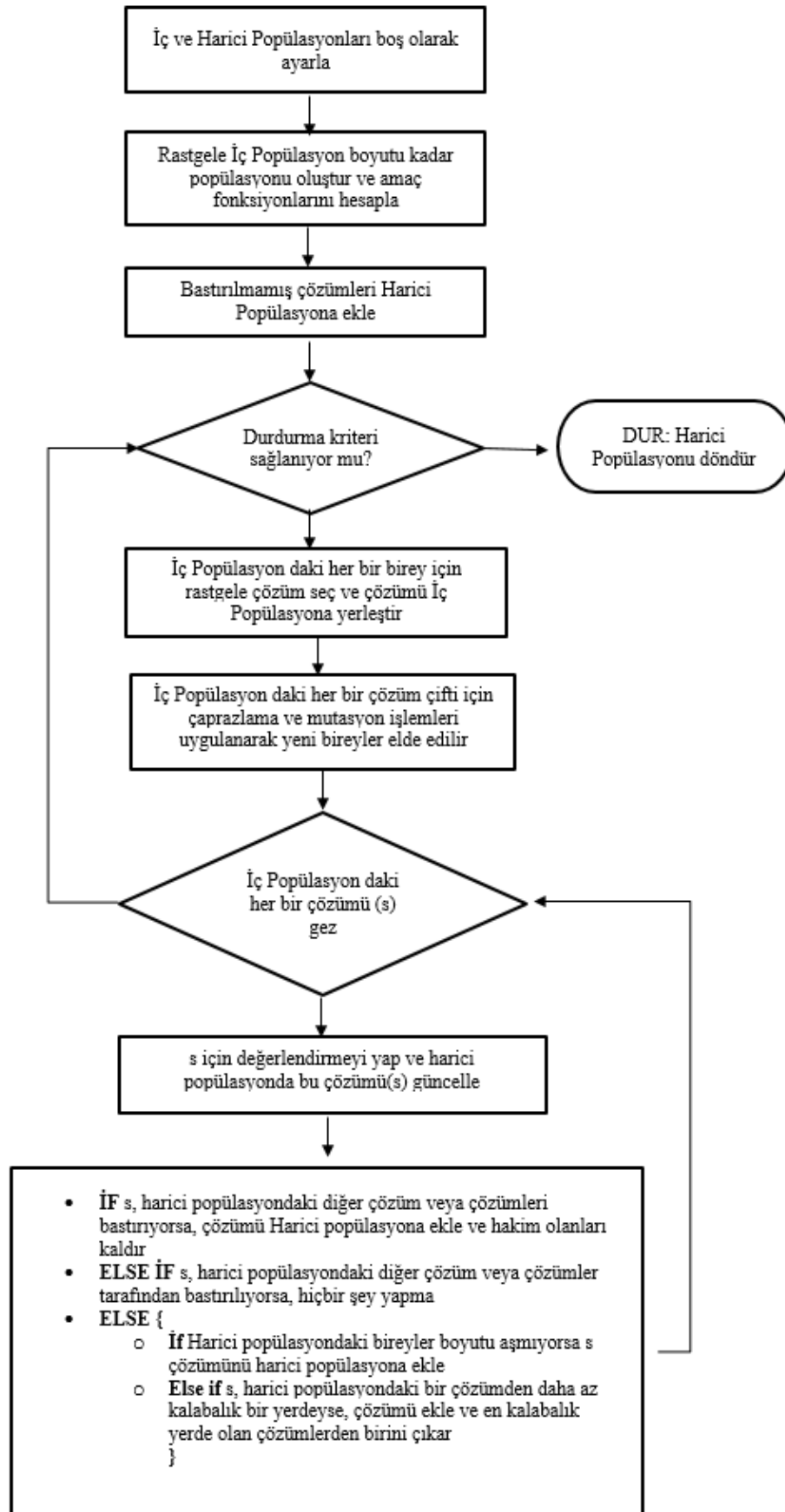
Şekil 3.20. NSGA-II akış diyagramı

3.2.2. PESA-II algoritması

Pareto Zayıflama Temelli Seçim Algoritması (PESA-II) Corne ve arkadaşları (Corne ve ark., 2001) tarafından 2001 yılında önerilmiştir. Hem iyi çözümlerin hem de çeşitliliğin korunması için mekanizmalar içerir (Mikhailov ve Knowles, 2010). Sabit birey sayısına sahip bir iç popülasyon ve sabit olmayan sınırlı sayıda bireye sahip bir harici popülasyon olarak iki çeşit popülasyon korunur. İç popülasyondaki bireylere, çaprazlama ve mutasyon operasyonları uygulanarak yeni bireyler üretilir. Harici popülasyonda ise iyi bireyler saklanır. PESA-II algoritmasında yeni birey oluşturmak için kullanılan seçim süreci, birey tabanlı yerine bölge tabanlı bir şekilde uygulanmaktadır. Bunun için önce bir hiper grid adı verilen bölge seçilir ve daha sonra genetik operasyonlarda uygulanacak bireyler seçilen hiper grid şemadan rastgele seçilir. Çevresel seçim işleminde, iç popülasyondaki aday bireyler arşive yerleştirilir, böylece ızgara ortamı güncellenir. Birey, iç popülasyonda bastırılmamışsa ve arşivin hiçbir üyesi tarafından bastırılmıyorsa arşive girebilir. Ardından arşiv ve ızgaraların (hiper gridlerin) ayarlamaları gerçekleştirilecektir.

1. Harici popülasyonda bastırılmamış bireylerin olması sağlanacaktır. Bunun için bastırılan bireyler arşivden çıkarılır.
2. Izgara, harici popülasyona bireylerin eklenmesi veya kaldırılmasıyla sınırların değişip değişmediği kontrolünü yapar.
3. Bir bireyin harici popülasyona eklenmesi ile harici popülasyon boyutu aşılsa, en kalabalık yerde olan çözümlerden rastgele birey harici popülasyondan çıkartılır.

PESA-II algoritmasındaki ana adımları gösteren akış diyagramı Şekil 3.21’de verilmiştir.

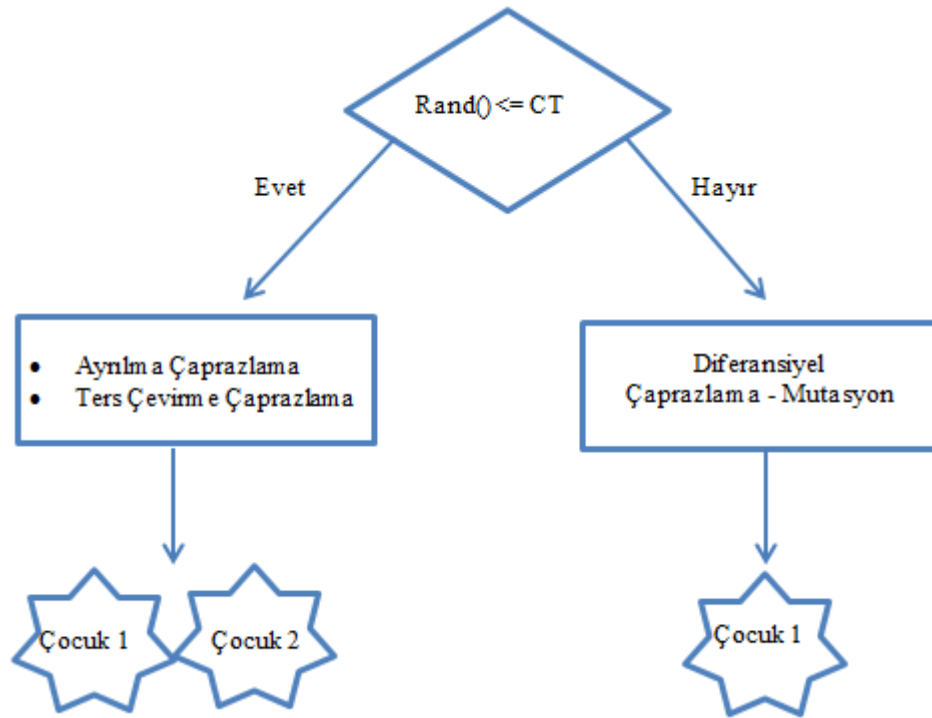


Şekil 3.21. Pesa-II algoritmasının akış diyagramı

3.2.3. Hibrit NSGA-II algoritması

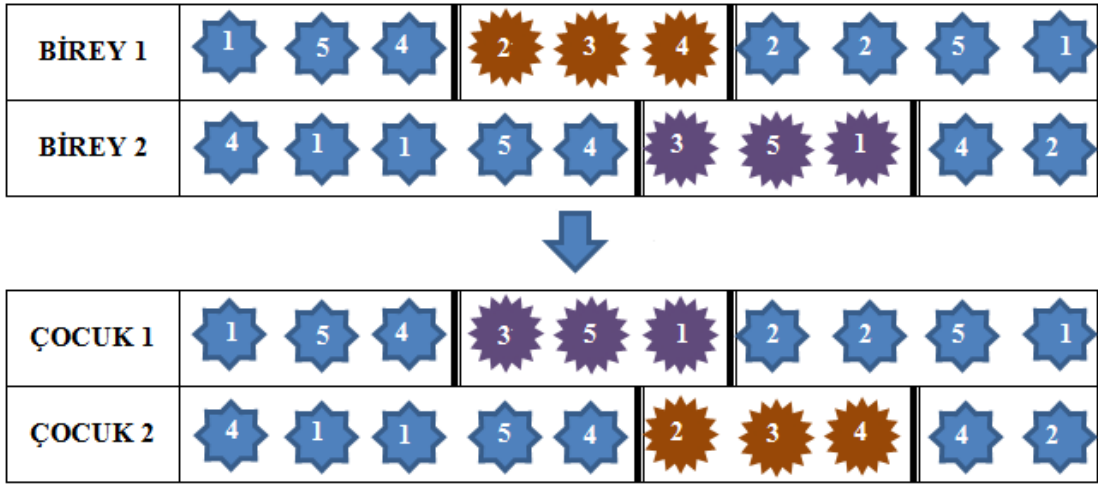
Bu çalışmada temel NSGA-II algoritmasındaki çaprazlama ve mutasyon işlemlerinde bazı değişiklikler yapılarak modifiye edilmiş NSGA-II algoritması önerilmiştir. Global araması kuvvetli olan Genetik Algoritma (GA) (Mashhadi ve ark., 2003; He ve ark., 2008) ve yerel arama avantajı olan DE algoritmasının (He ve ark., 2008) güçlü yönleri birleştirilerek NSGA-II'ye hibrit bir yöntem önerilmiştir. Önerilen NSGA-II yönteminde temel NSGA-II 'den farklı olan yeni birey oluşturma kısmında aşağıdaki adımlar kullanılmıştır.

İlk olarak 0-1 arası rastgele bir sayı belirlenip bu sayı Çeşitlendirme Oranından (CT) küçük eşit ise genetik optimizasyon algoritmasının çaprazlama yöntemlerinden olan Ayrılma ve Ters çevirme çaprazlama operatörleri kullanılarak 2 birey elde edilir. Eğer bu rastgele belirlenen değer CT'den büyükse diferansiyel evrim algoritmasında kullanılan yeni birey oluşturma yöntemi kullanılarak tek bir birey elde edilir.



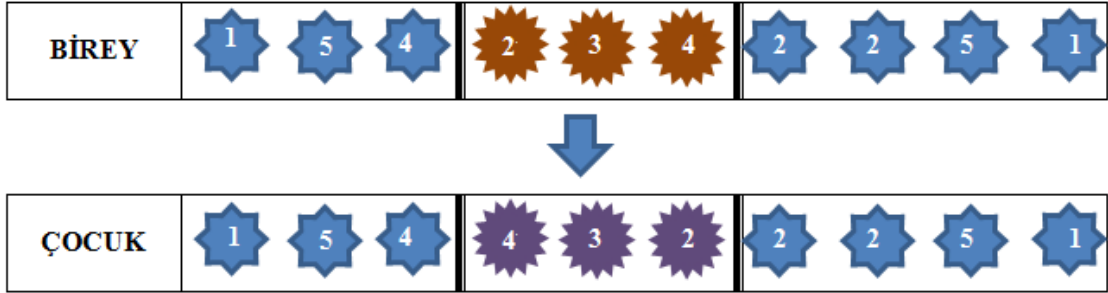
Şekil 3.22. Önerilen Hibrit NSGA-II Yeni Birey üretme akış diyagramı

Bu çalışmada yeniden üretme işlemindeki operatörler için ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir. Genetik algoritmadaki çaprazlama operatörleri arasında olan ayrılma ve ters çevirme çaprazlama yöntemleri Şekil 3.23 ve Şekil 3.24 'da verilmiştir.



Şekil 3.23. Ayrılma çaprazlama

Ayrılma çaprazlama tekniği özünde iki birey arasında genleri değiş tokuş edilmesidir. İlk olarak Birey-1'den rastgele iki nokta seçilir, seçilen aralık boyutunda Birey-2'den de rastgele iki nokta seçilir. Bu seçilen aralıklardaki genlerin sırayla değiş tokuş işlemi gerçekleştirilerek iki çocuk birey elde edilir. Şekil 3.23 incelendiğinde, Birey-1 'den 2-3-4 değerindeki genler, Birey-2 'de ise 3-5-1 değerine sahip genler seçilmiştir. Bu seçilen genler yer değiştirilerek 2-3-4 değerindekiler Birey-2'ye, 3-5-1 değerindekiler ise Birey-1'e eklenerek Çocuk-1 ve Çocuk-2 olarak yeni iki tane yeni birey elde edilmiştir. Bu çalışmada ayrılma çaprazlama tekniğinden elde edilen çocuk bireylerden sadece bir tanesi alınır.

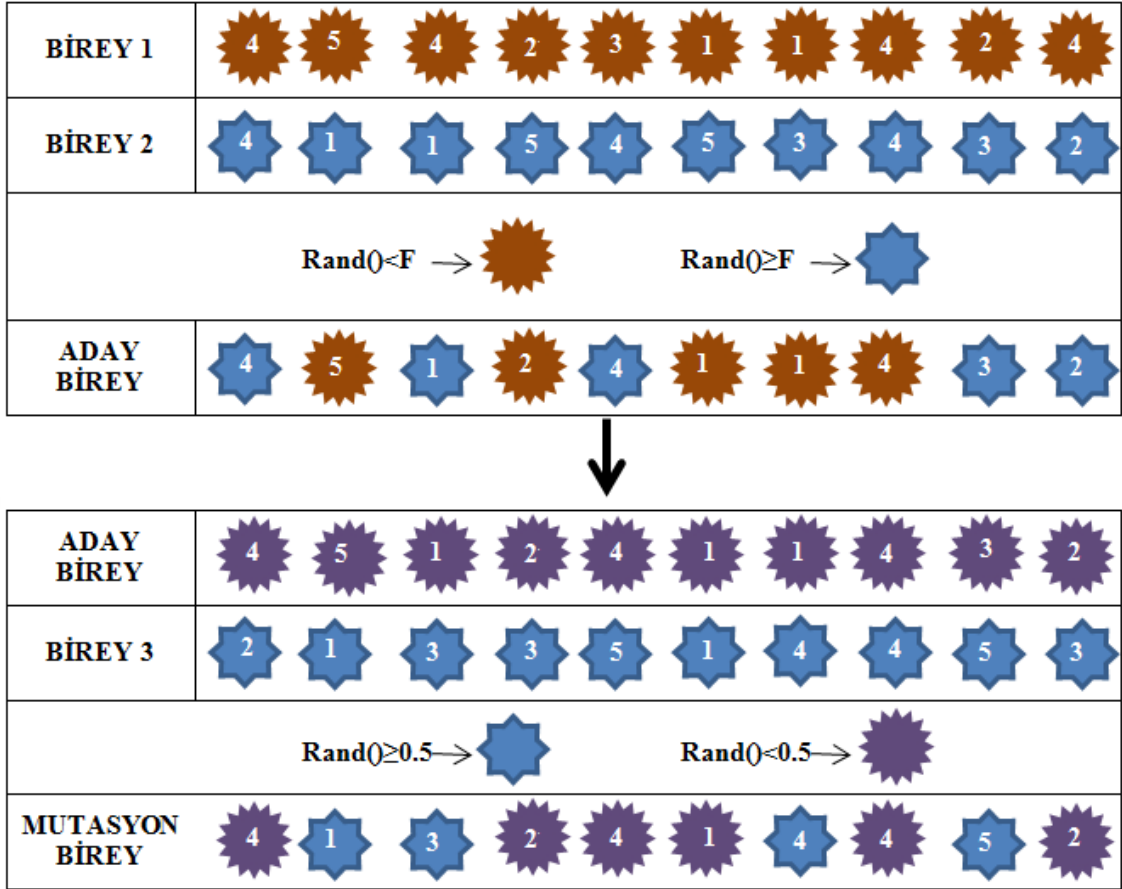


Şekil 3.24. Ters çevirme çaprazlama

Ters çevirme çaprazlama tekniğinde mevcut bireyden rastgele iki nokta seçilir. Bu iki nokta arasında kalan genlerin sıraları ters çevrilerek yeni bireye eklenir. Geriye kalan genler ise mevcut bireyden direk alınır. Şekil 3.24'de mevcut bireyden 4 ve 6'nıncı noktalar arasındaki genler seçilmiştir. Bu genlerin sırası 2-3-4 iken yeni oluşan bireyde 4-3-2 olarak değiştirilmiştir. Geri kalan genler birebire aynı olduğu görülmektedir.

Temel DE yöntemindeki yeniden üretme operatörü sürekli değerler için kullanılmaktadır. Dağıtım problemi ayrık bir problem olduğundan dolayı bu çalışmada temel DE algoritmasının yeniden üretme operatörü doğrudan kullanılamamaktadır. Bu nedenle Haklı'nın tezinde (Haklı, 2017) yer alan DE yöntemindeki operatör

kullanılmıştır. Bu operatörlerin çalışma mantığı Şekil 3.25, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de anlatılmaktadır.



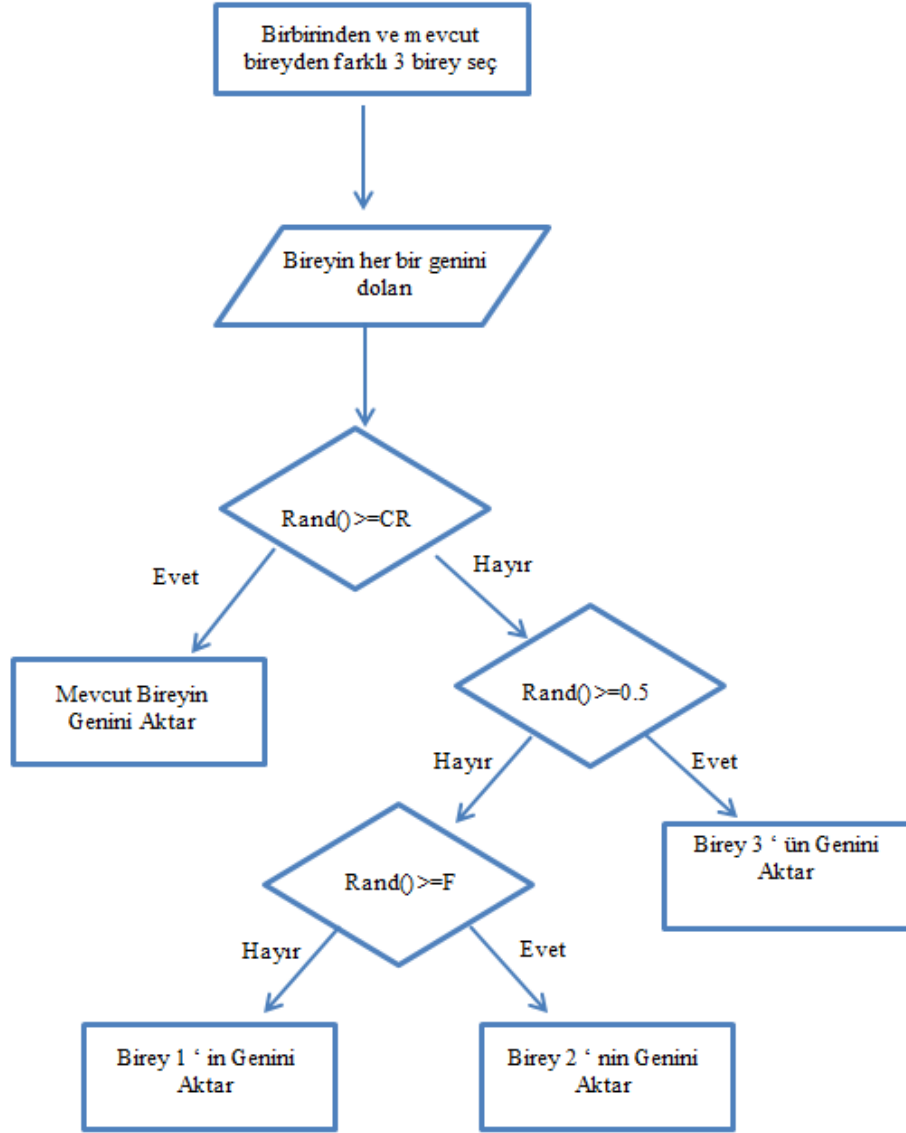
Şekil 3.25. DE algoritmasındaki mutasyon sonucunda bireyin elde edilmesi

Burada ilk olarak yeni birey üretme için rastgele birbirinden farklı 3 tane birey seçilmektedir. Aynı zamanda bu bireyler mevcut bireyden de farklı olmalıdırlar. Burada gösteril F ifadesi ölçekleme faktörünü temsil etmektedir. Her bir gen için Rastgele 0-1 arası bir sayı üretilir bu üretilen sayı F 'den küçükse Birey-1'den,küçük değilse Birey-2'den gen seçilerek Aday Bireye eklenir. Elde edilen aday birey ile Birey-3 arasında da her bir gen için rastgele üretilen sayı 0.5'den küçükse Aday Bireyden, küçük değilse Birey-3 'den mutasyon bireyinin genleri oluşturulur. Mutasyon birey, mevcut bireyden farklı seçilen 3 birey arasındaki genlerden elde edildiğinden dolayı mevcut bireyden farklı bir bireydir. Bir sonraki nesile aktarılacak olan yeni birey, mutasyon birey ile mevcut birey arasında Şekil 3.26 'da gösterilen işlem uygulanarak elde edilir.

MUTASYON BİREY										
MEVCUT BİREY										
$\text{Rand}() < \text{CR} \rightarrow$  $\text{Rand}() \geq \text{CR} \rightarrow$ 										
YENİ BİREY										

Şekil 3.26. DE algoritmasında yeni bireyin elde edilmesi

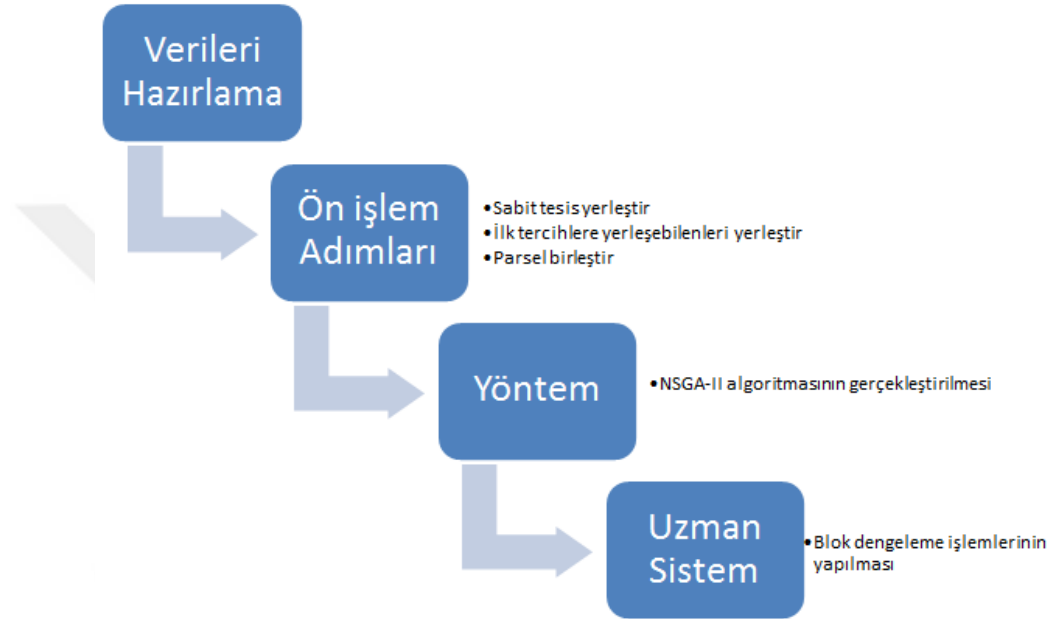
Mutasyon bireyi elde edildikten sonra her bir gen için rastgele sayısı üretilir. Üretilen sayı çaprazlama oranından küçükse mutasyon bireyden, küçük değilse mevcut bireyden genler alınarak yeni birey oluşturulur. Böylece rastgele üretilen sayı CR' den küçükse DE algoritmasının mutasyon ve çaprazlama teknikleri kullanılarak bir tane yeni birey elde edilmiş olur.



Şekil 3.27. DE Yeni birey üretme akış diyagramı

4. DAĞITIM PROBLEMİNİN YÖNTEM İLE ÇÖZÜLMESİ

Bu çalışmada dağıtım işlemi temelde 4 adımdan oluşmaktadır. Veriler hazırlandıktan sonra veriler yöntem öncesinde bazı ön işlemlerden geçerler. Ön işlem aşamasında bazı parsellerin yerleştirme işlemi yapılırken bazı parsellerin ise birleştirilmesi sağlanır. Ardından verilerin son halleri yönteme sokularak otomatik dağıtım işlemi gerçekleştirilir. Yöntem sonrasında bloklardaki taşan/kalan alanların dengelenmesi için Uzman Sistem çalıştırılır.



Şekil 4.1. Dağıtım işleminin temel adımları

4.1. Dağıtım Problemi

AT aşamalarından olan Dağıtım, mülakat aşamasından sonra gerçekleştirilir. Dağıtım, parsellerin Mülakat aşamasında elde edilen tercihler gözönün de bulundurularak blok planlamasında oluşturulan bloklar üzerine yerleştirilmesi işlemine denilir. Dağıtım işleminde bloklardaki doluluk oranlarına dikkate edilerek parsellerin tercihlerine uygun bir şekilde yerleştirilmesi amaçlanmaktadır. Dağıtım sürecinde kullanılan bazı terimlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir (Haklı, 2017).

Arazi: Yeryüzündeki sabit bir alanı veya noktası ile ilgili bütün şeyleri kapsar (Seymen, 2008).

Parsel: AT çalışmasında, araziler üzerinde tarla olarak da adlandırılan ekilebilir parçalara parsel denir.

İşletme: Parsel sahiplerine denir.

Blok: Araziler belli en-boy oranını sağlayacak şekilde alt parçalara ayrılır. Bu parçaların her birine blok adı verilir. Parçalanma işleminde ilk önce doğal blok adı verilen yol, nehir,

boru hattı gibi yapılardan dolayı oluşan parçalar elde edilir. Ardından bu doğal bloklar daha da küçültülerek bloklar oluşturulur.

Blok Derece Alan: Elde edilen her bir bloğun toprak kalitesine göre derece alanı vardır.

Tercihler: Mülakat aşamasında işletmeler ile tek tek görüşülüp sahip olduğu her bir parsel için blok tercihleri alınır.

Parsel Gerçek Alan: Parsellerin fiziki bilinen alanıdır

Parsel Derece: Parsellerin toprağın kalitesinin sayısal değeridir.

Parsel Derece Alan: Parselin gerçek alanı ile derecelerinin çarpımı sonucu elde edilen toprak kalitesinin alanıdır.

Hisseli Parsel: Birden fazla işletmenin sahip olduğu parseldir.

Sabit Tesis: Parselin üzerinde ağaç, kuyu, çiftlik gibi taşınamaz yapılardır

AT işlemindeki dağıtım aşamasındaki ilk adım sabit tesisleri olan parsellerin dağıtımının yapılmasıdır. Eğer bir parsel üzerinde sabit tesis varsa, o parselin yeni yeri sabit tesisi barındıracak şekilde olmalıdır. Arazi toplulaştırma çalışmasında temelde iki zorluğu bulunmaktadır. Bunlardan biri parsellerin tercihlerine yerleşmesini sağlamak diğeri ise parsellerin bloklara yerleştirilmesi esnasında bloklardaki taşmaları minimum seviyede olmasını sağlamak. Bu iki işlemin birlikte yapılması Dağıtım işleminin en önemli sorunlarından biridir. Her ne kadar mükemmel bir dağıtım işlemi yapılmış olsa bile bloklarda taşma mutlaka meydana gelmektedir. Dağıtım adımının içinde yer alan blok dengeleme işlemi yapılarak bu taşmaların sıfırlanması sağlanır. Bunun için Haklı (2017) doktora tezinde Uzman sistem adında bir yöntem önermiştir. Bu çalışmada Haklının önerdiği uzman sistem kullanılmıştır.

4.2.Ön İşlem

Çalışmada kullanılacak CAO yöntemleri ile dağıtım işlemini gerçekleştirmeden önce verilerin hazırlanması gibi bazı ön işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler 4 başlıkta ele alınmıştır:

1. Sabit Tesis Yerleştirme
2. Davalı Parsel Yerleştirme
3. İlk Tercihlerine Yerleşebilen Parselleri Yerleştirme
4. Parsel Birleştirme

4.2.1.Sabit tesis ve davalı parsel yerleştirme

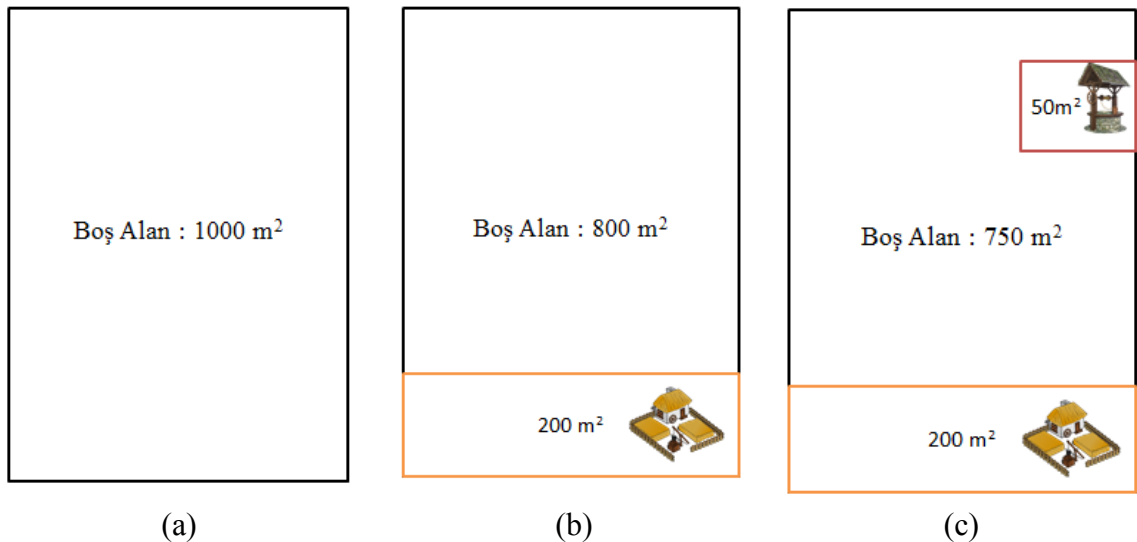
Parsellerin bazıları belli sebeplerden dolayı davalıktırlar. Davalı arazinin her biri ayrı bir işletme olarak düşünülür. Bu parseller bulundukları blokta kalırlar dağıtım

işlemine girmezler. Aynı şekilde önceki bölümlerde bahsedildiği gibi sabit tesise sahip parsellerde optimizasyon işlemine tabi tutulmazlar. Bu parseller olduğu blokta kalırlar.

Bu nedenle optimizasyon çalışmasından önce bloklara henüz parseller yerleştirilmeden davalı parseller ve sabit tesise sahip parseller mevcut bloklarına yerleştirilmektedir. Ön yerleştirilme işlemi tamamlandıktan sonra blokların derece alanları güncellenmelidir. Bu blok alan güncelleme işlemi Denklem 4.1’de verilmiştir.

$$BlokYeniBoşAlan = BlokBoşAlan - sum(YerleşenParselAlan) \quad (4.1)$$

Bloğun derece alanı ile o bloğa yerleştirilen davalı veya sabit tesise sahip parsellerin toplam derece alanı çıkartılarak bloğun alanı güncellenir. Şekil 4.2’de bloklara sabit tesislerin yerleştirilmesi sonucunda bloktaki alanın nasıl güncellendiği gösterilmiştir. Blok ön işleme girmeden önce derece alanı 1000 m²’dir. Bu bloğun üzerinde sabit tesis veya davalı parsellerin olup olmadığı kontrolü yapılıyor. İlk olarak 200 m²’ye ait çiftlik olduğu görülüyor ve bu çiftlik bloğa yerleştiriliyor. Yerleştirilme sonrasında bloktaki boş alan güncellemesi yapılıyor, yani 1000 m²’den çiftliğin alanı(200 m²) çıkarılıyor ve 800 m² olarak bloğun boş alanı güncelleniyor. Ardından blokta başka sabit tesis olup olmadığı kontrolü yapılıyor. Kontroller sonucunda 50 m² ye sahip kuyu olduğu tespit ediliyor ve bu kuyunun alanı bloğun güncel alanından (800 m²) çıkartılarak 750 m² olarak güncelleniyor. Ön yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra artık optimizasyona girecek bloğun alanı 750 m² olarak belirleniyor.

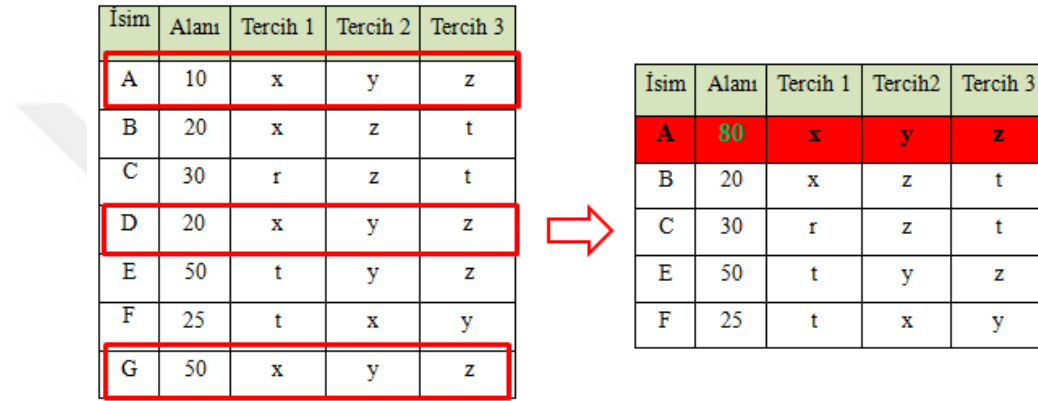


Şekil 4.2. Sabit tesislerin bloklara yerleştirilmesi

4.2.2. Parsel birleştirme

Parsel dağıtım işleminin amacı işletmelerin sahip olduğu parsel sayısı olabildiğince en aza indirmek ve ortalama parsel büyüklüğünü artırmaya çalışmaktır.

Bunun için optimizasyon işlemine tabi tutulmadan önce aynı işletmeye sahip parsellerin, aynı tercihlere sahip olanları tek bir parsel olarak birleştirilir. Bunun sebebi yeni bloğa yerleştirme yöntemi çalıştığında bu parsellerin aynı bloğa yerleştirilmesi sağlanarak parsel sayısında azalmayı ve ortalama parsel büyüklüğünde artmayı desteklemesi beklenir. Yeni oluşan bu parselin alanı birleşen parsellerin alanları toplamıdır. İşletme numarası aynı şekilde kalır ve bu parselin hangi parsellerin birleştirilmesiyle oluştuğu bilgisi tutulmaktadır. Birleştirilen parsel optimizasyon algoritmasında tek bir parselmiş gibi işlem yapılır. Bu birleştirme işlemi sabit tesis ve davalı parseller yerleştirildikten sonra geriye kalan parseller için uygulanmaktadır.



İsim	Alanı	Tercih 1	Tercih 2	Tercih 3
A	10	x	y	z
B	20	x	z	t
C	30	r	z	t
D	20	x	y	z
E	50	t	y	z
F	25	t	x	y
G	50	x	y	z

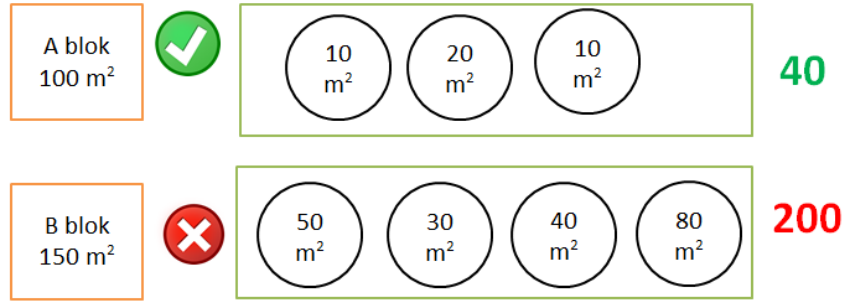
İsim	Alanı	Tercih 1	Tercih2	Tercih 3
A	80	x	y	z
B	20	x	z	t
C	30	r	z	t
E	50	t	y	z
F	25	t	x	y

Şekil 4.3. Parsel birleştirme işlemi

Şekil 4.3 'de dağıtım işlemine girmeden önce parsellerin birleştirilmesi aşaması gösterilmiştir. Sol tarafta bir işletmenin sahip olduğu parseller ve bunların tercih bilgilerini gösteren tablo yer almaktadır. Parsel birleştirme sonucunda A,D ve G isimindeki parsellerin tercihleri sırayla x, y ve z olarak aynı olduğu için bu parseller tek bir parsel olarak dağıtıma girmesi sağlanmıştır. Bunun için birleştirilmiş olan parsel yeni bir isim verilir, tercihler aynı şekilde kalır, alan ise birleştirilen bu 3 parselin alanları toplamı olan 80 olarak güncellenir. Buradaki tercih sıraları önemlidir, aynı sırada blok tercihi olan parseller birleştirme işlemine tabi tutulmaktadır.

4.2.3. İlk tercih yerleştirilmesi

AT çalışmasının en önemli kısmı işletme memnuniyetidir. Parsel sahipleri tarafından çok fazla itiraz alınmaması için parsellerin tercihlerine yerleşmesi en önemli kriterlerdendir. Bunun için ön işlem aşamalarından bir diğeri tercihlerine yerleşebilenleri bloklara atama işlemidir. Eğer ilk tercihlerine yerleşebilen parseller varsa onlar tercih edilen bloğa atanır. Bu işlemde her bir blok dolaşılıp o bloğu ilk tercih edenlerin parsellerin derece alanları toplanır. Eğer ilgili bloğun boş derece alanı bu tercih eden parsellerin hepsini karşılıyorsa yerleştirme işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 4.4. İlk tercihlerine yerleşebilen parselleri bloklara yerleştirme

Şekil 4.4’da ilk tercihlerine yerleşebilen parsellerin yerleşip yerleşmediği kontrolünün nasıl yapıldığı hakkında örnek gösterilmiştir. A bloğunu 1.tercih olarak tercih eden parsellerin derece alanları toplandığında A bloğunun boş alanını geçmediği için yerleştirme işlemi başarıyla gerçekleştirilir. Bu tercihlerine yerleştirme işlemi yapıldıktan sonra Denklem 4.1 kullanılarak blok güncelleme işlemi yapılmaktadır. B bloğunda ise tercih eden parsellerin alan B bloğun alanından büyük olduğu için yerleştirme işlemi yapılmaz. Bu parseller optimizasyon yöntemi tabi tutularak yerleştirme işlemi sağlanır.

4.3.Amaç Fonksiyonları

Dağıtım işleminde tercihler ve bloklardaki doluluk oranları olmak üzere iki kriter vardır. Bu iki kriterin dengeli bir şekilde yapılması için uygun bir amaç fonksiyonu belirlenmelidir. Haklı (2017) doktora tezinde bu iki kriteri göz önünde bulundurarak tek amaçlı bir fonksiyon önermiştir. Bu çalışmada Haklı’nın önerdiği amaç fonksiyonundaki tercih ve blok doluluk oranlarına ait matematiksel işlemlerin ayrı ayrı amaç fonksiyonu oluşturulmuştur.

Dağıtım problemi 2 amaç fonksiyona sahiptir

- Parsellerin tercihlere yerleştirilmesi
- Blokların doluluk oranları

4.3.1.Parsellerin tercihlere yerleştirilmesi

Parsellerin tercihlere yerleşip yerleşemediği duruma göre cezalar verilmektedir. Her bir parselin tercihlerine yerleşme durumuna göre aldıkları ceza puanları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tercih cezaları (Haklı, 2017)

TERCİHLER	CEZA
1.Tercih	0
2.Tercih	0.1
3.Tercih	0.3
Hiçbiri	1

Eğer parsel ilk tercihi olan bloğa yerleştirilmişse hiç ceza gelmemektedir. Yerleştirilen parsel 2. tercihi yerleşmiş ise 0.1, 3. tercihi ise 0.3 ve hiç tercihi olmayan bloğa yerleştirilmişse 1 ceza puanı verilmektedir. Bu değerler Haklı'nın tezinden alınmıştır(Haklı, 2017). Parsellerin tercihlerine yerleştirilememesi ile ilgili tercih ceza amaç fonksiyonunun formülasyonu Denklem 4.2' de verilmiştir.

$$TercihAmaç = \left(\sum_{i=1}^{PS} TCP_i \right) / PS \quad (4.2)$$

İlgili parçacığın her bir parsel için tercih cezaları tablodan belirlenip toplanır ve parsel sayısına bölünerek 0-1 arası bir değer elde edilir.

4.3.2. Blokların doluluk oranları

Bloklardaki taşan veya eksik kalan alanlar için bir ceza değeri hesaplanmaktadır. Bu bloklardaki doluluk oran cezaları için amaç fonksiyonunun formülasyonu Denklem 4.3'de verilmiştir.

$$BD_i = \left(BA_i - \sum_{j=1}^{PS_i} PA_{ij} \right) \quad (4.3)$$

$$BlokAmaç = \left(\sum_{i=1}^{TBS} |BD_i| / BA_i \right) / TBS$$

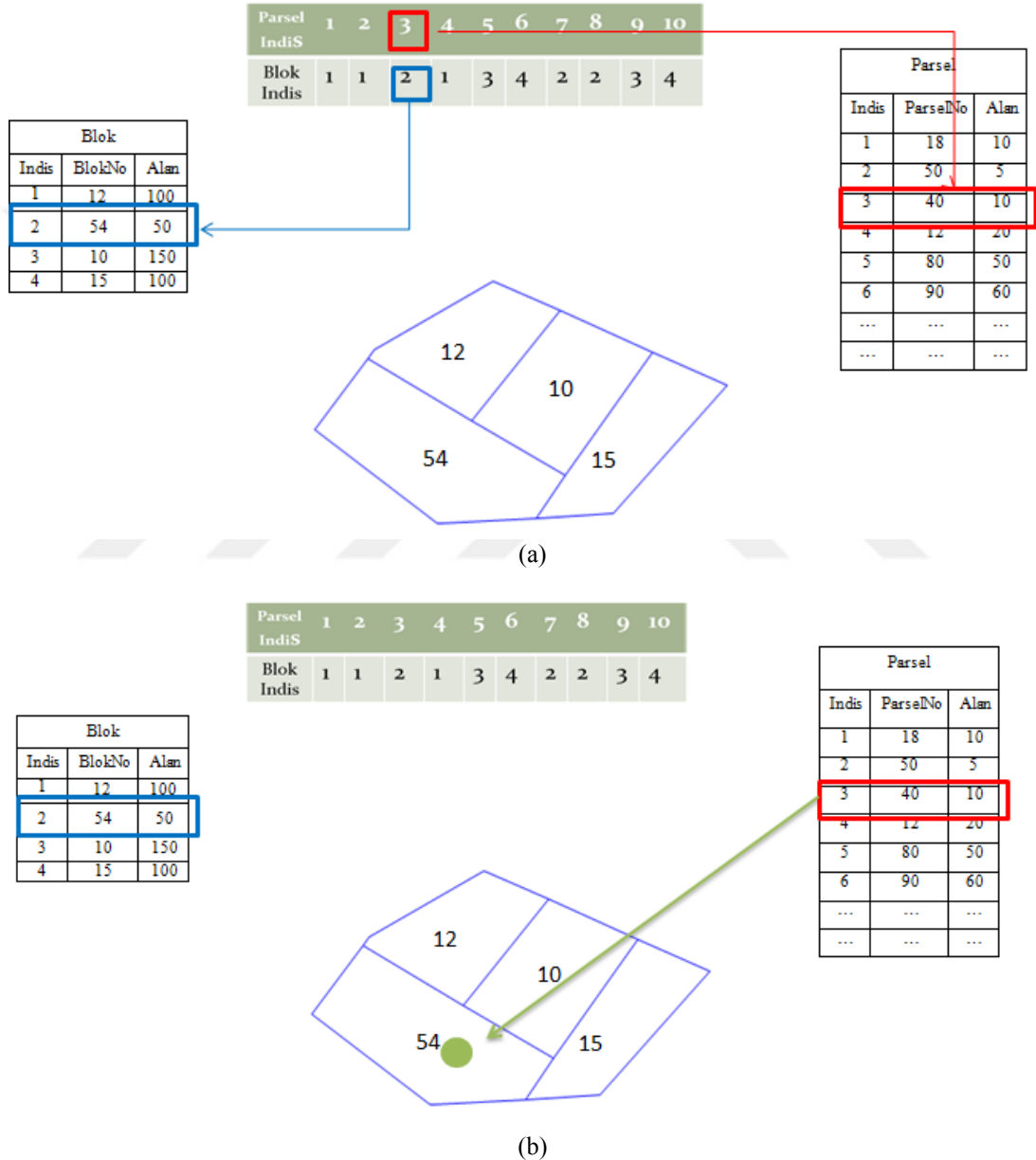
Denklem 4.3'deki ilk kısımda bloklardaki doluluklarının hesabı yapılmaktadır. i . bloğun alanından (BA_i) o bloğa yerleştirilen parsellerin toplam alanın farkı blok doluluk değerini verir. Burada BD_i değeri negatif olduğunda taşıdığı, pozitif olduğunda ise boşluk olduğunu ifade etmektedir. BA_i i . bloğun derece alanını, PA_{ij} i . bloğa yerleştirilen j . parselin derece alanını ifade etmektedir. PS_i ise i . bloğa yerleştirilen toplam parsel sayısıdır. Denklem 4.3'deki ikinci kısım ise uygunluk değerinin döndürüldüğü denklemdir. Burada her bir mutlak dolulukları o bloğun alanına bölünür elde edilen değeri toplam blok sayısına bölünerek 0-1 arasında değer elde edilir. Burada TBS arazideki toplam blok sayısını ifade etmektedir.

4.4. Popülasyon Oluşturma

Yöntem ilk başlatıldığında rastgele popülasyon oluşturulur. Bireyin boyutu ön işlemler yapıldıktan sonra dağıtıma girecek parseller ile belirlenir. Yani her bir bireyin boyutu bu parsellerin sayısı kadardır. Örneğin bu çalışmada kullandığımız Üçhüyük arazisini ele aldığımızda, ön işlemler gerçekleştirildikten sonra yerleştirilmemiş parsel

sayısı 144 olmaktadır. Buna göre gen boyutu da 144 olarak belirlenmektedir. Genin her bir değeri bloklardaki indisi ifade etmektedir. Yani örnek arazimiz olan Üçhüyük arazisinde 17 tane blok olduğu için genlerin değer aralıkları da 1 ile 17 arasındadır.

Popülasyondaki her bir gen hangi parselin hangi bloğa yerleştiğini göstermektedir. Başka bir deyişle bireydeki her bir sütun bir parselin indisini ve her bir sütundaki değer bloğun indisini ifade etmektedir. Şekil 4.5’de popülasyonun nasıl temsil edildiği gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Popülasyonun yapısı

Popülasyon yapısının örneği incelendiğinde, 10 sütundan oluşmaktadır. Bu da 10 tane yerleşecek parselin olduğunu ifade etmektedir. Popülasyondaki sütun indisi, parsel matrisinde satır indisine karşılık gelmektedir. Yani popülasyon örneğinde 3. sütun, parsel matrisinde 3. satırdaki 40 no’lu parseli ifade ettiği görülmektedir. Popülasyondaki

sütunun içindeki değer de blok matrisindeki satır indisine karşılık gelmektedir. Örnekte 3. sütunda 2 değeri, blok matrisinde 2.satır olan 54 numaralı bloğu ifade etmektedir. Bu da 54 numaralı bloğa 40 numaralı parsel yerleşmiş olarak yorumlanır.

4.5. NSGA-II Algoritmasının Gerçekleştirimi

İlk olarak her birey için parseller rastgele bloklara dağıtılarak popülasyon oluşturulur. Her birey için blok doluluk oranı ve tercihlerine yerleşme kriterleri için oluşturulmuş 2 amaç değerleri ayrı ayrı hesaplanır. Elde edilen her bir uygunluk değeri kullanılarak bireylerin Crowding Distance (CD) adı verilen kalabalık mesafe değerleri hesaplanır. Bu değerler Turnuva seçiminde kullanılmaktadır. CD hesabından sonra turnuva seçim yöntemi kullanılarak yeni birey oluşturma işlemleri için en uygun bireyler seçilir. Seçim işleminin ardından yeniden üretme işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra yeni oluşan popülasyon ile bir önceki popülasyon birleştirilerek ara popülasyon oluşturulur ve bu ara popülasyon üzerinden birey sayısı kadar uygun bireyler seçilerek bir sonraki nesile aktarılır. Durdurma kriteri sağlanana kadar bu işlemler tekrar etmektedir. En son dağıtım kriterlerine uygun bir yerleştirme listesi otomatik olarak elde edilecektir. Tabi yine de bloklarda taşma oluşmaktadır. Bunun için Haklı'nın 2017 yılında tamamlamış olduğu tezinde kullanılan uzman sistem kullanılarak dengeleme işlemi yapılmıştır (Haklı 2017).

4.6. Arazi Dağıtım Problemi İçin Deneysel Sonuçlar

Dağıtım probleminin çözümü için uygulanan önerilen NSGA-II yönteminin başarısını değerlendirmek ve başka yöntemlerle karşılaştırma yapmak için elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmaktadır. Yöntem Intel® Core™ i7 2.40 GHz CPU, 16GB RAM, 64 bit işletim sistemi özelliklerine sahip bilgisayarda ve Matlab 2014 uygulama geliştirme aracı üzerinde çalıştırılmıştır.

Bu çalışmada, bir önceki başlıkta detaylı bir şekilde açıklanan problem üzerinde çok amaçlı optimizasyon algoritmalarından biri olarak önerilen NSGA-II yönteminin uygulaması çalışma alanımız olan Alanözü, Üçhüyük ve Ekinözü arazileri üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre algoritmanın dağıtım problemi üzerindeki başarısı Haklı'nın tezinde yer alan tek amaçlı optimizasyon yöntemlerindeki sonuçlarla (Haklı, 2017) ve temel NSGA-II yönteminin sonuçları ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçlar Haklı'nın tezindeki sonuçlarla sağlıklı bir şekilde karşılaştırılabilmesi için iterasyon sayıları Haklı'nın tezinde olduğu gibi her bir arazi için 1000 ve 2500 iterasyon sayıları

için çalıştırılmıştır. Elde edilen değerler GA(Haklı, 2017), DE(Haklı, 2017), SS (Haklı, 2017) ve temel NSGA-II algoritmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2. Parametreler ve değerleri

Açıklamalar	Parametreler	Değerler
Çeşitlendirme tipi belirleme oranı	CT	0.6
DE çaprazlama oranı	CR	0.3
DE ölçekleme faktörü	F	0.5
Popülasyon büyüklüğü	NP	100
Jenerasyon	G	1000 ve 2500
Değişken Sayıları	D	(1,2,3,...,Parsel sayısı)
Tercih amaç katsayısı	k_1	0.7
Blok amaç katsayısı	k_2	0.3
Çalıştırma Sayısı	r	30 run
Temel NSGA-II Çaprazlama oranı	NCR	0.5
Temel NSGA-II Mutasyon oranı	NPR	0.05
Temel PESA-II Çaprazlama oranı	PCR	0.5
Temel PESA-II Mutasyon oranı	PPR	0.05

Çizelge 4.2’de çalışmada tüm araziler için kullanılan parametreler ve değerleri verilmiştir. Buradaki k_1 ve k_2 parametreleri, yöntem sonrasında elde edilen Pareto yüzeyinden tek bir tane çözüm seçmek için kullanılan katsayıdır. Bu katsayılar Pareto yüzeydeki her bir birey için Denklem 4.4’de kullanılarak en küçük değere sahip birey seçilir. En küçük değere sahip bireyin seçilmesinin nedeni amaçların her birinin minimizasyon fonksiyonu olmasıdır.

$$Uyg = k_1 * Ta^2 + k_2 * Ba^2 \quad (4.4)$$

Ta: Tercih amaç değeri, Ba: Blok amaç değeri

Yapılan denemeler sonucunda k_1 ve k_2 katsayıları 0.7 ve 0.3 olarak belirlenmiştir. Değerler ilk olarak Üçhüyük köyünde 10 run çalıştırılarak sonuçlar incelenmiştir. Performanslı çıkan değerler Ekinözü arazisi üzerinde de 10 run denenerek sonuçlara bakılmıştır. Her iki arazi için de en uygun değer belirlenmeye çalışılmıştır. Değerlerde ilk olarak 0.25,0.5,0.75 şeklinde çeyrek değerler denenmiştir. Ardından çıkan sonuçlara göre iyi çıkan 2 çeyrek arasında değerler denenmiştir. Eşit katsayı verildiği zaman uzman sistem sonrası tercih başarıları ve ortalama parsel büyüklüklerinde kötüleşmeler meydana geldiği görülmüştür. Bu nedenle bloklardaki taşma uygunluğu tercihe göre biraz daha arka planda tutulmuştur. Böylelikle Uzman Sistem bloklardaki taşmaları sıfırlarken daha başarılı sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır. Çalışma da uzman sistem uygulanmadan önceki tercih başarıları TYB1, uzmana sistemi uygulandıktan sonra tercih başarıları ise TYB2 olarak gösterilmektedir.

4.6.1. Ekinözü

Ekinözü çalışma alanı, parsel sayısı, blok sayısı, toplam arazi alanı bakımından tezde kullanılan diğer çalışma alanlarına göre daha büyüktür. Bu nedenle en karmaşık yapıya sahip olan arazi Ekinözü'dür. Çalışmada birey sayısı 100 ve iterasyon sayıları 1000 ve 2500 olarak 30 kere çalıştırılarak sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 4.3'de 30 kere çalıştırıldıktan sonraki tercih sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlarda tercihler yöntem öncesi (TBY1) ve yöntem sonrası (TBY2) başarı yüzdeleri olarak ayrı ayrı verilmiştir. 30 çalıştırma sonucundaki ortalama, standart sapma, en iyi ve en kötü değerler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.3. Ekinözü tercih sonuçları

		1000				2500			
		Ortalama	Std. Sapma	En İyi	En Kötü	Ortalama	Std. Sapma	En İyi	En Kötü
GA	TBY1 (%)	67.61	0.52	68.82	67.12	68.11	0.61	69.17	67.29
	TBY2 (%)	70.68	1.56	71.21	71.21	70.59	2.15	70.19	71.04
DE	TBY1 (%)	76.60	0.93	78.36	74.28	76.27	1.09	78.71	74.45
	TBY2 (%)	74.94	1.30	76.83	73.08	74.07	1.57	75.98	73.76
SS	TBY1 (%)	78.06	0.86	79.56	76.66	80.64	0.48	80.92	79.56
	TBY2 (%)	76.45	1.53	76.49	73.08	78.56	1.41	79.56	75.30
NSGA-II	TBY1 (%)	79.11	1.58	82.11	75.80	80.38	1.38	83.13	77.34
	TBY2 (%)	78.16	0.82	81.43	76.49	80.09	0.56	81.43	78.87
PESA-II	TBY1 (%)	78.73	1.54	82.11	76.15	79.22	1.75	82.79	76.15
	TBY2 (%)	77.91	0.82	79.38	76.15	80.12	0.93	82.11	79.04
Önerilen NSGA-II	TBY1 (%)	79.38	1.58	82.45	75.29	82.28	1.18	85.00	79.04
	TBY2 (%)	80.04	0.93	82.79	78.87	84.28	0.64	85.86	83.13

Çizelge 4.3'i incelendiğinde hem uzman sistem öncesi hem de uzman sistem sonrasında önerilen NSGA-II 'nin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Önerilen NSGA-II' nin ortalama sonuçları diğer yöntemlerin en iyi sonuçlarından bile daha başarılı çıkmıştır. GA yöntemi ise diğer tüm yöntemlerin gerisinde kalmıştır. Standart sapmaları incelendiğinde ise uzman sistem öncesi önerilen NSGA-II, PESA-II ve temel NSGA-II yöntemlerinde yüksek değerler görülürken, uzman sistem ile birlikte bu standart sapmalarda ciddi düşüş gerçekleşmiştir. Bu da uzman sistemin önerilen NSGA-II, PESA-II ve temel NSGA-II yöntemlerindeki değerlerde daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varılmaktadır. GA ve önerilen NSGA-II yöntemleri incelendiğinde uzman sistem sonrası tercihlerin başarılarında artış olduğu gözlenmiştir. DE ve SS yöntemlerinde ise uzman sistem sonrasındaki tercih başarılarında düşüş yaşanmıştır. 2500 iterasyon sonucunda algoritmalar arasındaki farklar 1000 iterasyona göre daha çok artmıştır. Burada önerilen NSGA-II 2500 iterasyon boyunca sürekli kendini

geliştirmekte olduğu, DE algoritması ise belli bir süre sonra durgunluğa uğradığı görülmektedir.

Bir diğer dağıtım kriteri, 2500 iterasyon sonucunda en iyi çalışma sonucundaki parsel sayıları ve ortalama parsel büyüklükleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Parsel büyüklükleri 1.derece alanı olarak verilmiştir. Burada tek amaçlı optimizasyon algoritmalarının sonuçları, temel NSGA-II, PESA-II, önerilen NSGA-II ve Geleneksel yöntem olarak sunulan teknisyenin yaptığı dağıtım sonuçları karşılaştırılmıştır. Geleneksel yöntem olarak sunulan yöntem teknisyen tarafından gerçekleştirilen sonuçlardır. Bu sonuçlar İnceyol’un tezinden alınmıştır (İnceyol, 2014). Parsel sayısı ile ortalama parsel büyüklüğü birbiriyle bağlantılıdır. Bu nedenle parsel sayısında başarılı olan bir yöntem aynı zamanda ortalama parsel büyüklüğünde de başarılı olmaktadır. Dağıtım işlemi sonucunda parsel sayısında azalma ve ortalama parsel büyüklüğünde artış beklenmektedir.

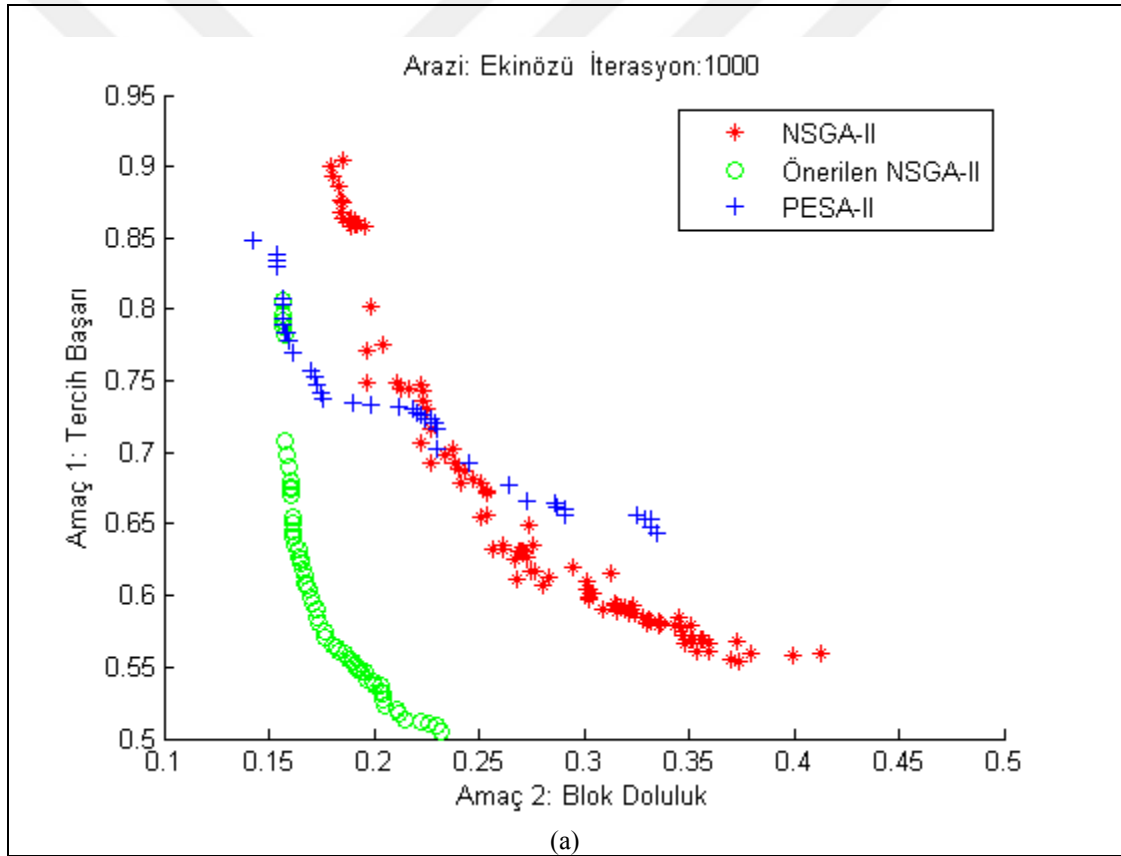
Çizelge 4.4. Ekinözü parsel alan durum sonuçları

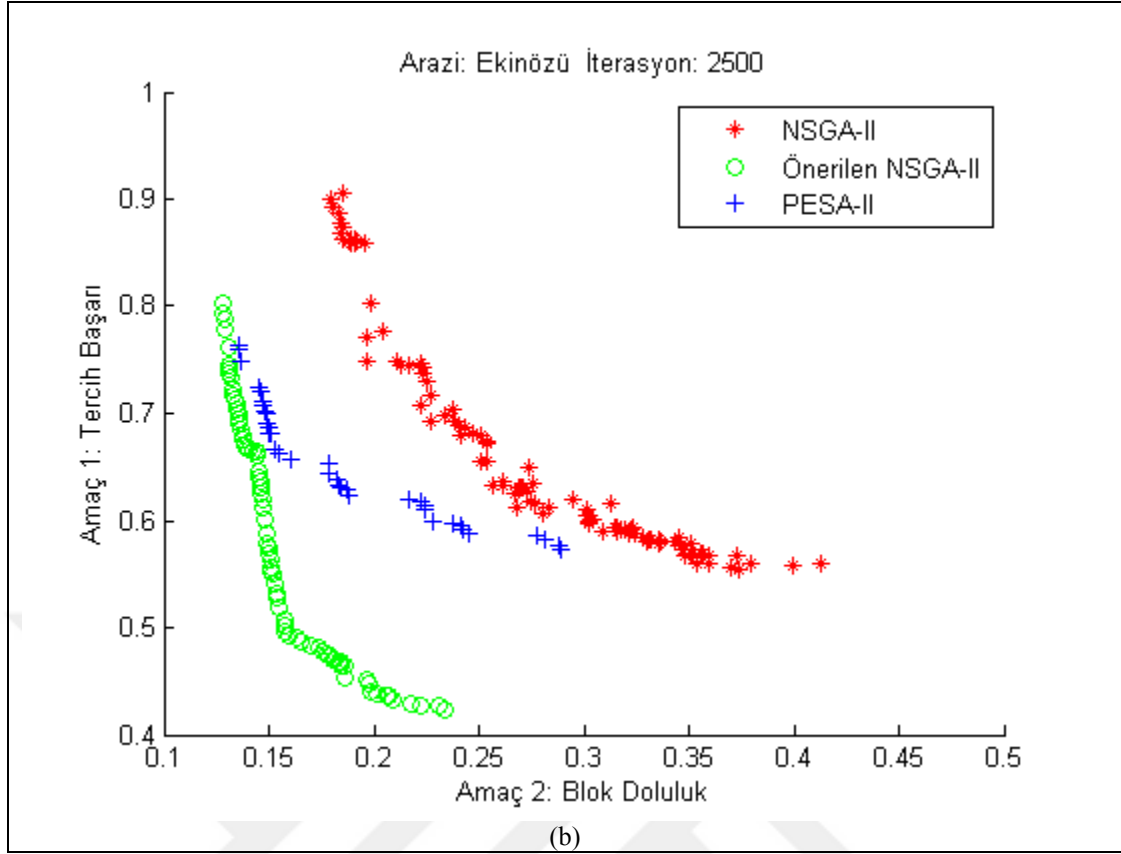
	Parsel Sayısı	Parsel Sayısı Azalma Oranı(%)	Ortalama Parsel Büyüklüğü	Parsel Büyüklüğü Artma Oranı(%)
Kadastro Durumu	1130	-	20915.19	-
Geleneksel Yöntem	509	54.95	46432.54	122.00
GA	534	44.81	44258.75	111.61
DE	517	46.09	45714.07	118.56
SS	483	57.25	48932.03	133.95
NSGA - II	507	55.13	46615.72	122.87
PESA - II	503	55.48	46986.42	124.65
Önerilen NSGA - II	490	56.63	48233.00	130.61

Çizelge 4.4 incelendiğinde SS algoritması parsel sayısını 1130’dan 483’e düşürerek diğer yöntemlere göre başarılı çıkmıştır. Önerilen NSGA-II algoritması ise 490 parsel düşürerek ikinci başarılı algoritma olarak yer almaktadır. Diğer yöntemler ise önerilen yönteme göre daha kötü sonuçlar verdikleri görülmektedir. Önerilen NSGA-II algoritması dağıtım sonrasında parsel sayısında %56 kadar azalma görülmüştür. Başarılı olan SS algoritmasının parsel sayısında ise %57 azalma olmuştur. Ortalama parsel büyüklüklerine bakıldığında ise SS ve önerilen NSGA-II algoritmaları birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Çok az bir farklı SS algoritması başarılı olmuştur. Diğer GA ve DE algoritmaları teknisyenin yaptığı sonuçları geçememişlerdir. Geleneksel

yöntem, GA ve DE yöntemlerine göre yaklaşık %10 farkla daha büyük ortalama parsel büyüklüğü elde etmiştir.

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 incelendiğinde önerilen NSGA-II yöntemi, temel NSGA-II ve PESA-II yöntemlerine göre ortalama parsel büyüklüğü, parsel sayısı ve tercih başarıları bakımından daha performanslı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu da çeşitlendirme yöntemleri üzerinde geliştirilen hibrit yapının başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır. PESA-II yöntemi de ortalama parsel büyüklüğü bakımından Temel NSGA-II yönteminden daha başarılı olduğu görülmüştür. Tercih başarıları incelendiğinde Temel NSGA-II yöntemi 1000 iterasyon sonucunda uzman sistem öncesi ve sonrası PESA-II algoritmasından daha başarılı olmuştur, fakat 2500 iterasyon sonucunda uzman sistem sonrası PESA-II algoritması Temel NSGA-II algoritmasını geçmiştir.





Şekil 4.6. Ekinözü arazisinde elde edilen bastırılmamış çözümler

Şekil 4.6’de Önerilen NSGA-II, PESA-II ve Temel NSGA-II algoritmalarının bastırılmamış bireyleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.6 incelendiğinde Önerilen NSGA-II algoritması, Temel NSGA-II ve PESA-II algoritmalarına göre daha iyi yakınsama ve daha iyi dağılım ile bastırılmamış çözüm setlerini elde edebildiği kolayca görülmüştür.

Çizelge 4.5’ de işletme başına düşen parsel sayıları karşılaştırılmıştır. Kaç tane işletmeye kaç tane parsel düştüğü verilmiştir. Dağıtım işleminin temelindeki mantık, işletmelerin parsellerin birleştirip toplu olarak bir arada vermektir. Bu nedenle buradaki amaçta işletme sayısına düşen parsel sayısı olabildiğince az olmasıdır. Çizelge 4.5 incelendiğinde, kadastro durumunda en iyi durum olan tek parselde sahip işletme sayısı 195 tanedir ve en kötü durum ise bir tane işletmenin 77 tane parseli olduğu görülmüştür. Teknisyen tarafından yapılan dağıtım çalışması sonucunda ise en iyi durum olan 1 tane parselde sahip işletme sayısı 195’den 291’e çıkmıştır. Aynı zamanda bir işletmenin en fazla parsel sayısı 16’ya düşmüştür.

Çizelge 4.5. Ekinözü yöntem sonrası işletme başına düşen parsel sayısı sonuçları

Parsel Sayısı	Kadastro Durumu		Geleneksel		GA		DE		SS		PESA-II		NSGA-II		Önerilen NSGA-II	
	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%
1	195	47.68	291	71.15	304	74.33	321	78.48	324	79.22	317	77.50	320	78.23	324	79.22
2	40	9.78	81	19.80	68	16.63	51	12.47	52	12.71	57	13.93	49	11.98	47	11.49
3	29	7.09	20	4.89	15	3.67	14	3.42	16	3.91	17	4.15	21	5.13	20	4.89
4	29	7.09	10	2.44	12	2.93	12	2.93	7	1.71	8	1.95	9	2.20	5	1.22
5	20	4.89	3	0.73	4	0.98	5	1.22	6	1.47	2	0.49	4	0.98	9	2.20
6	16	3.91	1	0.24	3	0.73	1	0.24	2	0.49	6	1.47	3	0.73	2	0.49
7	9	2.20	0	0.00	1	0.24	1	0.24	0	0.00	1	0.24	2	0.49	0	0.00
8	12	2.93	1	0.24	0	0.00	1	0.24	1	0.24	0	0.00	0	0.00	1	0.24
9	13	3.18	1	0.24	1	0.24	2	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	6	1.47	0	0.00	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
11	12	2.93	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.24	1	0.24	1	0.24	1	0.24
12	4	0.98	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
13	4	0.98	0	0.00	0	0.00	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
14	3	0.73	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15	2	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
16	1	0.24	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
17	3	0.73	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
18	2	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
19	2	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
20	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
24	2	0.49	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
27	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
28	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
34	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
77	1	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Top	409	100	409	100	409	100	409	100	409	100	409	100	409	100	409	100

Çizelge 4.5’da göre tek parsel sahip işletme sayılarına bakıldığında SS ve önerilen NSGA-II algoritmaları 324 olarak en başarılı değeri elde etmişlerdir. Hemen arkasına DE algoritması 321 işletme sayısı ile ikinci başarılı yöntem olmuştur. GA yöntemi optimizasyon yöntemleri arasında en kötü sonucu verse de Geleneksel yöntemden daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmüştür. SS ve önerilen NSGA-II her iki yöntem içinde en fazla parsel sayısı 11’dir. GA yöntemi tek parsel sahip işletme sayısında kötü sonuçlar, en fazla parsel sayısı 10 olarak diğer optimizasyon yöntemlerine göre daha başarılı sonuç elde etmiştir. DE algoritması ise en fazla parsel sayısı 13 olarak diğer optimizasyon yöntemlerine göre en kötü değere sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6 ‘de hisseli parsel sayılarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Kaç tane parselin kaç tane hissedarı olduğu bilgisi verilmektedir. Sadece bir tane hissedarı olan parsel sayısı kadastro durumunda 872 iken önerilen NSGA-II’de 473 görülmektedir.

Buradan kadastronun daha iyi sonucuna varılmaz. Bu sayısal değerdeki fark dağıtım sonrasında parsellerin birleştirilerek parsel sayısındaki azalmadan dolayıdır. Bunun için toplam parsel sayısından tek hissedara sahip parsel sayıları çıkarılarak hisseli parsel sayısı bulunur.

Çizelge 4.6. Ekinözü arazisinin yöntem sonrası hisseli parsel durumu

PARSELDEKİ HİSSE SAYISI	Kadastro	Geleneksel	GA	DE	SS	PESA-II	NSGA-II	Önerilen NSGA II
1	872	476	524	502	467	491	491	473
2	154	14	4	6	7	4	8	8
3	62	4	2	3	3	2	3	2
4	12	5	1	3	1	2	1	2
5	6	4	0	0	1	0	1	1
6	8	1	0	0	0	0	0	0
7	2	1	0	0	0	0	0	0
8	10	3	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	1	1	3	1	2	3
13	0	0	1	1	0	1	0	0
14	0	1	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	1	1	1	1	0	1
57	1	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	1130	509	534	517	483	503	507	490
Hisseli Parsel Sayısı	258	33	10	15	16	12	16	17

Çizelge 4.6 incelendiğinde yöntem sonralarında toplam hisse sayılarında ciddi düşüşler yaşanmıştır. 258 olan hisse sayısı 10-20 arasına düşürülmüştür. GA yönteminde hisseli parsel sayısı 10 olarak en başarılı yöntem olmuştur. İkinci başarılı yöntem ise hisseli parsel sayısı 12 olarak PESA-II gelmiştir. DE, SS, NSGA-II ve önerilen NSGA-II yöntemleri ise 15-17 arasında değerler ile kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Fakat geleneksel yöntem 33 hisseli parsel sayısı ile diğer yöntemlere göre geride kalmıştır.

Ekinözü köyü üzerinde yöntemler genel olarak değerlendirildiğinde tercih oranı olarak önerilen NSGA-II yöntemi başarılı olmuştur. Parsel sayısı bakımından, SS algoritması başarılı olsa da önerilen NSGA-II yöntemi SS yöntemine çok yakın değer elde etmiştir. Ayrıca Optimizasyon algoritmaları geleneksel yöntemden çok daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

4.6.2. Üçhüyük

Üçhüyük çalışma alanı, parsel sayısı, blok sayısı, toplam arazi alanı bakımından tezde kullanılan diğer çalışma alanlarına göre orta düzey bir alandır.

Çizelge 4.7’da birey sayısı 100 ve iterasyon sayıları 1000 ve 2500 değerinde 30 kere çalıştırıldıktan sonraki tercih sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlarda tercihler yöntem öncesi (TBY1) ve yöntem sonrası (TBY2) başarı yüzdeleri olarak ayrı ayrı verilmiştir. 30 çalıştırma sonucundaki ortalama, standart sapma, en iyi ve en kötü değerler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.7. Üçhüyük tercih sonuçları

		1000				2500			
		Ortalama	Std. Sapma	En İyi	En Kötü	Ortalama	Std. Sapma	En İyi	En Kötü
GA	TBY1 (%)	71.85	1.38	75.00	68.91	74.89	1.66	77.56	72.12
	TBY2 (%)	73.38	1.98	76.60	67.63	75.88	1.73	79.17	74.36
DE	TBY1 (%)	91.35	0.78	92.63	90.71	91.40	0.88	92.95	90.06
	TBY2 (%)	89.48	1.17	89.74	86.86	89.70	1.28	90.71	88.14
SS	TBY1 (%)	86.99	1.57	90.06	83.33	88.72	1.27	90.06	84.62
	TBY2 (%)	85.01	2.03	89.1	81.73	86.73	1.47	89.1	83.33
NSGA II	TBY1 (%)	85.19	1.94	88.14	81.41	87.55	2.04	89.74	80.12
	TBY2 (%)	86.49	1.21	89.10	84.29	89.85	0.86	91.66	88.14
PESA II	TBY1 (%)	87.09	2.10	90.38	83.01	89.41	2.12	93.26	84.29
	TBY2 (%)	89.20	1.26	90.70	86.21	92.53	1.11	94.55	90.70
Önerilen NSGA II	TBY1 (%)	91	1.77	93.58	86.21	93.03	2.2	95.83	87.17
	TBY2 (%)	93.5	1.18	95.51	90.06	96.62	0.76	98.39	94.87

Çizelge 4.7 incelendiğinde hem uzman sistem öncesi hem de uzman sistem sonrasında önerilen NSGA-II ‘nin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Önerilen NSGA-II’nin ortalama sonuçları diğer yöntemlerin en iyi sonuçlarından bile daha başarılı çıkmıştır. GA yöntemi ise diğer tüm yöntemlerin gerisinde kalmıştır. GA, temel NSGA-II, PESA-II ve önerilen NSGA-II yöntemleri incelendiğinde uzman sistem sonrası tercihlerin başarılarında artış olduğu gözlenmiştir. DE ve SS yöntemlerinde ise uzman sistem sonrasındaki tercih başarılarında düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebi, bloklardaki doluluk kriterine daha çok önem vererek uzman sistemin hareket alanını kısıtlamaktadır. Çok amaçlı optimizasyon algoritmasında k_2 değerinin küçük belirlenmesindeki temel sebep blok dengeleme performansını artırmaktır. 2500 iterasyon sonucunda algoritmalar arasındaki farklar 1000 iterasyona göre daha çok artmıştır. Burada önerilen NSGA-II 2500 iterasyon boyunca sürekli kendini geliştirmekte olduğu, DE algoritması ise belli bir süre sonra durgunluğa uğradığı görülmektedir. Standart sapmaları incelendiğinde ise uzman sistem öncesi en yüksek

standart sapmaya sahip olan PESA-II algoritması uzman sistem sonrası bu değerde büyük bir düşüş gözlenmiştir. Temel NSGA-II algoritmasında uzman sistem sonrası 1000 iterasyon da standart sapması önerilen yönteme göre başarılı iken 2500 iterasyon sonrasında standart sapması artarak önerilen yöntem göre başarısız olmuştur. Önerilen yöntemde 2500 iterasyon sonucunda uzman sistem öncesi 2.2 olan standart sapma uzman sistem sonrası 0.76 olarak en kararlı yapıya dönüşmüştür. Uzman sistem öncesi SS algoritmasındaki standart sapma 1.57 iken uzman sistem sonrası 2.03 olarak standart sapma yükselmiştir. Önerilen NSGA-II, PESA-II ve temel NSGA-II yöntemleri hariç diğer tüm yöntemlerde uzman sistem sonrası standart sapmada artışlar görülmüştür.

Bir diğer dağıtım kriteri olan parsel sayıları ve ortalama parsel büyüklükleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Parsel büyüklükleri 1.derece alanı olarak verilmiştir. Burada tek amaçlı optimizasyon algoritmalarının sonuçları, PESA-II, önerilen NSGA-II yöntemin sonuçları, geleneksel yöntem olarak sunulan teknisyenin yaptığı dağıtım sonuçları ve temel NSGA-II yönteminin sonuçları karşılaştırılmıştır. Geleneksel yöntem olarak sunulan yöntem teknisyen tarafından gerçekleştirilen sonuçlardır. Bu sonuçlar İnceyol’un tezinden alınmıştır (İnceyol, 2014). Parsel sayısı ile ortalama parsel büyüklüğü birbiriyle bağlantılıdır. Bu nedenle parsel sayısında başarılı olan bir yöntem aynı zamanda ortalama parsel büyüklüğünde de başarılı olmaktadır. Dağıtım işlemi sonucunda parsel sayısında azalma ve ortalama parsel büyüklüğünde artış beklenmektedir.

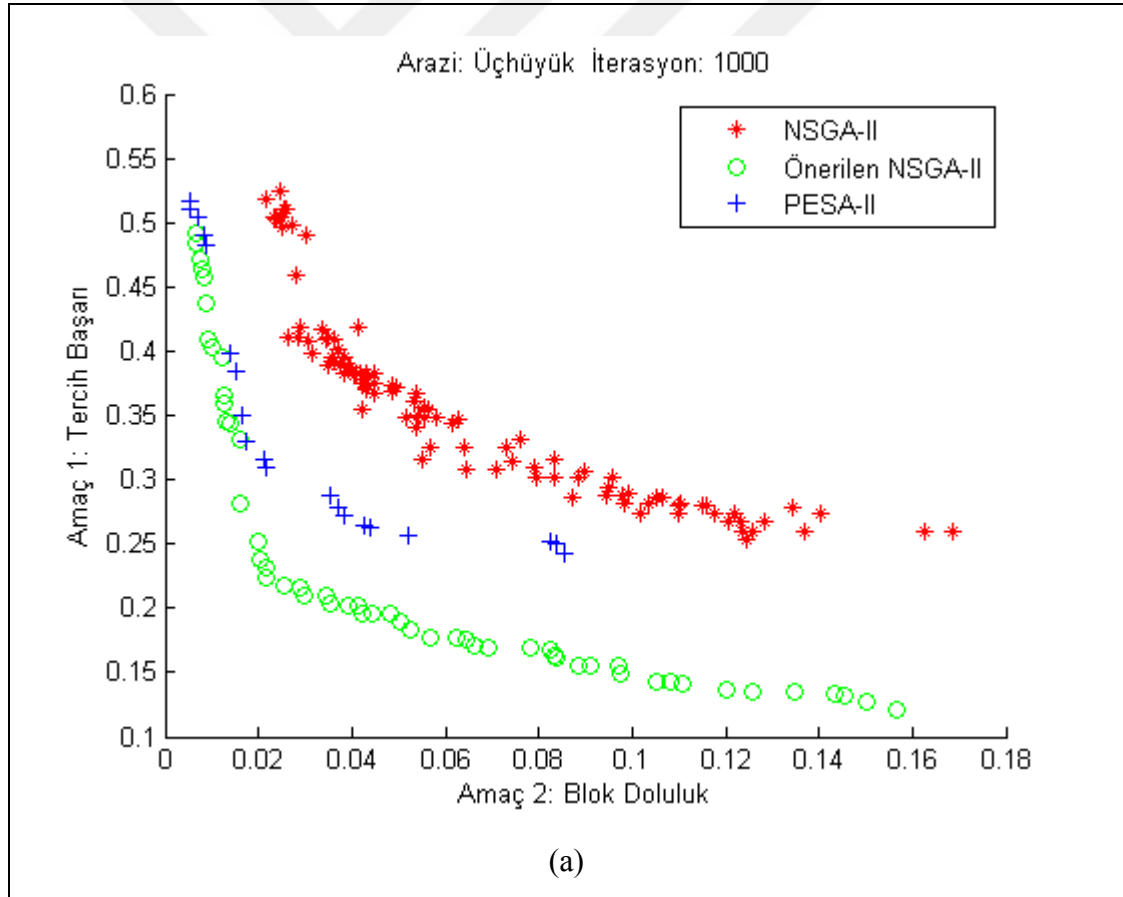
Çizelge 4.8. Üçhüyük parsel alan durum sonuçları

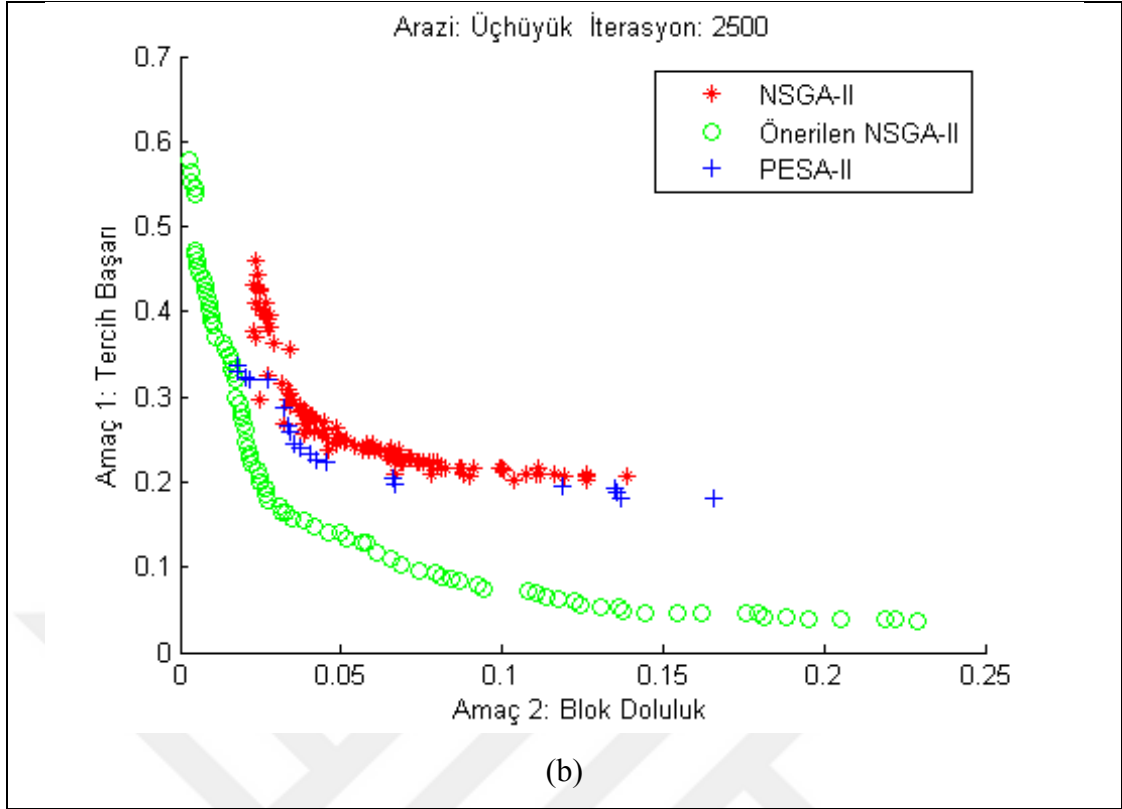
	Parsel Sayısı	Parsel Sayısı Azalma Oranı(%)	Ortalama Parsel Büyüklüğü	Parsel Büyüklüğü Artma Oranı(%)
Kadastro Durumu	265	-	25698.68	-
Geleneksel Yöntem	243	8.3	28025.31	9.05
GA	255	4 3.77	26706.47	3.92
DE	236	10.94	28856.57	12.28
SS	236	10.94	28856.57	12.28
NSGA II	234	11.69	29103.20	13.24
PESA II	229	13.58	29738.64	15.72
Önerilen NSGA II	226	14.71	30133.40	17.25

Çizelge 4.8 incelendiğinde önerilen NSGA-II algoritmasının parsel sayısı 265’den 226’ya düşürerek diğer yöntemlere göre başarılı çıkmıştır. PESA-II algoritması ise 229 parsel düşürerek ikinci başarılı algoritma olmuştur. Ardından sırayla 234 parsel ile NSGA-II, 236 parsel ile SS ve DE algoritmaları gelmektedir. Geriye kalan GA ve

geleneksel yöntem ise daha kötü sonuçlar verdikleri görülmektedir. Başarılı olan önerilen NSGA-II algoritması dağıtım sonrasında parsel sayısında yaklaşık %14 kadar azalma görülmüştür. İkinci sırada olan PESA-II yöntemi parsel sayısında ise %13.58 azalma olmuştur. Ortalama parsel büyüklüklerine bakıldığında ise yine önerilen NSGA-II algoritması 25698 m^2 'den 30133 m^2 'ye çıkararak diğer yöntemlerden çok daha iyi sonuç elde etmiştir. PESA -II yöntemi 29738 m^2 ile ikinci en büyük ortalama parsel büyüklüğü elde eden algoritmadır. Ardından sırayla 29103 m^2 ile NSGA-II, 28856 m^2 ile SS ve DE algoritmaları gelmektedir. GA algoritması, geleneksel yöntemde dahil tüm yöntemlerin gerisinde kalmıştır. Geleneksel yöntem, GA yönteminden yaklaşık %5 farkla daha büyük ortalama parsel büyüklüğü elde etmiştir.

Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'deki Üçhüyük arazisine ait sonuçlar incelendiğinde önerilen yöntemin, temel NSGA-II ve PESA-II yöntemlerine göre hem tercih hem de parsel büyüklüğü bakımından çok daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmektedir.





Şekil 4.7. Üçhüyük Arazisinde elde edilen bastırılmamış çözümler

Şekil 4.7’de Önerilen NSGA-II, PESA-II ve Temel NSGA-II algoritmalarının bastırılmamış bireyleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.7 incelendiğinde Önerilen NSGA-II algoritması, Temel NSGA-II ve PESA-II algoritmalarına göre daha iyi yakınsama ve daha iyi dağılım ile bastırılmamış çözüm setlerini elde edebildiği görülmüştür. PESA-II algoritması ise Temel NSGA-II algoritmasına göre daha iyi yakınsama sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.9’ de işletme başına düşen parsel sayıları karşılaştırılmıştır. Kaç tane işletmeye kaç tane parsel düştüğü verilmiştir. Dağıtım işleminin temelindeki mantık, işletmelerin parsellerin birleştirip toplu olarak bir arada vermektir. Bu nedenle buradaki amaçta işletme sayısına düşen parsel sayısı olabildiğince az olmasıdır. Çizelge 4.9 incelendiğinde, kadastro durumunda en iyi durum olan tek parselde sahip işletme sayısı 202 tanedir ve en kötü durum ise bir tane işletmenin 9 tane parseli olduğu görülmüştür. Teknisyen tarafından yapılan dağıtım çalışması sonucunda ise en iyi durum olan 1 tane parselde sahip işletme sayısı 202’den 249’a çıkmıştır. Aynı zamanda bir işletmenin en fazla parsel sayısı 9’dan 4’e düşmüştür.

Çizelge 4.9. Üçhüyük arazisinin yöntem sonrası işletme başına düşen parsel sayısı sonuçları

Parsel Sayısı	Kadastro Durumu		Geleneksel		GA		DE		SS		PESA-II		NSGA-II		Önerilen NSGA-II	
	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%	İS	%
1	202	73.45	249	90.55	244	88.73	254	92.36	251	91.20	249	90.87	250	91.24	253	92.30
2	40	14.55	19	6.91	28	10.18	19	6.91	22	8.00	25	9.12	23	8.39	20	7.30
3	17	6.18	6	2.18	3	1.09	2	0.73	2	0.73	0	0.00	1	0.36	1	0.36
4	8	2.91	1	0.36	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5	5	1.82	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	2	0.73	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
7	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9	1	0.36	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Top.	275	100	275	100	275	100	275	100	275	100	274	100	274	100	274	100

Çizelge 4.9'a göre tek parselde sahip işletme sayılarına bakıldığında önerilen DE algoritması 254 işletme sayısı ile en başarılı sonucu elde etmiştir. Hemen arkasına önerilen NSGA-II algoritması 253 işletme sayısı ile ikinci başarılı yöntem olmuştur. GA yöntemi tüm yöntemler arasında en kötü sonucu verdiği görülmüştür. SS, DE, GA, NSGA-II ve önerilen NSGA-II yöntemleri içinde en fazla parsel sayısı 3'dür. Fakat 3 tane parselde sahip işletme sayılarına bakıldığında önerilen NSGA-II algoritmasının 1 tane işletmesi vardır. Buda bu yöntemin en kötü durumunun da diğer yöntemlerin kötü durumlarından daha iyi olduğu görülmüştür. GA algoritması ise en fazla parsel sayısı 3 olan 3 tane işletme olduğundan dolayı diğer optimizasyon yöntemlerine göre en kötü değere sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10'da hisseli parsel sayılarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Kaç tane parselin kaç tane hissedarı olduğu bilgisi verilmektedir. Dağıtım işleminde parseller üzerinde hisseli parsellerin az olması beklenir. Bunun sebebi, parsel üzerinde bir işlem yapılacağı zaman tüm hissedarlarının onayı olması gerekir. Bu nedenle işletmeler istedikleri gibi parsellerini kullanamazlar (Haklı, 2017). Çizelge 4.10'da sadece bir tane hissedarı olan parsel sayısı kadastro durumunda 201 iken önerilen NSGA-II'de 192 görülmektedir. Buradan kadastronun daha iyi sonucuna varılmaz. Bu sayısal değerdeki fark dağıtım sonrasında parsellerin birleştirilerek parsel sayısındaki azalmadan dolayıdır. Bunun için toplam parsel sayısından tek hissedara sahip parsel sayıları çıkarılarak hisseli parsel sayısı bulunur. Bu hisseli parsel sayılarına göre değerlendirme yapılmaktadır.

Çizelge 4.10. Üçhüyük arazisinin yöntem sonrası hisseli parsel durumu

Parseldeki Hisse Sayısı	Kadastro	Geleneksel	GA	DE	SS	PESA-II	NSGA-II	Önerilen NSGA II
1	201	220	228	203	204	196	200	192
2	34	8	15	21	18	18	23	19
3	14	4	3	2	4	5	3	4
4	6	6	7	5	6	6	3	7
5	2	1	0	3	1	1	2	1
6	3	0	1	0	1	0	0	0
7	1	2	0	1	0	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	1	2
10	1	1	1	0	1	2	0	0
11	1	0	0	1	0	0	1	0
13	1	1	0	0	0	0	0	0
Toplam	265	243	255	236	236	229	235	226
Hisseli Parsel Sayısı	64	23	27	33	32	33	35	34

Çizelge 4.10 incelendiğinde yöntem sonralarında toplam hisse sayılarında yarı yarıya düşüşler yaşanmıştır. 64 olan hisse sayısı 23-35 arasına düşürülmüştür. Geleneksel yöntem 64 hisseli parseli 23'e düşürerek diğer yöntemlere göre çok başarılı olmuştur. Geleneksel yöntemde 13 tane hisseye sahip parsel bulunmaktadır, GA, SS ve PESA-II yöntemlerinde en fazla 10 tane hissedarı bulunan parsel, DE ve NSGA-II'de en fazla 11 tane ve önerilen NSGA-II 'de de en fazla 9 tane hissedarı bulunan parsel bulunmaktadır.

Üçhüyük köyü üzerinde yöntemler genel olarak değerlendirildiğinde hem tercih oranı olarak hem de parsel sayısı bakımından önerilen NSGA-II yöntemi başarılı olmuştur. Tercih başarı oranı 1000 iterasyon sonucunda DE yöntemi başarılı iken 2500 iterasyon sonucunda önerilen NSGA-II yöntemi başarılı olmuştur. Ayrıca Optimizasyon algoritmaları da genel olarak geleneksel yöntemden çok daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

4.6.3. Alanözü

Alanözü çalışma alanı, toplam arazi alanı bakımından tezde kullanılan diğer çalışma alanlarına göre en küçük düzeyde bir alandır. Alan olarak küçük bir köy olsa da parsel sayısı bakımından Üçhüyük köyüne göre fazladır. Bu çalışmadaki verilerde parsel birleştirme işlemi yapılmamaktadır. Çünkü mülakat listesi eksikliğinden dolayı çalışmada kullanılacak tercih listesi AT sonrası yerleştirildikleri parseller olarak düşünülmüştür.

Çizelge 4.11'da birey sayısı 100 ve iterasyon sayıları 1000 ve 2500 değerinde 30 kere çalıştırıldıktan sonraki tercih sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlarda tercihler Yöntem Öncesi (TBY1) ve Yöntem Sonrası (TBY2) başarı yüzdeleri olarak ayrı ayrı

verilmiştir. 30 çalıştırma sonucundaki ortalama, standart sapma, en iyi ve en kötü değerler karşılaştırılmıştır. 1000 iterasyon sonuçları Haklının tezinde yer alan GA, DE ve SS algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Fakat 2500 iterasyon çalışma sonucu Haklı'nın tezinde yer almadığı için karşılaştırma yapılmamıştır.

Çizelge 4.11. Alanözü tercih sonuçları

		Ortalama	Std. Sapma	En İyi	En Kötü
GA	TBY1 (%)	90.92	0.51	90.99	90.99
	TBY2 (%)	90.13	0.8	90.99	89.49
DE	TBY1 (%)	94.15	0.75	94.59	94.59
	TBY2 (%)	92.58	0.8	92.49	92.79
SS	TBY1 (%)	91.79	0.89	93.99	91.29
	TBY2 (%)	90.93	0.79	92.79	91.29
NSGA II	TBY1 (%)	96.4	1.27	98.49	93.09
	TBY2 (%)	99.28	0.14	99.39	99.09
PESA II	TBY1 (%)	96.4	0.99	97.9	94.59
	TBY2 (%)	98.96	0.37	99.69	97.9
Önerilen NSGA II	TBY1 (%)	95.96	1.22	97.89	92.79
	TBY2 (%)	98.93	0.18	99.39	98.49

Çizelge 4.11 incelendiğinde uzman sistem öncesinde PESA-II ve NSGA-II yöntemleri en başarılı sonuçları elde ettiği görülmüştür. İkinci performanslı yöntem ise 95.96 başarıyla önerilen NSGA-II yöntem olmuştur. Uzman sistem sonrasında NSGA-II'nin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Çok amaçlı algoritmalarının en kötü sonuçları, tek amaçlı algoritmaların en iyi sonuçlarından bile çok daha başarılı olduğu görülmüştür. Çok amaçlı algoritmalar da uzman sistem sonrası tercih başarı değeri 99'u bulmuştur. GA yöntemi tüm yöntemlerin en gerisinde kalmıştır. Çok amaçlı algoritmalarda uzman sistemi sonrası tercih başarılarında artışlar olduğu gözlenmiştir. Diğer tüm yöntemler uzman sistem sonrası tercihlerin başarılarında ise azalma olduğu gözlenmiştir.

Standart sapmalar incelendiğinde ise uzman sistem öncesi en yüksek standart sapmaya sahip olan NSGA-II algoritması uzman sistem sonrası bu değer en başarılı sonuçlar arasına girmektedir. 1000 iterasyon sonucunda önerilen NSGA-II yöntemi uzman sistem öncesi 1.22 olan standart sapma uzman sistem sonrası 0.18 olarak daha kararlı hale dönüşmüştür. Uzman sistem öncesi GA algoritmasındaki standart sapma 0.51 iken uzman sistem sonrası 0.8 olarak standart sapma yükselmiştir. Uzman sistem bazı bireyler için tercih deki kaliteyi mümkün olduğunca korurken, bazı bireyler için ise tercihlere yerleştirilen parselleri bozmak zorunda kalmıştır. Bu da sapmalardaki artışa sebep olmuştur. Tek amaçlı optimizasyon yöntemlerinde uzman sistem sonrası standart sapmada artışlar görülmüştür. Uzman sistem öncesi en düşük standart sapması GA iken uzman sistem sonrası en kötü standart sapmaya sahip yine GA algoritması olmuştur.

Alanözü köyündeki tercih veriler, tamamlanmış AT çalışması sonucundaki parsellerin tercih verileri olarak alınmıştır. Tercih başarısının yüksek olmasının sebebi budur. Alanözü köyü üzerinde yöntemler genel olarak değerlendirildiğinde sadece tercih olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmeye bakıldığında çok amaçlı yöntemlerin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Çok amaçlı yöntemlerden NSGA-II yöntemi en başarılı olanıdır. Uzman sistem sonrası tercih başarıları yaklaşık 99 ‘a ulaşmıştır. Çok amaçlı yöntemler %95 ve üstü başarı göstererek tek amaçlı yöntemleri geçmişlerdir.



5. SONUÇ

AT çalışmanın adımlarından olan Dağıtım problemi çok amaçlı bir problemidir. Parsellerin tercihlerine yerleştirilmesi sağlanırken aynı zamanda bloklardaki taşmaların minimum seviyede tutulması amaçlanmaktadır. Parsellerin hepsini tercihlerine yerleştirilirse bloklarda büyük taşmalar meydana gelebilir, ya da taşmaları minimum tutulması çalışırken bu seferde parseller tercih dışındaki bloklara yerleştirilebilir. Bu iki amacın dengeli bir şekilde yapılması için modifiye edilmiş NSGA-II algoritması önerilmiştir. Literatürde ilk defa Dağıtım probleminin üzerine çok amaçlı optimizasyon algoritması uygulanmıştır. Aynı zamanda NSGA-II algoritmasının çaprazlama ve mutasyon işlemlerinde diferansiyel evrim algoritmasında kullanılan çeşitlendirme operatörleri ile hibrit bir yapı geliştirilmiştir.

Çalışma alanı olarak Ekinözü, Üçhüyük ve Alanözü olarak 3 köy kullanılmıştır. Bu araziler üzerine temel NSGA-II, PESA-II ve önerilen NSGA-II algoritmaları uygulanmıştır. Uygulanan yöntemlerin sonuçları, Haklı'nın doktora tezinde (Haklı, 2017) yer alan GA, SS, DEA ve teknisyenin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Ekinözü arazisinde, Tercih başarı sonuçlarına göre; önerilen yöntem diğer yöntemlere göre çok daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. 2500 iterasyon sonunda yöntem öncesinde ikinci sırada SS algoritması gelirken yöntem sonrası başarısında PESA-II algoritması ikinci başarılı yöntem olmuştur. Ortalama parsel büyüklük başarısına göre; SS algoritması diğer yöntemlere göre en başarılı algoritma olmuştur, ikinci başarılı yöntem olarak önerilen NSGA-II geldiği görülmüştür. PESA-II yöntem ise 3. başarılı yöntem olmuştur.

Üçhüyük arazisinde, Tercih başarı sonuçlarına göre; önerilen yöntem diğer yöntemlere göre çok daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. İkinci başarılı yöntem PESA-II algoritması olmuştur. Uzman sistem öncesinde üçüncü sırada SS algoritması gelirken uzman sistem sonrası NSGA-II algoritması üçüncü başarılı yöntem olmuştur. Ortalama parsel büyüklük başarısına göre; önerilen yöntem diğer yöntemlere göre en başarılı algoritma olmuştur, arkasından ikinci başarılı yöntem olarak PESA-II yöntemi gelmiştir.

Alanözü arazisinde, sadece tercih başarılarının sonuçları haklı tezindeki yöntemlerle çok amaçlı optimizasyon algoritmaların performans karşılaştırılması yapılmıştır. Tercih başarı sonuçlarına göre; NSGA-II ve PESA-II yöntemleri uzman sistem öncesi %96 başarı ile en başarılı sonucu elde etmişlerdir. Uzman sistem sonrası NSGA-II yöntemi %99 ile diğer yöntemleri geçmiştir.

Dağıtım işlemi teknisyenin yaptığı süreden çok daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda çok amaçlı optimizasyon yöntemleri teknisyenin elde ettiği sonuçlardan daha iyi sonuçlar elde ettiğinden dolayı gerçek hayatta da kullanılabilir.

Gelecekteki çalışmalarda yeni amaç fonksiyonları eklenerek veya farklı çok amaçlı optimizasyon teknikleri ile çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKÇA

- Agarwal, A. ve Nanavati, N., 2016, Association rule mining using hybrid GA-PSO for multi-objective optimisation, *2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*, 1-7.
- Ahmetoğlu, H., 2018, Belge Benzerliği Sonuçlarının Nsga-Ii İle Çok Amaçlı Optimizasyonu, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*.
- Akdeniz, M. ve Temizel, K. E., 2018, Arazi toplulaştırma projelerinde başarının değişik göstergelere göre değerlendirilmesi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33 (2), 149-161.
- Akkaya Aslan , Ş. T. ve Arici, İ., 2003, Bursa Karacabey Projesi Planlama Bilgilerinin ARTOP Arazi Toplulaştırma Bilgi Sistemi İle Analizi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Alikar, N., Mousavi, S. M., Ghazilla, R. A. R., Tavana, M. ve Olugu, E. U., 2017, Application of the NSGA-II algorithm to a multi-period inventory-redundancy allocation problem in a series-parallel system, *Reliability Engineering & System Safety*, 160, 1-10.
- Aslan, S. ve Arici, İ., 2005, GIS-supported land consolidation planning information system: ARTOP, *Bodenkultur-Wien And Munchen-*, 56 (1/4), 103.
- Aslan, S. T. A., Kirmikil, M., Gündoğdu, K. S. ve Arici, İ., 2018, Reallocation model for land consolidation based on landowners' requests, *Land use policy*, 70, 463-470.
- Aslan, T., Gundogdu, K. ve Arici, İ., 2007, Some metric indices for the assessment of land consolidation projects, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (9), 1390-1397.
- Ayranci, Y., 2000, Using the parcel transposition ratio (PYO) in the evaluation of land consolidation projects, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24 (6), 745-749.
- Ayranci, Y., 2007, Re-allocation aspects in land consolidation: a new model and its application, *Journal of Agronomy*, 6 (2), 270.
- Bandyopadhyay, S. ve Bhattacharya, R., 2013, Applying modified NSGA-II for bi-objective supply chain problem, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24 (4), 707-716.
- Banger, G. ve Şişman, A., 2001, Kırsal Alan Düzenlemelerinde Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Uygulanması, *HKMO Dergisi*, 87, 82-98.
- Bhattacharya, R. ve Bandyopadhyay, S., 2010, Solving conflicting bi-objective facility location problem by NSGA II evolutionary algorithm, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51 (1-4), 397-414.
- Blarel, B., Hazell, P., Place, F. ve Quiggin, J., 1992, The economics of farm fragmentation: evidence from Ghana and Rwanda, *The World Bank Economic Review*, 6 (2), 233-254.
- Boyce, R. R. ve Clark, W. A., 1964, The concept of shape in geography, *Geographical Review*, 54 (4), 561-572.
- Boztoprak, T., Demir, O. ve Çoruhlu, Y., 2015, Türkiye’de arazi toplulaştırması üzerine yapılmış akademik çalışmaların analizi, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18 (4), 91-101.
- Cay, T., Ayten, T. ve Iscan, F., 2010, Effects of different land reallocation models on the success of land consolidation projects: Social and economic approaches, *Land use policy*, 27 (2), 262-269.
- Cay, T. ve Iscan, F., 2011, Fuzzy expert system for land reallocation in land consolidation, *Expert Systems with Applications*, 38 (9), 11055-11071.

- Cay, T. ve Uyan, M., 2013, Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP), *Land use policy*, 30 (1), 541-548.
- Chen, J., Lin, Q. ve Ji, Z., 2010, A hybrid immune multiobjective optimization algorithm, *European Journal of Operational Research*, 204 (2), 294-302.
- Corne, D. W., Jerram, N. R., Knowles, J. D. ve Oates, M. J., 2001, PESA-II: Region-based selection in evolutionary multiobjective optimization, *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, 283-290.
- Çalışkan, A. D. Ü. ve Ünal, H. B., 2005, Menemen Ovası Sulama Şebekesinin Arazi Toplulaştırması Öncesi ve Sonrası Durumunun Değerlendirilmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (2), 109-120.
- Çay, T. ve Çevik, H., 2009, Arazi Düzenleme Sonuçlarının Anketlerle Analizi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24 (3), 11-18.
- Deb, K., 1999, Multi-objective genetic algorithms: Problem difficulties and construction of test problems, *Evolutionary computation*, 7 (3), 205-230.
- Deb, K., Agrawal, S., Pratap, A. ve Meyarivan, T., 2000, A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II, *International conference on parallel problem solving from nature*, 849-858.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. ve Meyarivan, T., 2002, A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II, *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 6 (2), 182-197.
- Deb, K., 2014, Multi-objective optimization, In: Search methodologies, Eds: Springer, p. 403-449.
- Demetriou, D., Stillwell, J. ve See, L., 2012, An integrated planning and decision support system (IPDSS) for land consolidation: Theoretical framework and application of the land-redistribution modules, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39 (4), 609-628.
- Demirtaş, E., Sarı, M., Sönmez, N. K. ve Altunbaş, S., 2016, Arazi Toplulaştırmasında Kullanılan Toprak Derecelendirme Çalışmalarına Yeni Bir Yaklaşım, *Derim*, 20 (1), 19-26.
- Dias, A. H. ve De Vasconcelos, J. A., 2002, Multiobjective genetic algorithms applied to solve optimization problems, *IEEE Transactions on Magnetics*, 38 (2), 1133-1136.
- Durduran, S. S., Tuncay, C., Bozdağ, A. ve Okka, C. T., 2018, Konya İli Topraklık Mahallesi Arazi Toplulaştırma Uygulamasının Mekansal Ve İşlevsel Olarak Değerlendirilmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 661-671.
- Ertunç, E., Çay, T. ve Haklı, H., 2018, Modeling of reallocation in land consolidation with a hybrid method, *Land use policy*, 76, 754-761.
- Gao, X., Chen, B., He, X., Qiu, T., Li, J., Wang, C. ve Zhang, L., 2008, Multi-objective optimization for the periodic operation of the naphtha pyrolysis process using a new parallel hybrid algorithm combining NSGA-II with SQP, *Computers & Chemical Engineering*, 32 (11), 2801-2811.
- Ghasemishabankareh, B., Ozlen, M. ve Li, X., 2019, NSGA-II for Solving Multiobjective Integer Minimum Cost Flow Problem with Probabilistic Tree-Based Representation, *International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, 541-552.
- Gonzalez, X., Alvarez, C. ve Crecente, R., 2004, Evaluation of land distributions with joint regard to plot size and shape, *Agricultural Systems*, 82 (1), 31-43.

- Gonzalez, X., Marey, M. ve Alvarez, C., 2007, Evaluation of productive rural land patterns with joint regard to the size, shape and dispersion of plots, *Agricultural Systems*, 92 (1-3), 52-62.
- Gündoğdu, K. S., Akkaya Aslan, Ş. ve Arıcı, İ., 2003, Arazi toplulaştırmasında parsel değer sayılarının coğrafi bilgi sistemi kullanılarak belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (1), 137-148.
- Haklı, H., 2017, Arazi toplulaştırma için optimizasyon tabanlı yeni bir dağıtım ve parselasyon modelinin geliştirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Hammond, R. ve McCullagh, P. S., 1978, Quantitative techniques in geography: an introduction, *OUP Catalogue*.
- He, D., Wang, F. ve Mao, Z., 2008, A hybrid genetic algorithm approach based on differential evolution for economic dispatch with valve-point effect, *International journal of electrical power & energy systems*, 30 (1), 31-38.
- Horn, J. R., Nafpliotis, N. ve Goldberg, D. E., 1994, A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization, *Proceedings of the first IEEE conference on evolutionary computation, IEEE world congress on computational intelligence*, 82-87.
- Igbozurike, M. U., 1974, Land tenure relations, social relations and the analysis of spatial discontinuity, *Area*, 132-136.
- İnceyol, Y., 2014, Arazi Düzenleme Çalışmalarında Genetik Algoritma Uygulaması. Konya, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jemai, J., Zekri, M. ve Mellouli, K., 2012, An NSGA-II algorithm for the green vehicle routing problem, *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*, 37-48.
- Karaman, S. ve Gokalp, Z., 2018, Land Consolidation Practices In Turkey, *Current Trends in Natural Sciences*, 7 (14), 76-80.
- Keskin, G., 2000, Türkiye'de Arazi Toplulaştırmasında Değer Bıçme Uygulamaları, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 5 (1 ve 2), 48-60.
- King, R., 2019, Land reform: a world survey, Routledge, p.
- Kirmikil, M. ve Arıcı, İ., 2014, Effects Of Land Consolidation At Application of Irrigation Projects On Rural Area.
- Konak, A., Coit, D. W. ve Smith, A. E., 2006, Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial, *Reliability Engineering & System Safety*, 91 (9), 992-1007.
- Köken, B. ve Çay, T., Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Derecelendirmenin Dağıtım Etkileri: Çaltı-Konya Örneği, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 243-257.
- Küsek, G., 2014, Land Consolidation Practices in Turkey and Some Results. FIG Congress 2014.
- Martínez, R., Solla, M., Arias, P. ve Armesto, J., 2013, Semi-automatic land consolidation software based on geographic information systems, *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 1-5.
- Mashhadi, H. R., Shanechi, H. M. ve Lucas, C., 2003, A new genetic algorithm with Lamarckian individual learning for generation scheduling, *IEEE Transactions on Power Systems*, 18 (3), 1181-1186.
- McPherson, M. F., 1982, Land fragmentation: a selected literature review, 141, Harvard University, Harvard Institute for International Development, p.
- Mikhailov, L. ve Knowles, J., 2010, Priority elicitation in the AHP by a Pareto envelope-based selection algorithm, In: Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems, Eds: Springer, p. 249-257.

- Neyestani, M., Hesari, S. ve Hatami, M., 2019, Planned production of thermal units for reducing the emissions and costs using the improved NSGA II method, *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, 100397.
- Oğuz, C. ve Bayramoğlu, Z., 2004, Konya İli Çumra İlçesinde Arazi Toplulaştırması Sonrası Farklı Parsel Genişliklerinin Birim Maliyetler Üzerine Etkisi; Küçükköy Örneği, *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 18 (34), 70-75.
- Özsari, Ş., 2018, Arazi Toplulaştırmada Optimizasyon Tabanlı Mülakat, *Selçuk Üniversitesi*.
- Paşakarnis, G. ve Maliene, V., 2010, Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation, *Land use policy*, 27 (2), 545-549.
- Polat, H. E. ve Manavbaşı, İ. D., 2012, Arazi toplulaştırmasının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkisinin belirlenmesi.
- Sağ, T., 2008, Çok kriterli optimizasyon için genetik algoritma yaklaşımları, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Sağ, T. ve Çunkaş, M., 2009, Çok Amaçlı Genetik Algoritmalar İçin Bir Çevrimdışı Performans Değerlendirmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09).
- Schardong, A. ve Simonovic, S., 2011, Water Resources Research Report.
- Schmook Jr, G., 1976, The spontaneous evolution from farming on scattered strips to farming in severalty in Flanders between the sixteenth and twentieth centuries: A quantitative approach to the study of farm fragmentation, *Fields, farms and settlement in Europe*, 107-117.
- Seymen, F. A., 2008, Kadastro-2014 çerçeve projesi hedeflerine yaklaşımda Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından alınacak tedbirler ve yükümlülükler, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Simmons, A. J., 1964, An index of farm structure with a Nottinghamshire example, Department of Geography university of Nottingham, p.
- Singh, D. ve Ingole, S., 2019, Multi-objective facility layout problems using BBO, NSBBO and NSGA-II metaheuristic algorithms, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10 (2), 239-262.
- Suha, S., Ar, C. ve Atakan, S., 2017, The Turkish experience in consolidation of irrigated land: productivity and efficiency implications, *17th World Bank Conference on Land and Poverty, Washington, DC*.
- Şenol, S., 1983, Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Kullanılabilir Niceliksel Yeni Bir Arazi Derecelendirme Yönteminin Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana*.
- Tan, S., Heerink, N. ve Qu, F., 2006, Land fragmentation and its driving forces in China, *Land use policy*, 23 (3), 272-285.
- Temizel, K., Ayrancı, Y. ve Okant, M., 2012, Blok Ve Parsel Yönlendirmesinin Arazi Toplulaştırmasındaki Önemi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 1-5.
- Thierens, D. ve Bosman, P. A., 2001, Multi-objective mixture-based iterated density estimation evolutionary algorithms, *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, 663-670.
- Tulukcu, E. ve Çağla, H., 2005, Çumra Tarımı Ve Arazi Toplulaştırması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 4 (1), 1-19.
- Uyan, M., 2011, Arazi düzenlemesi çalışmalarında mekansal karar destek sistemleri kurulumu ve uygulaması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Uyan, M., Cay, T., Inceyol, Y. ve Hakli, H., 2015, Comparison of designed different land reallocation models in land consolidation: A case study in Konya/Turkey, *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 249-258.
- Uyan, M., 2016, Determination of agricultural soil index using geostatistical analysis and GIS on land consolidation projects: A case study in Konya/Turkey, *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 402-409.
- Van Dijk, T., 2000, Effects of land consolidation in practice analysis of post-war experience in The Netherlands, *Proceedings of 22nd Urban and Regional Data Management SymposiumFSeminar on Land Markets and Land Consolidation in Central Europe, Delft, TU Delft*.
- Vitikainen, A., 2004, An overview of land consolidation in Europe, *nordic Journal of Surveying and real Estate research*, 1 (1).
- Zitzler, E. ve Thiele, L., 1999, Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength Pareto approach, *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 3 (4), 257-271.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Zeynep ORTAÇAY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya - 17/05/1994
Telefon : 0544 786 08 15
E-mail : zortacay@ktun.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Ali Akkanat Anadolu Lisesi, Beyşehir, KONYA	2012
Üniversite	Selçuk Üniversitesi – Bilgisayar Mühendisliği Selçuklu, KONYA	2017
Yüksek Lisans	Konya Teknik Üniversitesi – Bilgisayar Mühendisliği Selçuklu, KONYA	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
Ocak 2018 – Ekim 2018	Haklı Bilişim	Bilgisayar Mühendisi
Şubat 2019 – Aralık 2019	Türkiye Finans Katılım Bankası	Bilgisayar Mühendisi
Aralık 2019 – Devam Ediyor	Konya Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

2017 - Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bölüm 1.si

YAYINLAR

1. Haklı, H., & Ortacay, Z. (2019). An improved scatter search algorithm for the uncapacitated facility location problem. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 855-867.
2. Ortaçay, Z., H. Uğuz, and H. Haklı, *NSGA-II Algorithm For The Reallocation Problem In Land Consolidation*. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2020: p. 412-417.