

Arazi Toplulaştırması Dağıtım İşleminde Tek Amaçlı Genetik Algoritmanın Kullanılması

Hüseyin Eroğlu*, Yasemin Şişman

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Arazi Toplulaştırma
Genetik Algoritma
Optimizasyon

ÖZ

Arazi toplulaştırması projelerinin başarısını doğrudan etkileyen en önemli adım olan blok dağıtımında birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir. Blok dağıtımı karmaşık, uzun zaman alan işlemidir ve büyük ölçüde dağıtım yapan kişinin bilgi ve tecrübesine bağlıdır. Bu sorunlar dağıtım işlemi için yeni yöntemler geliştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu yüzden blok dağıtım için yöneylem araştırma teknikleri, blok öncelikli model, mekânsal karar destek sistemleri, genetik algoritma ve hibrit dağıtım yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada; dağıtım işlemi için önemli bir sorun olan blok dengelemesi ihtiyacını ortadan kaldıran bir dağıtım yöntemi önerilmiştir. Dağıtım, dengeli ulaştırma problemi olarak ele alınmış ve tek amaçlı genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde blok dengelemesi problemine odaklanılmıştır. Bu yüzden dağıtım tek bir amaç fonksiyonuna göre yapılmıştır. Çalışmada Burdur Gölhisar Arazi Toplulaştırma Projesi Evciler köyü verileri kullanılmıştır. Bu yöntemde yapılan uygulama sonuçları ile proje sonuçları karşılaştırılmıştır. Uygulama sonucunda bloklarda eksiklik ya da fazlalık oluşmamıştır ve blok dengelemesi yapılmamıştır. Sonuç olarak genetik algoritma yönteminde toplulaştırma oranı % 27'den % 41'e yükselmiştir.

Using Single-objective Genetic Algorithm for Land Consolidation Distribution Process

Keywords

Land Consolidation
Genetic Algorithm
Optimization

ABSTRACT

Many factors must be considered in block distribution, which is the most important step that directly affects on the success of land consolidation projects. Block distribution is a complex, long time-consuming process and largely depends on the knowledge and experience of the person who do the block distribution. These problems revealed the need to develop new methods for the distribution process. Therefore, operations research techniques, block priority model, spatial decision support systems, genetic algorithm and hybrid distribution methods were tried to be developed for block distribution. In this study; a distribution method that eliminates the need for block balancing, which is a major problem for the distribution process, was proposed. Distribution was considered as a balanced transportation problem and it was performed using a single objective genetic algorithm. In addition, this method focuses on the problem of block balancing. Therefore, the distribution was made according to a single objective function. Evciler village data of Burdur Gölhisar Land Consolidation Project were used in the study. The results of the new application made according to this method and the original project were compared. It is seen that, there was no deficiency or overage in the blocks and no block balancing was made. As a result, the consolidation rate has increased from 27% to 41% using Genetic Algorithm method.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış kıt kaynak olan tarım arazilerinin sürdürülebilir bir şekilde kullanımının önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Yaşanılan iklim değişiklikleri, erozyon, çölleşme vb. etkilere dolayı tarım arazileri üzerindeki baskı giderek artmaktadır (Göçmen Dinçbilek, 2012).

Artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına sınırlı miktardaki tarım arazilerinin daha etkin şekilde kullanılabilmesi için birtakım önlemler alınması gerekir. Arazi toplulaştırması da bu önlemlerden bir tanesidir. Ayrıca arazi toplulaştırması sayesinde parçalanmış, şekilsiz tarım arazileri tarımsal mekanizasyona uygun şekle getirilir. Böylece toplulaştırma sonrası, parsellere ulaşımında ve şekilsiz parselleri işlerken harcanandan daha az yakıt harcanacak buna bağlı olarak karbon salınımı azaltılarak doğaya daha az zarar verilecektir (Polat & Manavbaşı, 2012).

Arazi toplulaştırması birden fazla amacın birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık, uzun zaman alan süreçtir. Blok dağıtımı arazi toplulaştırmasının en hassas aşamasıdır. İyi yapılmış bir blok dağıtımı arazi toplulaştırma projesinin uygulanmasını kolaylaştıracak ve arazi toplulaştırma projelerinin getirilerinden maksimum şekilde faydalanılmasını sağlayacaktır. Kötü yapılmış bir blok dağıtımı ise arazi sahiplerinin projeyi kabullenmesini zorlaştıracak gibi toplulaştırmanın kadastro yenilemesinden ileri gidememesine neden olacaktır.

Blok dağıtımı ülkemizde arazi sahiplerinden alınan tercihler doğrultusunda yapılmaktadır. Arazi sahiplerinden üç tercih alınmakta ve tüm arazi sahipleri ilk olarak birinci tercihlerine yerleştirilmeye çalışılmaktadır. Böylece birinci tercihlerine yerleştirilemeyen arazi sahipleri ikinci ve üçüncü tercihlerine yerleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu işlemde karar vericinin rolü çok büyüktür, karar verici yeterince deneyim sahibi değilse dağıtımda istenilen başarı yakalanamaz. Bunun yanında ulaşım mesafelerinin azaltılması, toplulaştırma oranının mümkün olduğunca yüksek olması gibi faktörler de göz önüne alınmalıdır. Blok dağıtımının bir diğer zorluğu ise bloklarda dağıtımdan sonra fazlalık ya da eksikliklerin kalmasıdır.

Blok dağıtımında karar vericinin etkisini ortadan kaldırıp, zamanı kısaltmak ve arazi toplulaştırmasının amaçlarına daha uygun dağıtımı gerçekleştirmek için bilimsel bir metotla dağıtım yapmak gerekmektedir. Bu konuda (Şişman, 2017) tarafından yapılan çalışmada arazi toplulaştırmada dağıtım işleminin ulaştırma problemi olarak ele alınıp yöneylem araştırma teknikleri ile dağıtım probleminin çözümü aranmıştır. (Ayrancı, 2007) çalışmasında önerilen modelde de dağıtım ulaştırma modeli olarak ele alınmış ve maliyet katsayısı hesaplanırken ulaştırma katsayısı, arazi sahiplerinin tercihleri, parsellerin alanları oranı göz önüne alınmıştır. Modelin çiftçi tercihlerini yerine

getirmedeki başarısı test edilmiş ve gerçek dağıtıma göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Mekânsal karar destek sistemleri ve blok öncelikli model kullanarak yapılan (Uyan, 2011) çalışmada ise modelin sonuçları mülakat esaslı model ve blok öncelikli modelle karşılaştırılmıştır. Toplulaştırma oranı bakımından en başarılı model mekânsal karar destek sistemleri ile yapılan olduğu görülmüştür.

Esnek yapısı ve büyük arama uzayında hızlı sonuca ulaşması bakımından genetik algoritmada arazi toplulaştırmasında sıkça kullanılmaya başlanmıştır. (Akkus, M. A., Karagoz, O., ve Dulger, O. 2012) tarafından yapılan çalışmada arazi toplulaştırması dağıtım işlemi genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu modelde işletmeler en büyük parsellerinin olduğu bloğa ve sabit tesisler buldukları bloğa atanarak başlangıç çözümü elde edilir. Başlangıç çözümü genetik algoritma kullanılarak iyileştirilir burada amaç fonksiyonu bloklardaki fazlalık ve eksiklikleri minimum yapmaya yöneliktir. Başlangıç çözümünde blok doluluk oranı %82 iken bu oran genetik algoritma ile %99.7'ye çıkarılmıştır. Gerçek dağıtımda bu oran %97'dir.

Yine (Çay, T., İnceyol, Y., ve Özbeyaz, A., 2015) çalışmalarında, otomatik blok dağıtımı için genetik algoritma kullanılmasını önermişlerdir. Bu modelde kısıtlar dikkate alınmış ve dağıtımın çiftçi tercihlerine göre gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Modelde sabit tesisler ilk olarak buldukları bloklara yerleştirilir ve dağıtım işlemi bu işlemden sonra gerçekleştirilir.

Ayrıca bulanık mantık tabanlı ve birtakım hibrit algoritmalar kullanılarak dağıtımdaki sorunların üstesinden gelmek amaçlanmıştır. (Çay ve İşcan, 2011) çalışmalarında arazi toplulaştırması dağıtım işlemi bulanık mantık kullanılarak yapılmıştır. Dağıtımda işletmelerin en büyük parsellerinin ve en büyük ikinci parsellerinin konumu, sabit tesisler, parsellerin dağılımı kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu modelde blok dengelemesine ihtiyaç vardır. Yapılan dağıtım blok öncelikli modelle parsel sayısı, ortalama parsel büyüklüğü, kişi başına düşen ortalama parsel sayısı gibi ölçütlere göre karşılaştırılmış bulanık mantık tabanlı dağıtımın daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır. Çiftçi tercihlerini sağlama açısından ise blok öncelikli modelin daha üstün olduğu görülmüştür. (Çay, T., Ertun, E., Haklı, H., ve UĞUZ, H. 2017) çalışmalarında ise arazi toplulaştırma çalışmalarının en çok zaman alan aşaması olan dağıtım için bulanık mantık ve genetik algoritma kullanan hibrit bir algoritma önermişlerdir. Bu çalışmada tercihlere göre başarı oranı %76.61 olarak bulunmuş ve genetik algoritmanın dağıtımda kullanılabilir olduğu gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışmaların bir çoğunda dağıtımdan sonra bloklarda fazlalık ya da eksiklikler meydana gelmekte ve bunlar manuel ya da bir algoritma yardımı ile düzeltilmekte bu da dağıtım optimum dağıtımdan uzaklaştırmaktadır.

Çeşitli amaç fonksiyonlarına göre en iyi blok dağıtımını bulma işlemi bir optimizasyon problemidir. Böyle düşünüldüğünde blok dağıtımı, günümüzde yaygın olarak kullanılan sezgisel algoritmalarından biri olan genetik algoritma ile yapılabilir. Genetik algoritma çözümler kümesinin (popülasyonun) çeşitli evrimsel operatörler yardımı ile istenilen amaca en uygun hale gelecek şekilde evrilmesidir. Ayrıca hemen hemen her optimizasyon problemine uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada blok dağıtımını bir optimizasyon problemi olarak ele alınmış ve optimizasyon işlemi genetik algoritma kullanılarak yapılmıştır. Genetik algoritmanın yapısı blok dengelemesi ihtiyacını ortadan kaldıracak şekilde probleme uyarlanmış ve tek bir amaca göre dağıtım gerçekleştirilmiştir. (İnceyol, 2014) tarafından yapılan çalışmada arazi toplulaştırması dağıtım işleminde genetik algoritma kullanılmakta ve dağıtım sonrası bir blok dengelemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuçta gerçek dağıtım verilerinde toplulaştırma oranı %22 iken genetik algoritma ile yapılan dağıtımda bu oranı %26 blok öncelikli modelde ise %44 olmuştur. İşletmelerin köy merkezlerine olan uzaklıkları bakımından karşılaştırılmasında ise mülakat esaslı yöntemde mesafelerin azaldığı genetik algoritma kullanılan yöntemde ise bu mesafelerin arttığı gözlenmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Genetik Algoritma

Genetik algoritma evrimsel süreçlerin taklit edildiği arama ve optimizasyon algoritmasıdır (Deb, 2001; Holland, 1992). Deterministik optimizasyon algoritmalarına göre; karmaşık işlemlerle uğraştırmayı gerektirmeme, hemen hemen her probleme uygulanabilme, büyük arama uzaylarında hızlı sonuca varma gibi avantajlara sahiptir (Çunkaş, 2006). Bu avantajlarından dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

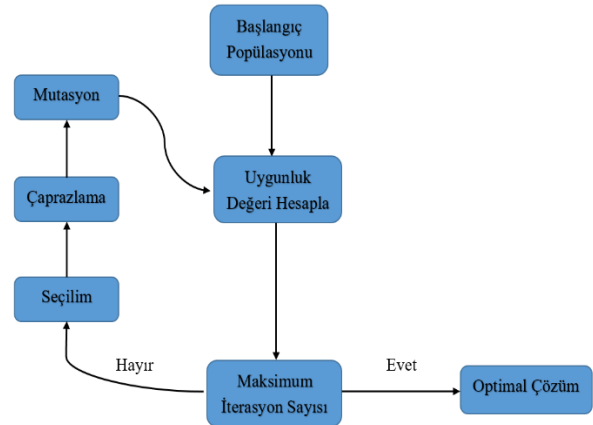
Genetik algoritma evrimsel süreçlerde olduğu gibi seçim, çaprazlama ve mutasyon sayesinde arama uzayı içerisinde en iyi sonuca ulaşır. Problemi tanımlamak için ise gen, kromozom (birey), popülasyon ve iterasyon (nesil) parametreleri kullanılır. Genler problemimizi ifade etmede kullanılan en küçük birimlerdir. Genlerin birleşimi ile kromozomlar (bireyler) meydana gelir ve kromozomların oluşturduğu kümeye ise popülasyon denir. Bu popülasyon seçim, çaprazlama ve mutasyona tabi tutularak bir çok nesil boyunca arama uzayında amaca en uygun bireyin bulunması hedeflenir (Goldberg, 1989).

2.2. Genetik Algoritma Uygulama Adımları

Genetik algoritmada ilk olarak probleme uygun bir gen yapısı seçimi yapılır. Problemin yapısına göre genlerin yapısı da farklılık göstermektedir. İkili kodlama, permutasyon kodlama tam sayılı kodlama,

gerçek değerli kodlama ve ağaç kodlama gibi gen çeşitleri vardır. Örneğin ikili kodlama daha küçük problemler için kullanılırken gerçek değerli kodlama büyük verileri işlemeyi gerektiren problemlerde kullanılır. Sıralamanın önemli olduğu problemlerde ise permutasyon kodlama kullanılmaktadır. Genlerden faydalanarak her biri problemin bir çözümü olan kromozomlar oluşturulur. Bu kromozomlar aynı zamanda birey olarak da ifade edilmektedir. Bireylerin yani çözümlerin bir araya gelmesi ile arama uzayında en iyi sonuca ulaşmamızı sağlayacak bir küme (popülasyon) oluşturulur.

Genetik algoritmanın genel uygulama prosedürü aşağıda Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Genetik Algoritma İşlem Adımları (Anonim, 2017)

Genetik algoritmanın işlem adımları şu şekildedir:

1- Problemin birden fazla çözümünden oluşan ilk popülasyon, problemin kısıtlarına uygun olarak rastgele üretilir. Popülasyon küçük tutulursa arama uzayında kısıtlı bir bölgeden aramaya başlanacağından optimuma ulaşmak zaman alacaktır. Büyük popülasyon ise işlem yükünü arttıracak ve algoritmanın yavaşlamasına neden olacaktır.

2- Popülasyondaki her bireyin uygunluk değeri hesaplanır. Uygunluk değeri problemde belirtilen amaca ne kadar yaklaşıldığının bir ölçütüdür. Popülasyon hesaplanan bu uygunluk değerleri doğrultusunda evrilir.

3- Oluşturulan popülasyondan yeni bir nesil üretilmesi için popülasyon bir seçim işlemine tabi tutulur. Bunun için çeşitli yöntemler mevcuttur en yaygın kullanılanları rulet çarkı, elitizm ve turnuva seçim yöntemidir.

Bu çalışmada da kullanılan rulet çarkı yönteminde bireylerin uygunluk değerleri toplam uygunluk değerine bölünerek Tablo 1'de görüldüğü gibi olasılık değerleri hesaplanır. Daha sonra birikimli olasılık değerleri bulunur. Minimumu bulmayı hedefleyen problemlerde yukarıdaki işlemler amaç fonksiyonunun negatif işaretlisi alınarak yapılır (Karaboğa, 2017).

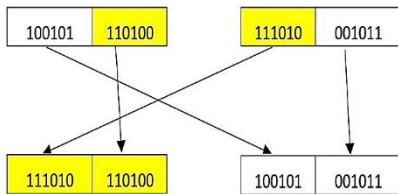
Tablo 1. Bireylerin Uygunluk Değerleri ve Seçim Olasılıkları (Eroğlu, 2018)

Kromozom	Uygunluk Değeri	Olasılık	Birikimli Olasılık
1	7	%43.75	%43.75
2	3	%18.75	%62.50
3	1	%6.25	%68.75
4	5	%31.25	%100
Toplam	16	%100	

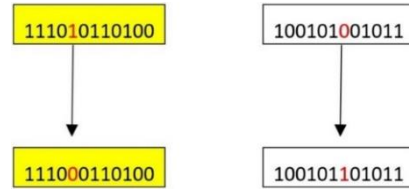
Seçim için popülasyon sayısına eşit, sıfır ile bir aralığında rassal sayılar oluşturulur. Yukarıdaki Tablo 1’de de görüldüğü gibi uygunluk değeri daha iyi olan bireyleri temsil eden birikimli olasılık değeri aralığı daha geniştir. Bu da şu anlama gelmektedir, uygunluk değeri daha iyi olan bireylerin seçilme olasılıkları Şekil 2’de görüldüğü gibi daha yüksektir. Fakat düşük olasılıkla da olsa uygunluk değeri küçük olan bireyler de seçilebilir (Karaboğa, 2017).

**Şekil 2.** Bireylerin Seçim Olasılıkları (Eroğlu, 2018)

4- Çaprazlama, seçim işlemine tabi tutulan bireyler arasından rastgele iki birey seçilerek bu bireyler arasında yapılır. Popülasyondaki kaç bireyin çaprazlamaya tabi tutulup tutulmayacağı önceden belirlenen çaprazlama olasılığı parametresi ile bulunur. Çaprazlama için birçok farklı yöntem mevcuttur. Bunlardan en sık kullanılanları tek nokta çaprazlama, çift nokta çaprazlama, çok nokta çaprazlama ve uniform çaprazlamadır. En sık kullanılanı ise Şekil 3’te gösterilen tek nokta çaprazlama yöntemidir.

**Şekil 3.** Tek Nokta Çaprazlama (Eroğlu, 2018)

5- Mutasyon, seçim ile oluşturulan popülasyondan rastgele seçilen bireylerin Şekil 4’teki gibi mutasyona tabi tutularak yeni bireyler elde edilmesidir. Mutasyona tabi tutulacak birey sayısı yine önceden tanımlanan mutasyon olasılığı ile belirlenir. Kromozom üzerinde hangi genin mutasyona uğrayacağı yine rastgele olarak seçilir.

**Şekil 4.** Mutasyon (Eroğlu, 2018)

6- Son olarak seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri ile oluşturulan ara popülasyonlardan ilk popülasyon sayısı kadar birey seçilir. Bu seçim işlemi uygunluk değerlerine göre gerçekleştirilir. Elde edilen son popülasyon sırasıyla yine yukarıdaki işlemlere tabi tutulur.

Çaprazlama, iki bireyinde genetik bilgisini bir sonraki nesle aktaran bir operatördür. Çaprazlama ile oluşan birey ebeveyn bireylerden daha üstündür. Yani çaprazlama popülasyonumuzu giderek optimum noktaya yaklaştırır. Ancak mutasyon operatörü olmaksızın popülasyon lokal minimum ya da maksimuma takılacaktır. Mutasyon operatörü sayesinde popülasyondaki bireyler arama uzayının farklı noktalarına sıçrar ve böylelikle global optimuma ulaşmak mümkün olmaktadır. Mutasyonla üretilen kötü bireyler ise seçim sayesinde popülasyondan kolaylıkla elenebilecektir. Bu işlemlerden sonra popülasyonun ortalama uygunluk değeri istenilen noktaya geldiğinde iterasyon bitirilir. Ancak çoğu zaman bu istenilen uygunluk değeri bilinmediğinden iterasyon sayısı önceden tanımlanır. İstenilen iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma sonlandırılır (Çunkaş, 2006).

2.3. Alt Başlıklar (Cambria, Kelime ilk Harfi Büyük, Kalın 10 Punto)

İçerik 2 sütun halinde Cambria olarak 10 punto halinde yazılmalıdır.

İkinci düzey başlıklar numaralandırılmış ve sola dayalı, 10 punto, ilk harfleri büyük, kalın olarak yazılmalıdır. Kendinden önceki paragraftan bir satır boşluk ile ayrılmalıdır. Biçimlendirmeyi bozmadan bu kısmı silip makale metnini yazabilirsiniz.

Metin içerisinde paragraflar arasında boşluk bırakılmamalıdır.

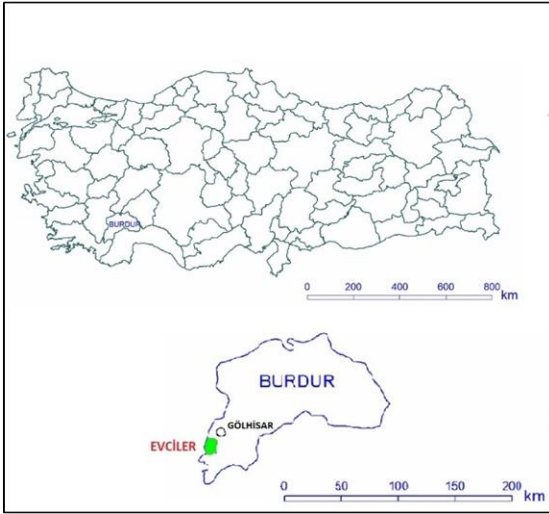
2.4. Alt Başlıklar (Cambria, Kelime ilk Harfi Büyük, Kalın 10 Punto)

İkinci düzey başlıklar numaralandırılmış ve sola dayalı, 10 punto, ilk harfleri büyük, kalın olarak yazılmalıdır. Kendinden önceki paragraftan bir satır boşluk ile ayrılmalıdır. Biçimlendirmeyi bozmadan bu kısmı silip makale metnini yazabilirsiniz.

3. UYGULAMA

Uygulama Şekil 5’te coğrafi konumu görülen Burdur ili Gölhisar İlçesinde yapılmakta olan

Göhlisar Arazi Toplulaştırma ve TİGH Projesi Evciler Köyü 1. aski verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Burdur Göhlisar Evciler Köyü Coğrafi Konum (Eroğlu, 2018)

Evciler Projesinde 101 işletme 12 blok ve 9 sabit tesis vardır. Projede dağıtım sırasında bazı işletmeler birlikte değerlendirilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi açısından bu uygulamada da işletmeler aynı şekilde değerlendirilmiş ve son durumda işletme sayısı 87 olarak kabul edilmiştir. Yani dağıtım gerçekte olduğu gibi 87 işletme üzerinden gerçekleştirilmiştir. Böylelikle işletmelerin birbirleri ile hisselendirilmesinde bir değişiklik olmamıştır. Uygulamada sadece dağıtım yapılmış dağıtımdan sonra parselasyon planı yapılmamıştır. Projede toplam kadastro parsel alanı 49.61 hektardır.

İlk olarak dağıtım işleminin kolay yapılabilmesi için blok ve kadastro parsel alanları 1. derece alanlara dönüştürülür. Sabit tesislerin buldukları bloklara ataması yapılır ve bu alanlar blok ile kadastro parsel alanından çıkarılır.

Yapılan çalışmada dağıtım işlemi benzerlik gösterdiği dengeli ulaştırma modeli olarak ele alınmıştır. Amaç fonksiyonu ulaştırma maliyetleri minimum yapılacak şekilde seçilmiştir. Bu amaç fonksiyonunda kullanılan ulaştırma maliyeti katsayıları işletmelerin blokların merkezine uzaklıkları ile kadastro parsellerinin işletmelere olan ağırlıklı ortalama mesafelerinin birlikte göz önüne alınması ile hesaplanmıştır. Bu sayede işletmeler kadastro parsellerinin ağırlık merkezlerinin yakın olduğu bir bloğa atanırken parsellere ulaşım mesafesinin de en aza indirilmesi amaçlanır. Uygulama Matlab ortamında geliştirilmiştir.

3.1. Ulaştırma Maliyeti Hesabı

Dağıtımda amaç fonksiyonu olarak ulaşım mesafelerini en aza indirmek seçilmiştir. Ancak bu mesafeleri en aza indirirken parsellerin eski konumlarının köy merkezine olan uzaklıkları da göz önüne alınmalıdır. Böylelikle yeni parsellerin

dağıtımda kadastro parsellerinin ağırlık merkezine en yakın bloklara verilmesi amaçlanır. Burada ulaştırma maliyeti katsayısı

$$C_{ij} = s_{ij} + \sqrt{\frac{S_i}{s_{ij}}} \quad (1)$$

denklemleri ile hesaplanır. C_{ij} : i ve j işletmeleri arasındaki mesafe faktörü, \bar{S}_{ij} : i ve j işletme arasındaki düzeltilmiş mesafe faktörü, S_i : Toplulaştırma öncesi i işletmesinin kadastro parsellerine olan düzeltilmiş ortalama mesafesi. S_{ij} 'nin değeri

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^m D_{ik} K_k \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada D_{ik} : Gerçek yol uzunluğu, K_k : Yol düzeltme faktörü. \bar{S}_i ise

$$\bar{S}_i = \frac{\sum_{p=1}^m A_p \left(\sum_{k=1}^{mp} D_{pk} K_k \right)}{\sum_{p=1}^m A_p} \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanır. A_p : Parsel alanı, D_{pk} : Gerçek yol uzunluğu, K_k : Yol düzeltme faktörü, i: İşletme numarası, j: Blok numarası, p: Parsel numarası, n: i işletmesindeki parsel sayısı şeklinde amaç fonksiyonu katsayıları hesaplanır. Uygunluk değeri hesabında kullanılan amaç fonksiyonu ise

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (4)$$

denklemleri ile hesaplanır (Şişman, 1997).

3.2. Dağıtım İçin Oluşturulan Genetik Algoritma Yapısı

Topluştırmada da tıpkı dengeli ulaştırma problemlerinde olduğu gibi arz ve talep dengesi korunarak dağıtım işlemi yapılması gerekmektedir. Bu da demek oluyor ki dağıtım işlemi sonrasında bloklarda fazlalık ya da eksiklik oluşmamalıdır. Bunu sağlamak için bu çalışmada kromozomlar arz talep dengesini koruyacak şekilde oluşturulmuş ve bu dengeyi bozmayacak özel çaprazlama ile mutasyon operatörleri kullanılmıştır. Veriler çok büyük olduğundan gen yapısı gerçek değerli kodlama seçilmiş kromozom yapısı

$$X_h = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{m3} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

gibi matris şeklinde tanımlanmıştır. Tasarlanan modelde genler işletmelerin alanlarını ifade eder. Kromozomdaki her satır bir işletme, her sütun ise bir bloğa karşılık gelir. Her satırın toplamı o işletmenin toplam alanını verirken her sütunun toplamı ise ilgili bloğun alanını verir. Bu yapı sayesinde hangi işletmeden hangi bloğa ne kadar alan atandığı rahatlıkla anlaşılabilir (Eroğlu, 2018).

3.2.1 İlk Popülasyonun Oluşturulması

İşletme ve blok sayıları sırayla m ve n olmak üzere, bloklarda eksik ya da fazlalık oluşturmayacak şekilde dağıtım aşağıdaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilir.

1. $\Pi=\{1,2,3\dots mn\}$ dizisinden rastgele bir 'k' elemanı seçilir.
2. Bu elemana karşılık gelen 'i' satır ve 'j' sütun değerleri

$$\begin{aligned} i &= [1 + \frac{k-1}{n}] \\ j &= [1 + (k-1) \bmod n] \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde hesaplanır.

3. $X_{ij} = \min\{t_i, S_j\}$ atamasını yapılır (t_i arz kısıtı, S_j talep kısıtı).
4. t_i ve S_j değerleri

$$\begin{aligned} t_i &= t_i - X_{ij} \\ S_j &= S_j - X_{ij} \end{aligned} \quad (7)$$

şeklinde güncellenir ve 'k' elemanını Π dizisinden çıkartılır. Bu işleme Π dizisinde eleman kalmayana kadar devam edilir (Ho ve Ji, 2005; Vignaux ve Michalewicz, 1991).

3.2.2 Seçim

Seçim için rulet çarkı yöntemi kullanılır ve aşağıdaki gibi gerçekleştirilir.

1. Popülasyondaki her bireyin uygunluk değeri hesaplanır. Bireylerin uygunluk değerlerinden faydalanılarak popülasyonun toplam uygunluk değeri

$$\text{eval}(X_h) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (8)$$

$$F = \sum_{h=1}^{psize} \text{eval}(X_h) \quad (9)$$

denklemleri ile hesaplanır.

2. Kromozomların seçim olasılıkları

$$\begin{aligned} p_h &= \frac{F - \text{eval}(X_h)}{F * (psize - 1)} \\ h &= 1,2\dots psize \end{aligned} \quad (10)$$

ile hesaplanır.

3. Birikimli olasılık değerleri

$$\begin{aligned} q_h &= \sum_{j=1}^h p_j \\ h &= 1,2 \dots psize \end{aligned} \quad (11)$$

denklemleri ile hesaplanır.

4. 0-1 arasında rastgele bir sayı üretilir.
5. Birikimli olasılık değeri üretilen rastgele sayıdan büyük olan ilk kromozom(birey) seçilir. Örneğin birikimli olasılık değerleri $q_1=0.155$, $q_2=0.324$, $q_3=0.486$, $q_4=0.865$, $q_5=1$ olan 5 kromozomumuz olsun. Üretilen rassal sayı 0.436 olsun. Burada seçilecek kromozom X_3 'tür (Ho ve Ji, 2005).

3.2.3 Çaprazlama

Klasik çaprazlama operatörleri arz talep dengesini gözetmediği için burada arz talep dengesini koruyacak bir çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Bu yöntemde çaprazlanacak kromozomlar toplanır ve ikiye bölünür. Böylelikle yeni oluşan yavru bireylerin çaprazlanan bireylerden daha iyi olması garantilenmiş olur ve arz talep dengesi korunur.

1. Seçim adımındaki gibi bir çift kromozom seçilir. Bu kromozomlar X_1 ve X_2 olsun.
2. Seçilen kromozomlar

$$X'_1 = (X_1 + X_2) / 2 \quad (12)$$

şeklinde toplanır ve ikiye bölünür.

3. Çaprazlama işlemi sonucunda yeni bireylerden oluşan bir ara popülasyon elde edilir (Ho ve Ji, 2005; Vignaux ve Michalewicz, 1991).

3.2.4 Mutasyon

Klasik mutasyon operatörleri yine arz talep dengesini bozacağından bu kısıtlara uygun bir mutasyon operatörü kullanılmıştır.

1. Seçim adımındaki prosedür takip edilerek mutasyona uğrıtılacak bireyler seçilir.
2. Bu bireyin iki satır ve sütunu rastgele seçilir.
3. Seçilen satır ve sütunun yerine yeni popülasyon üretme işlemindeki adımlar 1 den 5 e kadar uygulanır ve yeni genler üretilir. Bu genler yerlerine yazılır ve yeni bir birey elde edilmiş olur (Ho ve Ji, 2005; Vignaux ve Michalewicz, 1991).

3.3 Dağıtım Planı İçin Oluşturulan Genetik Algoritma Prosedürü

Algoritmada kullanılan popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı, çaprazlama oranı, mutasyon oranı

uygulamamızı optimum dağılıma en hızlı ulaştıracak şekilde seçilmelidir. Bu parametreler denemelerle bulunabilir. Algoritmanın optimum değerleri bulabilmesi için yukarıda tanımlanan operatörler aşağıdaki prosedüre göre uygulanmalıdır.

1. Popülasyon büyüklüğü, iterasyon sayısı, çaprazlama ve mutasyon oranı parametreleri tanımlanır.
2. İlk popülasyon Bölüm 3.2.1’de belirtilen işlem adımları kullanılarak oluşturulur.
3. Her bireyin uygunluk değeri hesaplanır.
4. Bölüm 3.2.2’deki adımlar izlenerek çaprazlanacak ve mutasyona tabi tutulacak bireyler seçilir. Çaprazlama ve mutasyon sonucu iki ara popülasyon oluşturulur.
5. Ana popülasyon ve oluşturulan iki ara popülasyon bireyleri arasında elitist strateji ile ana popülasyondaki birey sayısı kadar birey seçilir. Oluşan bu yeni popülasyon yeni nesildir.
6. Algoritmanın optimuma yaklaşımını kontrol için her iterasyonun en iyi bireyi belirlenir. Bu işlemler iterasyon sayısı kadar tekrar eder (Ho ve Ji, 2005).

4. BULGULAR

Yapılan uygulamada dağıtım işleminde amaç ulaştırma maliyetlerini en aza indirirken en az sayıda parsel oluşturmaktır. Program İ7 6700 HQ 3.5 Ghz işlemci, 16gb ram’e ve Nvidia GTX 950M 4gb ekran kartına sahip bilgisayarda çalıştırılmıştır. Uygulama farklı iterasyon sayıları ve farklı çaprazlama, mutasyon parametreleri ile tekrarlanmış optimuma ulaşma süreleri gözlemlenmiştir. Ne kadar sürede optimuma ulaşıldığı ve diğer parametreler aşağıdaki Tablo 2 ve Tablo 3’te gösterilmiştir. İlk olarak genetik algoritma parametreleri; popülasyon sayısı 50, çaprazlama oranı %92, mutasyon oranı %10 olarak seçilmiştir.

Tablo 2. Mutasyon oranı %10 seçilerek yapılan dağıtım (Eroğlu, 2018)

İterasyon Sayısı	Uygunluk Değeri	Oluşan Parsel Sayısı	İşlem Zamanı (sn)
100	749873793.807810	368	0.482510
1000	749873339.317948	423	2.290909
100000	749868741.853841	139	199.38769
500000	749868718.962489	108	901.502930

Daha sonra uygulama popülasyon sayısı 50, çaprazlama oranı %92, mutasyon oranı %90 yapılarak tekrar çalıştırılmıştır.

Her iki durumda da iterasyon sayısı arttıkça parsel sayısı ve ulaştırma maliyetleri yönünden daha iyi dağıtımına yaklaşıldığı görülmektedir. Ancak mutasyon oranını ve iterasyon sayısını arttırmak işlem zamanını olumsuz yönde etkilemektedir.

Tablo 3. Mutasyon oranı %90 seçilerek yapılan dağıtım (Eroğlu, 2018).

İterasyon Sayısı	Uygunluk Değeri	Oluşan Parsel Sayısı	İşlem Zamanı (sn)
100	749873607.951052	114	0.549255
1000	749870129.058685	183	2.998468
100000	749868718.817817	106	252.5272
500000	749868718.798134	105	1235.782423

Bloklara atanan alanlar ile blok alanları arasındaki fark bir blok dengelemesi yapılmaksızın Tablo 4’te gösterildiği gibi önemsenmeyecek düzeydedir. Çaprazlama ve mutasyon operatörleri de iterasyonlar sonucunda blok ve parseller arasındaki arz talep dengesini bozmamaktadır.

Tablo 4. İterasyon Sayılarına Göre Blok Doluluk Oraları (Eroğlu, 2018)

İterasyon Sayısı	100	1000	100000	500000
1. Blok	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2. Blok	0.000008	0.000003	0.000000	0.000000
3. Blok	0.000000	0.000146	0.000000	0.000000
4. Blok	0.000000	0.000002	0.000000	0.000000
5. Blok	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000
6. Blok	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000
7. Blok	0.000003	0.000000	0.000000	0.000000
8. Blok	0.000000	0.000063	0.000000	0.000000
9. Blok	0.005863	0.000117	0.000000	0.000000
10. Blok	0.000000	0.000017	0.000000	0.000000
11. Blok	0.000000	0.000089	0.000000	0.000000
12. Blok	0.009811	0.015245	0.015685	0.015685

Kadastro durumu, gerçek veriler ve uygulama verileri karşılaştırıldığında uygulamada elde edilen sonuçların gerçek dağıtıma göre çok daha iyi olduğu Tablo 5’te görülmektedir.

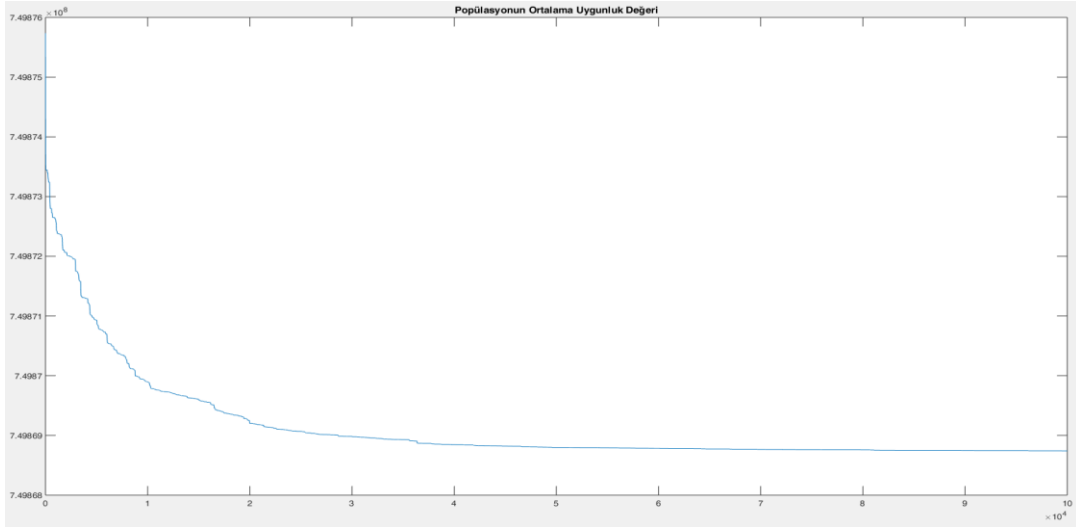
Tablo 5. Gerçek Dağıtım ve Uygulama Verileri Karşılaştırması

	Kadastral Durum	Gerçek Dağıtım Verileri	Genetik Algoritma ile Dağıtım
Toplam Parsel Sayısı	177	129	105
Ortalama Parsel Büyüklüğü	2.80 da	3.56 da	4.38 da
Ortalama İşletme Büyüklüğü	4.91	4.55	4.55

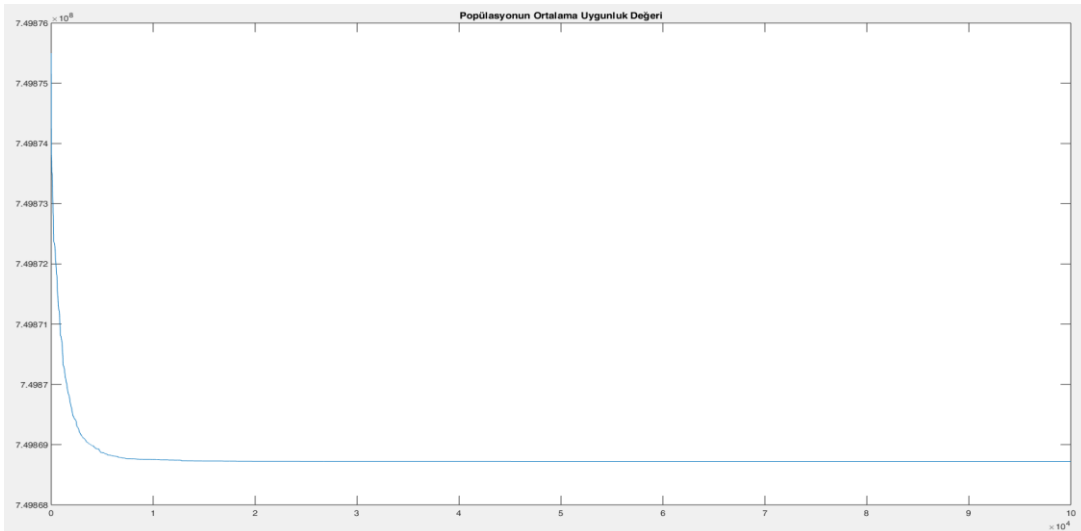
Mutasyon oranı %10 ve %90 olarak alındığında algoritmaların kaç iterasyonda optimum değere ulaştığı aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Genelde mutasyon oranı çok düşük tutulması gerekir fakat bu uygulamada kromozomun büyüklüğüne oranla çok küçük bir mutasyon gerçekleştirildiği için bu oranın yüksek tutulmasının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Mutasyon oranının iyi belirlenmemesi algoritmanın yerel minimuma ya da maksimuma takılmasına neden olacağından önemlidir.

Aşağıdaki Şekil 6’te görüldüğü gibi mutasyon oranı %10 alındığında optimuma yaklaşık 9000 iterasyonda ulaşılmıştır. İkinci durumda Şekil 7’de görüldüğü gibi mutasyon oranı %90 alındığında

yaklaşık 2000 iterasyon sonunda optimuma ulaşılmıştır (Eroğlu, 2018)



Şekil 6. Mutasyon Oranı %10 Seçilen Popülasyonun Optimuma Ulaşma Grafiği (Eroğlu, 2018)



Şekil 7. Mutasyon Oranı %90 Seçilen Popülasyonun Optimuma Ulaşma Grafiği (Eroğlu, 2018)

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Arazi toplulaştırmasında uygulamada karşılaşılan zorluklar ve uygulama başarısının tamamen dağıtım yapan kişinin tecrübe ve yeteneğine bağlı olması bilimsel bir metotlar dağıtım yapılması gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Böylece istenilen amaca yönelik en doğru, optimum dağıtım elde edilebilecektir. Bu çalışmada bunun için genetik algoritma kullanan bir yaklaşım önerilmiş ve uygulama gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamada dağıtım yaparken bloklarda eksiklik ya da fazlalıkların oluşmasını engellemek ve aynı zamanda toplulaştırma oranını olabildiğince yüksek tutmak hedeflenmiştir. Kullanılan genetik algortmada problemin doğasına özel modifikasyonlar yapılmış ve uygulama Matlab ortamında geliştirilmiştir.

Uygulama alanında kadastral durumda 177 parsel varken toplulaştırma çalışması ile bu 129 parsel düşürülmüştür. Genetik algoritma kullanılarak yapılan dağıtımda ise 105 yeni parsel oluşmuştur. Toplulaştırma oranı projede %27 iken uygulama ile yapılan dağıtımda %41’e yükselmiştir. Ayrıca amaçlandığı gibi bloklarda eksiklik ya da fazlalık oluşmamış ve bunun için ekstra bir blok dengeleme işlemine ihtiyaç duyulmamıştır. Genetik algoritma ile yapılan dağıtımda parsel sayısı bakımından karşılaştırıldığında hem eski duruma göre hem de gerçek dağıtım verilerine göre iyileşme sağlandığı görülmüştür.

Dağıtımın doğası karmaşıktır. Bir faktörü örneğin sadece çiftçi tercihlerini göz önüne alarak dağıtım yapmak yanlıştır ve arazi toplulaştırmasından yeterince fayda sağlanamamasına neden olacaktır. Bu bakımdan

arazi toplulaştırmasında ilk olarak yörenin de ihtiyaçları göz önüne alınarak hangi amaçlara göre dağıtım yapılacağı net olarak belirlenmelidir. Çiftçi tercihlerinin tutarlı olması için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmalı ve dağıtım için gerekli bilgi alt yapısı doğru bir şekilde oluşturulmalıdır.

Dağıtım işleminin yalnızca tek bir amaca göre örneğin çiftçilerin tercihleri göz önüne alınarak yapılması da doğru bir yaklaşım olmadığından birden çok amacın birlikte değerlendirildiği bilimsel metotlar kullanılmalıdır.

Dağıtım işleminden sonra yapılacak parselasyon işlemi de arazi toplulaştırması açısından önemli bir adımdır. Bu aşamada da herhangi bir bilimsel yöntem kullanılmamaktadır. Toplulaştırmanın başarısını arttırmak için bu işlem de otomatik olarak bilimsel metotlarla yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

Akkus, M. A., Karagoz, O., ve Dulger, O. 2012. Automated land reallocation using genetic algorithm. International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications. doi: 10.1109/INISTA.2012.6247018

Anonim. (2017). Genetik Algoritma. https://tr.wikiyy.com/wiki/Genetik_algoritma (Erişim Tarihi: 01 Haziran 2018)

Ayranci, Y. (2007). Re-Allocation Aspects in Land Consolidation: A New Model and its Application. Journal of Agronomy, 6:2, 270–277. doi: 10.3923/ja.2007.270.277

Çay, T., ve İscan, F. (2011). Fuzzy expert system for land reallocation in land consolidation. Expert Systems with Applications, 38:9, 11055–11071. doi: 10.1016/j.eswa.2011.02.150

Çay, T., İnceyol, Y., ve Özbeyaz, A. (2015). A Preliminary Study for Design of Automatic Block Reallocation Algorithm with Genetic Algorithm Method in the Land Consolidation Projects. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 9:8, 903–908.

Çay, T., Ertun, E., Haklı, H., ve UĞUZ, H. (2017). Arazi Toplulaştırmada Dağıtım İçin Yeni Yazılım Geliştirmesi Üzerine Bir Çalışma. 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.

Çunkaş, M. (2006). *Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları*. Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları, Konya.

Deb, K. (2001). Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms. John Wiley & Sons.

Eroğlu, H. (2018). Arazi Toplulaştırması Dağıtım İşleminde Yöneylem Araştırma Teknikleri ve Çok Amaçlı Genetik Algoritma Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 117, Samsun.

Göçmen Dinçbilek, B. (2012). Arazi Toplulaştırmasının Toplu Yağmurlama Sulamada Sistem Planlaması ve Maliyetine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 188, Ankara.

Goldberg, D. E. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley Professional, New York.

Ho, W., & Ji, P. (2005). A genetic algorithm for the generalised transportation problem. International Journal of Computer Applications in Technology, 22(4), 190. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2005.006959>

Holland, J. H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence. MIT Press. <https://doi.org/10.1137/1018105>

Karaboğa, D. (2017). Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları (5. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, 73-106, Ankara.

Polat, H., ve Manavbaşı, İ. (2012). Arazi Toplulaştırmasının Kırsal Alanda Yakıt Tüketimi Ve Karbondioksit Salınımına Etkisinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 18(2), 157-165.

Şişman, A. (1997). Arazi Toplulaştırma Çalışmalarında Yöneylem Araştırması Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 78, Trabzon.

Uyan, M., ve Mevlüt. (2011). Arazi düzenlemesi çalışmalarında mekansal karar destek sistemleri kurulumu ve uygulaması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 176, Konya.

Vignaux, G. A., ve Michalewicz, Z. (1991). A genetic algorithm for the linear transportation problem. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 21(2), 445–452. <https://doi.org/10.1109/21.87092>