

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIMI İLE BİNA TESPİTİ

(BUILDING DETECTION FROM HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY USING THE GENETIC ALGORITHM APPROACH)

Emre SÜMER¹, Mustafa TÜRKER²

¹Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara,

²Hacettepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ankara,
esumer@baskent.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaların tespit edilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, genetik algoritmaları ve güdümlü bir sınıflandırma algoritması olan Fisher doğrusal sınıflayıcısını (Fisher linear classifier) kullanmakta olup, bilinen genetik algoritma kavramları (popülasyon, kromozom, gen, çaprazlama, mutasyon, vs) ile temel görüntü işleme tekniklerini bütünleştirmektedir. Popülasyon, bir dizi kromozomlar (bireyler) topluluğu olup, her bir kromozom ise belli sayıda genden (görüntü işleme fonksiyonundan) oluşmaktadır. Algoritma, görüntü üzerinden bina ve bina olmayan eğitim piksellerinin seçimi ile başlamaktadır. Daha sonra, her bir kromozom için, bünyesinde barındırdığı görüntü işleme fonksiyonlarının girdi bantları üzerinde peşi sıra uygulanması ile devam etmektedir. Oluşan çıktı bantları, Fisher doğrusal sınıflayıcısı kullanılarak ikili bir görüntüye dönüştürülmek suretiyle sınıflandırılır. Bir sonraki adımda, her bir kromozom için oluşturulan ikili görüntü ile test verisi karşılaştırılarak kromozomların uygunluk değerleri hesaplanır ve en yüksek değere sahip birey (elit birey) diğerlerinden ayrılır. Bu işlemi takiben bir sonraki jenerasyonda yer alacak bireylerin seçilmesi ve çeşitliliğinin artırılmasına yönelik olarak çaprazlama ve mutasyon işlemleri, daha önceden belirlenmiş çaprazlama ve mutasyon olasılıklarına bağlı olarak, belirli kromozomlar üzerinde uygulanır. Bu evrimsel süreç belirli bir tekrarlama miktarından sonra durdurulur ve en yüksek uygunluk değerine sahip bireyin ürettiği çıktı tespit edilen bina bölgeleri olarak alınır. Ancak, hatalı sınıflandırmalar söz konusu olabileceğinden, bu bölgelerin asgari düzeye indirilmesi için çıktıya morfolojik görüntü işlemleri uygulanır. Geliştirilen yöntem, Ankara'nın Batıkent bölgesinde seçilmiş olan bir yerleşim alanına uygulanmıştır. Uydu görüntüsü olarak 4 Ağustos 2002 tarihinde IKONOS uydusu tarafından çekilmiş 1 metre konumsal çözünürlüklü pankromatik ve 4 metre konumsal çözünürlüklü renkli (Kırmızı, Yeşil, Mavi: KYM) görüntülerinin kaynaştırılması sonucu elde edilen 1 metre konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş renkli IKONOS görüntüsü kullanılmıştır. Geliştirilen yöntemin uygulanması sonucunda test alanındaki binalar yaklaşık %91 doğrulukla tespit edilmiştir. Yapılan çalışma, tatmin edici sonuçlarından ötürü oldukça umut verici olarak nitelendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Bina tespiti, Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, Genetik algoritmalar, Fisher doğrusal sınıflayıcısı.

ABSTRACT

In this study, an approach that detects the buildings from high resolution satellite imagery is proposed. The developed approach utilizes both the Genetic Algorithms (GA) and the supervised classification method, Fisher Linear Classifier (FLC). In addition, the well known genetic algorithm concepts such as population, chromosome, gene, crossover and mutation are integrated with the fundamental image processing techniques. In this context, a population can be seen as a set of chromosomes (individuals) and each chromosome is composed of definite number of genes (image processing functions). The proposed algorithm is initiated with the selection of training pixels for the building and non-building features from the input image. Then, the image processing functions are applied to the input bands in a chromosome by chromosome basis. After that, the output bands generated from the previous step are classified into two classes using the FLC. In the next step, for each chromosome, a fitness value is computed by comparing the binary classified image and the test data. From these fitness values, the chromosome that yields the highest fitness value is selected as the "elite chromosome" and separated from the others. This process is followed by the selection of the population for the next generation and the diversification operations such as crossover and mutation. These operations are performed according to some predefined probabilities; this means that only the selected chromosomes are affected. This evolutionary process is terminated after a definite number of iterations and the output of the elite chromosome in the last generation is taken as the detected building patches. However, as expected, some false alarm areas may appear. In order to reduce these areas, the morphological image processing operations are applied to the output image. The proposed method is applied on a selected urban area of the city of Batıkent, Ankara. The input data used in this study is the 1 meter spatial resolution pan-sharpened IKONOS image generated from the fusion of 4 meters spatial resolution multispectral (Red, Green, Blue: RGB) and 1 meter spatial resolution panchromatic IKONOS imagery acquired on August 4, 2002. After applying the developed methodology, the approximate detection rate of 91% is obtained over the predefined test regions. This study is found to be quite promising due to its satisfactory results.

Key Words: Building detection, High resolution satellite imagery, Genetic algorithms, Fisher linear classifier.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun büyük bir bölümünün kentsel alanlarda yaşıyor olması beraberinde önemli yönetimsel konuları da gündeme getirmektedir. Bunlardan bazıları; şehir planlama, kentsel ve çevresel değişimin ve büyümenin izlenmesi gibi coğrafi analizlerin yer aldığı süreçlerdir. Kentsel alanlarda arazi örtüsü ve kullanımı, yeni yapılan bina, yol ve diğer insan yapımı yapıların inşası ile beraber hızlı bir değişim göstermektedir. Şehir planlamasında bu değişimlerin takip edilmesi son derece önemli olup, birçok Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulaması güncel ve doğru arazi kullanım bilgisinin eksikliği yüzünden sıkıntı çekmektedir. Bu nedenle, üretilmiş olan haritaların düzenli olarak güncellenmesi önem arz etmektedir. Hava fotoğrafları

ve uydu görüntülerinden coğrafi detayların çıkarılması halen deneyimli operatörler tarafından manuel olarak yapılmakta olup elde edilen coğrafi detayların konumsal doğruluğu yüksektir. Ancak coğrafi detayların manuel olarak çıkarılması işlemi uzun zaman almakla birlikte nitelikli personel ihtiyacı da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerden ötürü, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yarı ya da tam otomatik nesne çıkarımı son yıllardaki modern coğrafi bilgi teknolojileri uygulamalarında önemli bir konu haline gelmiştir. Bu uygulamaların en önemlileri arasında ise bina ve yolların elde edilmesi yer almaktadır. Tespit edilen binalar CBS için temel bir veri kaynağı olup, aynı zamanda şehir planlamasında, altyapı gelişiminde, haberleşme hatlarının kurulumunda, doğal afet planlamasında ve benzeri birçok kentsel uygulamada da kullanılmaktadır. Binaların belirlenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yanı sıra hava fotoğrafları da oldukça sık kullanılmaktadır. Bu veriler yüksek konumsal çözünürlüğe sahip olmakla birlikte kalıcılık ve geniş spektral çözünürlük gibi özellikleriyle de ön plana çıkmaktadır.

Hava fotoğrafları kullanılarak yapılmış olan bazı çalışmalarda binaların tespiti, bina gölgeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Huertas ve Nevatia, 1988; Irvin ve McKeown, 1989). Bu çalışmalarda binaların şekil ve yükseklikleri, binaların oluşturduğu gölgelerle ilişkilendirilerek görüntü işleme tabanlı bir yöntemle bulunmuştur. (Lin vd., 1994) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada bina tespiti ve tanımlaması mono hava fotoğraflarından yapılmıştır. Geliştirilen yöntemde düşük seviyeli görüntü kesimlemesi ve algısal gruplama tekniklerinin yanında gölge bilgisi ve bina şekilleri de kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda üç boyutlu bina tanımları elde edilmiştir. Bir diğer çalışmada, çoklu hava fotoğraflarından binaların otomatik olarak tespiti ve üç boyutlu modellemesi gerçekleştirilmiştir (Noronha ve Nevatia, 2001). Çalışmanın ana adımları; bina kenar, paralel ve kesişimlerinin gruplanması, çatı hipotezlerinin kurulması ve son olarak bina duvar ve gölgelerinin doğruluğunun sınanması şeklindedir. (Kim ve Nevatia, 2004) tarafından yapılan bir çalışmada, düz ve karmaşık çatı tiplerindeki binaların tespiti ve tanımlaması çoklu ve bindirmeli hava fotoğraflarından gerçekleştirilmiştir. Olasılıksal analizler, detay seviyeleri ve sayısal yükseklik verisinden elde edilen katmanlar, önerilen yaklaşımın çeşitli aşamalarında kullanılmış ve üç boyutlu çatı sınırları elde edilmiştir. (Peng ve Liu, 2005) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada mono hava fotoğraflarından yoğun kentsel bölgelerde bulunan binaların tespiti yapılmıştır. Hava fotoğrafları kullanılarak gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise binaların otomatik olarak tespiti; sınıflandırma, şekil modelleme ve görüntü kaynaştırma tekniklerinin yer aldığı bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir (Lu vd., 2006).

Hava fotoğraflarının olduğu kadar uydu görüntülerinin de kullanıldığı birçok çalışma literatürde yer almaktadır. Bunlardan (Lee vd., 2003) tarafından yapılmış olan çalışmada, sınıflandırma sonuçlarıyla desteklenmiş bir yöntemle pankromatik ve renkli IKONOS görüntülerinden bina tespiti gerçekleştirilmiştir. Bir başka çalışmada bulanık mantık kullanılarak piksel ve obje tabanlı bir görüntü analizi yaklaşımı, binaların diğer kentsel arazi örtüsü sınıflarından ayırt edilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada da IKONOS görüntüleri keskinleştirilerek kullanılmıştır (Shackelford ve Davis, 2003). (San ve Turker, 2004)'de binaların otomatik olarak tespiti ve sınırlarının belirlenmesi için yüksek çözünürlüklü IKONOS görüntüsü kullanmışlardır. Yapılmış olan bu çalışmada mevcut vektör bina veritabanının güncellemesi, sınıflandırma,

sayısal yükseklik ve yüzey modelleri ile model tabanlı çıkarım teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (Kim vd., 2006) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden bina tespiti, geniş dikdörtgen çatılı binaların kenar bilgilerinin çıkarılmasıyla yapılmıştır.

Bina tespitinde hava ve uydu görüntülerine ek olarak günümüzde giderek yaygınlaşan bir diğer teknoloji LIDAR (Light Detection and Ranging)'dir. LIDAR, lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamada kullanılabileceği gibi üç boyutlu nokta üretimi ve buna bağlı olarak sayısal arazi modeli (SAM) ve sayısal yüzey modellerinin (SYM) de çıkarılmasında çok büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Ancak LIDAR'ın ürettiği çıktılarının doğrudan kullanılmayıp diğer veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılması yapılan çalışmalarda daha sık rastlanan bir durum olarak göze çarpmaktadır. (Rottensteiner ve Briese, 2002) tarafından yapılan bir çalışmada üç boyutlu bina modelleri LIDAR algılayıcıları tarafından elde edilen nokta bulutlarından çıkarılmıştır. Çalışmanın temel adımları; SAM ve SYM'lerin elde edilmesi, bu modellerin birbirlerinden çıkarılması sonucu oluşan başlangıç bina çokgenlerinin oluşturulması ve bu çokgenlerin morfolojik görüntü işleme fonksiyonlarıyla iyileştirilmesi olarak sıralanabilir. Bir diğer çalışmada binaların tespiti, lazer verisi ile topoğrafik haritaların bilgi tabanlı bir yaklaşım kullanılarak bütünleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel iki aşaması, bölge tabanlı kesimleme ve topoğrafik harita destekli bir tespit algoritması olarak sıralanabilir (Hofmann vd., 2002). LIDAR, SAR ve hava fotoğraflarının bütünleşik kullanımını içeren bir başka çalışmada ise binaların üç boyutlu şekilleri, arazi örtüsü ve sayısal arazi modeli anlık olarak çıkarılmıştır (Gamba ve Housmand, 2002). Yakın zamanda yapılan benzer bir çalışmada Bayes teoremine dayalı bir yaklaşımla sınıflandırılmış LIDAR nokta bulutundan otomatik bina ayak izi tespiti gerçekleştirilmiştir (Wang vd., 2006).

Bina tespiti ile ilgili çalışmalarda birçok genel amaçlı güdümlü öğrenme stratejisinin de kullanıldığını söylemek mümkündür. Ancak bu yöntemlerdeki genel ilke, bir grup parlaklık değerinden elde edilen spektral girdilerin kullanıldığı yaklaşımlar olarak göze çarpmaktadır. Oysa spektral özelliklerin tek başına yetersiz kaldığı bir gerçektir. Spektral değerlere ek olarak, konumsal ilişkiler, doku, yakınlık ve şekil gibi diğer görüntü analizi öğeleri de son derece önem arz etmektedir. Bu bağlamda geliştirilen GENIE (Genetic Image Exploitation) ve GENIE Pro sistemleri, bir arama stratejisi ile en uygun görüntü işleme fonksiyonlarını bularak görüntüden nesnelere tespit edilmesi yönünde yeni bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir (Perkins vd., 2000; Perkins vd., 2005).

Bu çalışmanın amacı, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden genetik algoritma ve güdümlü sınıflandırma yöntemleri kullanılarak binaların tespit edilmesine yönelik bir yaklaşım geliştirmek ve kentsel bir alanda uygulamaktır. Geliştirilen yaklaşım, GENIE ve GENIE Pro sistemlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmış olup veri analizi, görüntüleme ve karmaşık matematiksel işlemleri destekleyen MATLAB programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Önerilen yaklaşım, Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinin bir kısmı üzerinde uygulanmıştır. Batıkent, Ankara'nın batısında 1000 hektarlık bir alan üzerinde kurulu olup, Türkiye'nin en büyük yerleşim projelerinden biridir. Bu bağlamda, planlı ve düzenli bir gelişmeye sahip olmasıyla birlikte, konut, endüstriyel, ticari, sosyal ve kültürel kullanıma özgü farklı türde binaları barındırmaktadır. Bina şekilleri de kullanıma paralel olarak farklılıklar arz etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan veri, (San ve Turker, 2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 1 metre konumsal çözünürlüklü pankromatik ve 4 metre konumsal çözünürlüklü renkli (KYM) görüntülerin kaynaştırılması sonucu elde edilmiş olan 1 metre konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş renkli IKONOS görüntüsüdür (Şekil 1).



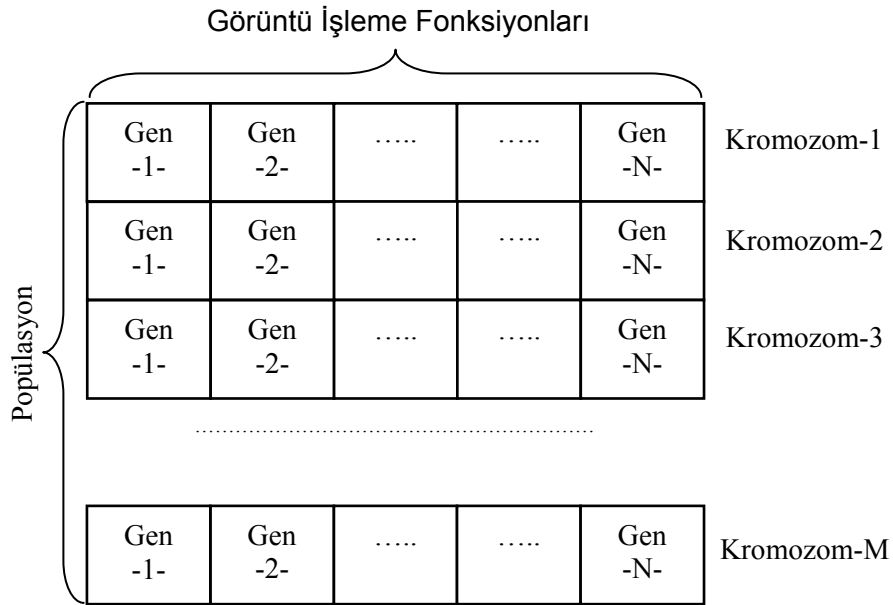
Şekil 1. Ankara haritası üzerinde Batıkent yerleşim bölgesinin bir kısmına ait keskinleştirilmiş 1 metre konumsal çözünürlüklü IKONOS uydu görüntüsü.

3. GENETİK ALGORİTMANIN TEMELLERİ

Genetik algoritmalar, doğada var olan evrimsel sürecin bilgisayar ortamında taklit edilerek bazı problemlerin çözümünde kullanılan bir eniyileme yöntemidir. Çalışma prensibi, karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalması ilkesine dayanır ve global en iyi çözümü arar. 1960'ların ortalarında John Holland, genetik algoritmaların temellerini ilk ortaya atan kişi olmuş, aynı zamanda evrim yasalarını genetik algoritmalarla beraber eniyileme problemlerinin çözümünde kullanmıştır. Genetik algoritmalar problemlerin çözümünde tek bir çözüm üretmeyip farklı çözümlerden oluşan bir çözüm kümesi üretir. Çözüm kümesindeki çözümler birbirlerinden tamamen bağımsız olup her biri çok boyutlu uzay üzerinde birer vektördür. Bu durumda, arama uzayında birçok nokta aynı anda değerlendirilir ve

bütünsel çözüme ulaşma olasılığı arttırılmış olur. Mevcut problem için olası pek çok çözümü temsil eden bu çözüm kümesine genetik algoritma terminolojisinde popülasyon adı verilir. Popülasyonlar vektör, kromozom veya birey olarak adlandırılan veri dizilerinden oluşur. Kromozom içindeki her bir elemana ise gen adı verilir (Şekil 2). Popülasyondaki kromozomlar evrimsel süreç içinde genetik algoritma işlemcileri tarafından belirlenirler (Wikipedia, 2008).

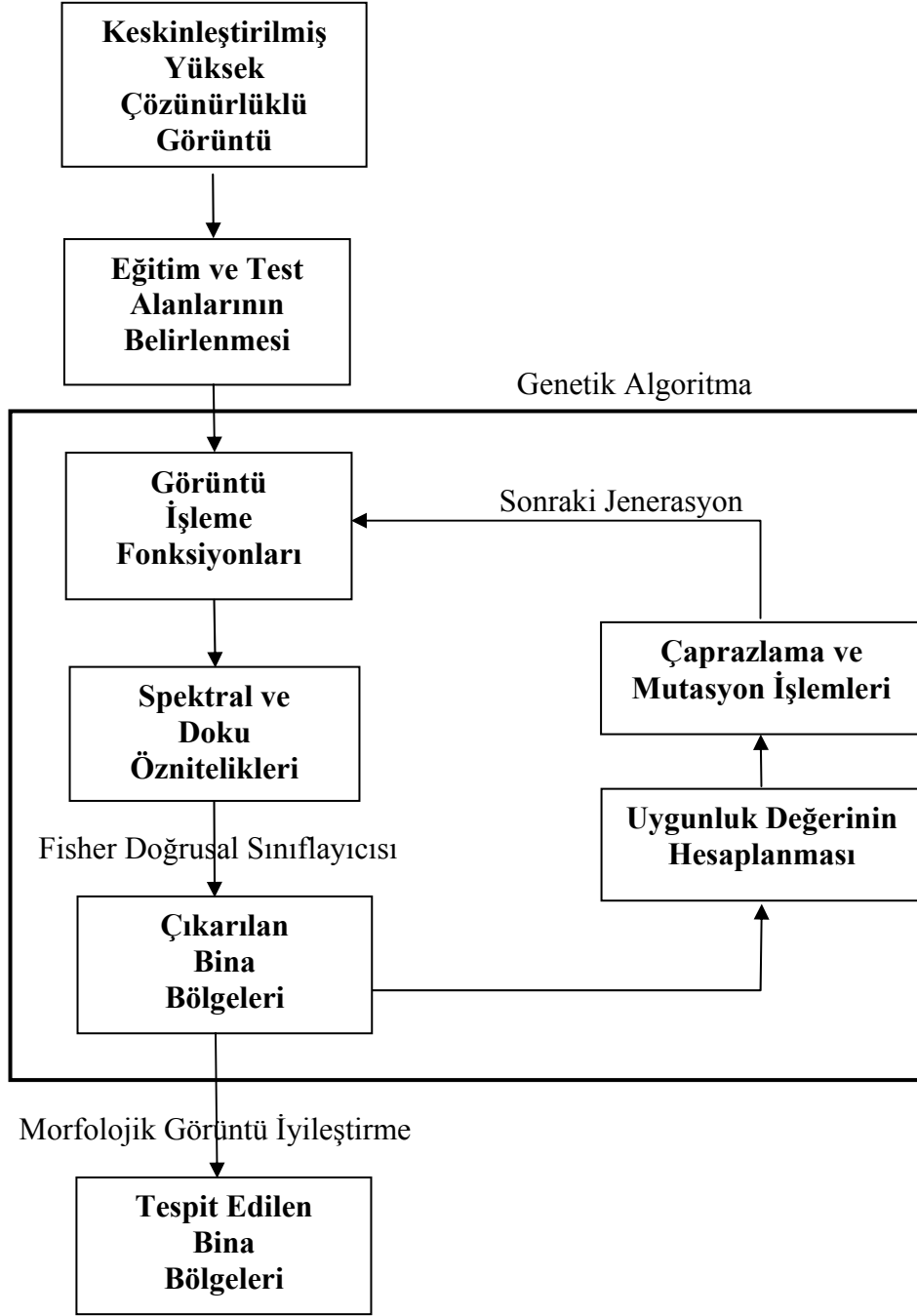
Bu çalışmada önerilen yöntemin anlatımından önce genetik algoritmaların görüntü işleme kavramlarıyla olan ilişkisine değinilmesinde fayda vardır. (Perkins vd., 2000) tarafından öngörülen tasarıma göre popülasyon, sayısı belli olan bir dizi kromozomun gelişigüzel yaratılmasıyla oluşmaktadır. Kromozom yapısı içerisindeki her bir gen ise yine rasgele belirlenen birer görüntü işleme fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bu fonksiyonlardan bazıları aritmetik, mantıksal ve eşik değeri işlemleri, bazıları ise spektral benzerlik, spektral mesafe ve spektral açı ile birlikte doku işlemlerinden meydana gelmektedir.



Şekil 2. M adet kromozom ve her bir kromozomda N adet gen içeren bir popülasyon yapısı (Perkins vd., 2000).

4. YÖNTEM

Bu çalışmada geliştirilen, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerden bina tespiti probleminin genetik algoritmalar yardımı ile çözümünü sağlayan, yaklaşımın temel adımları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Geliştirilen yaklaşımın temel adımları

Geliştirilen yaklaşımda önce keskinleştirilmiş görüntü üzerinde eğitim ve test alanlarının seçimi yapılır. Bu alanlar bina ve bina olmayan bölgelerin seçimini içeren iki sınıflı bir yapıyı temel almaktadır. Bu işlemin ardından, önceden gelişigüzel oluşturulmuş popülasyon içerisinde yer alan her bir kromozomdaki genler (görüntü işleme fonksiyonları) orijinal görüntünün bantlarına (K, Y ve M) uygulanır. Üzerinde işlem yapılacak bant veya bantların seçimi (girdi bantları) ve işlemin uygulanmasından sonra elde edilecek bantlar (çıkış bantları) yine gelişigüzel olarak

belirlenir. Çıktı bantları dört geçici banttandır meydana gelmektedir ve her bir kromozomda yer alan genler, işlem çıktıları bu bantlardan sadece bir tanesine yazar. Bu durumda, her bir kromozomun işlenmesiyle o kromozoma ait dört farklı çıktı bantı üretilmesi sağlanır. Bu çıktı bantları o kromozomun spektral ve doku özneliklerini barındırır.

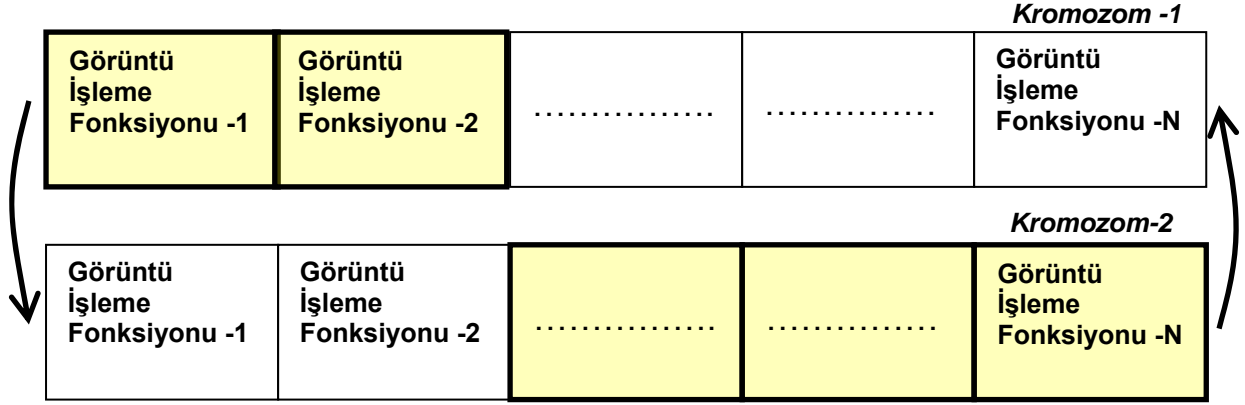
Daha sonra, Fisher doğrusal sınıflayıcısı ile oluşturulan çıktı bantları tek bir banda indirgenerek sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, daha önceden belirlenmiş eğitim alanlarını kullanarak orijinal görüntünün bina ve bina olmayan piksellere göre ikili bir sınıflandırmaya tabi tutulmasına olanak verir. Böylelikle her bir kromozom için bina bölgeleri çıkarılmış olur.

Bir sonraki adımda, hangi kromozomun ne kadar başarılı bir sınıflandırma yaptığını ölçen uygunluk değerlerinin hesaplanması gerçekleştirilir. Bu değer hesaplanırken bina ve bina olmayan alanlar üzerinde önceden belirlenmiş olan test bölgeleri kullanılır. Buna göre, sınıflandırma sonuçlarındaki bina veya bina olmayan piksellerin test alanlarındaki ilgili bina veya bina olmayan piksellerle olan uyuma yüzdesi **D** (Doğru tespit) olarak adlandırılır ve benzer şekilde birbirleriyle uyumayan piksellerin yüzdesine de **Y** (Yanlış tespit) denilirse, (1) eşitliğine göre kromozomların uygunluk değerleri (**U**) hesaplanabilir.

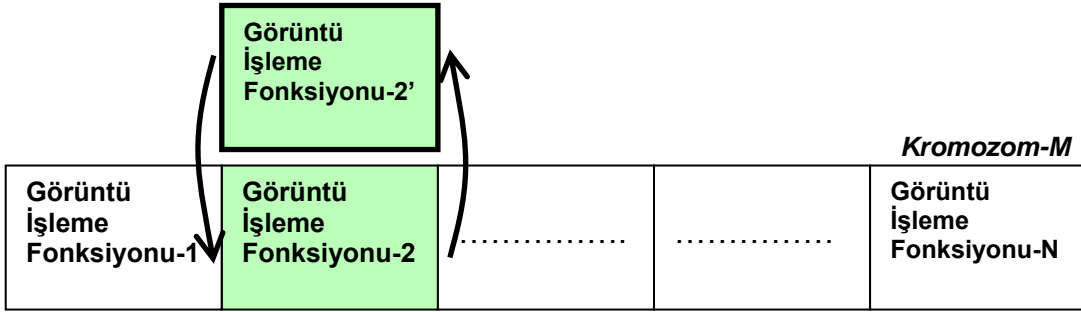
$$U = 50 \times (D + (1 - Y)) \quad (1)$$

Buna göre **D** ve **Y** değerlerinin 0 - 1 aralığında olabileceği düşünüldüğünde, **U** değeri de 0 - 100 aralığında bulunmaktadır. En iyi senaryoda, $D = 1$ ve $Y = 0$ ile uygunluk değeri 100 olurken; en kötü senaryoda ise, $D = 0$ ve $Y = 1$ ile uygunluk değeri 0 olarak hesaplanabilmektedir. Dolayısıyla, ilgili jenerasyonda en yüksek uygunluk değerine sahip kromozom "elit kromozom" olarak adlandırılır ve bu kromozom diğer jenerasyona doğrudan aktarılır.

Her bir kromozomun uygunluk değerinin hesaplanmasının ardından bir sonraki jenerasyona aktarılacak kromozomların seçilmesine yönelik olarak çaprazlama (Şekil 4) ve mutasyon (Şekil 5) işlemleri gerçekleştirilir. Bu işlemlerin amacı popülasyon üzerinde çeşitlilik yaratarak elit kromozomdan daha yüksek uygunluk değerlerine sahip yeni kromozomlar üretmeye çalışmaktır. Burada yapılan çaprazlama işlemi tek noktalı çaprazlamadır. Tek noktalı çaprazlama işleminde, iki kromozom yapısı üzerinde ortak bir gen belirlenir ve bu genin sağında veya solunda kalan kısımlar her iki kromozom üzerinde birbirleriyle yer değiştirir. Mutasyon işleminde ise tek bir kromozom üzerinde rastgele seçilen bir gen, yine mevcut görüntü işleme fonksiyonlarından rastgele seçilen başka bir genle yer değiştirir.



Şekil 4. Çaprazlama işleminin iki kromozom üzerinde işleyişi.



Şekil 5. Mutasyon işleminin tek kromozom üzerinde işleyişi.

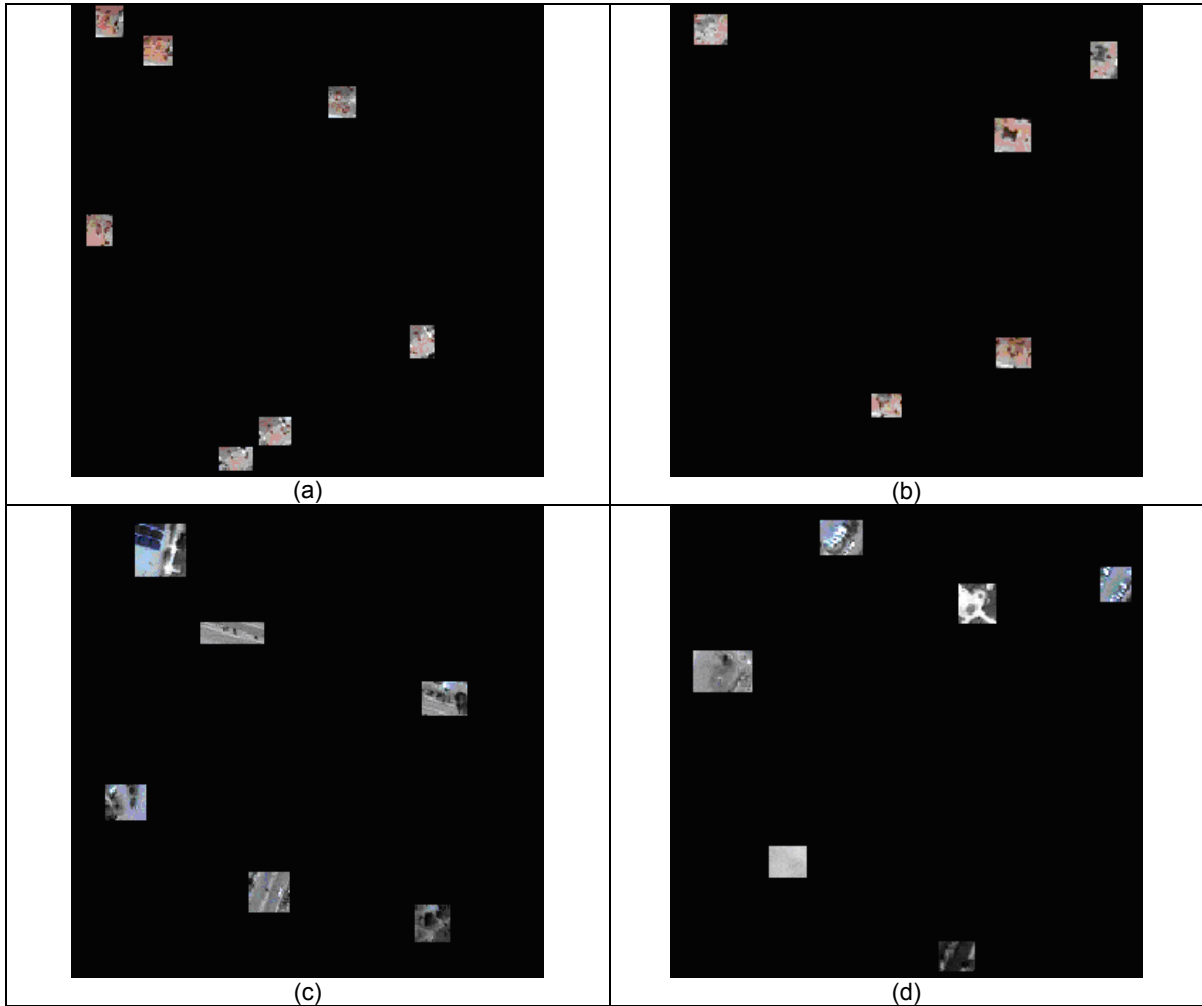
Çaprazlama ve mutasyon işlemleri genetik algoritmanın başlangıcında belirlenmiş sabit olasılık değerlerine göre yapılmaktadır. Bu olasılık değerlerine göre hangi kromozomların çaprazlamaya, hangilerinin mutasyona gireceği belirlenmektedir. Çaprazlama ve mutasyon işlemleriyle yaratılan yeni bireyler bir sonraki jenerasyona elit kromozom ile birlikte aktarılır. Bu evrimsel süreç belirli bir döngü yapısı içerisinde devam eder. Her jenerasyonda bir öncekine göre yeni elit kromozomlar elde edilir ve dolayısıyla, algoritma daha iyi sonuçlara doğru gider. Ancak jenerasyonlar ilerledikçe yeni elit kromozomların oluşmaması veya değişimin çok seyrek aralıklarla gözlenmesi algoritmanın belli bir bütünsel veya lokal çözüme doğru yakınsadığı anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, genetik algoritmanın yakınsama koşulu olarak sabit bir jenerasyon sayısı alınmıştır.

Geliştirilen genetik algoritma tarafından bina alanlarının belirlenmesi, henüz istenen sonucun elde edildiği anlamına gelmemektedir. Çünkü çıktı görüntüsünde yanlış sınıflandırılmış bölgeler olabilmektedir. Bu durumda, çıktı görüntüsü üzerinde bir son-işleminin (post-processing) gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda morfolojik görüntü işleme teknikleri kullanılarak hatalı bölgelerin asgari düzeye indirilmesi hedeflenmektedir. Kullanılan morfolojik işlemlerden bazıları; açma, kapama, eritme ve genişletme olarak sıralanabilir. Bu işlemler görüntü üzerindeki küçük boşlukların doldurulması, küçük objelerin yok edilmesi, inceltme, kalınlaştırma, yumuşatma gibi etkilere sahiptirler. Yapılan çalışma dâhilinde bu işlemlerin

bazılarının belirli bir mantıksal sıraya göre çıktı görüntüsüne uygulanmasıyla iyileştirilmiş bina alanları elde edilmiş olur.

5. YAKLAŞIMIN UYGULANMASI VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Önerilen yaklaşımın uygulanabilmesi için, MATLAB programlama dili kullanılarak bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan uygulama yazılımında, MATLAB'ın az sayıda görüntü işleme fonksiyonu dışında hiçbir kütüphane veya araç kutusundan faydalanılmamıştır. Uygulama aşamasının ilk adımı olarak eğitim ve test alanlarının seçimi yapılmıştır. Bina ve bina olmayan sınıflar için hem eğitim alanı hem de test alanı olmak üzere dikdörtgen şeklinde 20 farklı örnek bölge seçilmiştir. Seçilmiş olan eğitim alanı örneklerinden bazıları Şekil 6'da görülmektedir. Eğitim ve test alanlarının seçiminden sonra genetik algoritma tarafından kullanılan parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler; oluşturulacak jenerasyon sayısı (**J**), popülasyondaki kromozom sayısı (**K**), her bir kromozom üzerindeki gen sayısı (**G**), çaprazlama olasılığı (**P_c**) ve mutasyon olasılığı (**P_m**) dir.



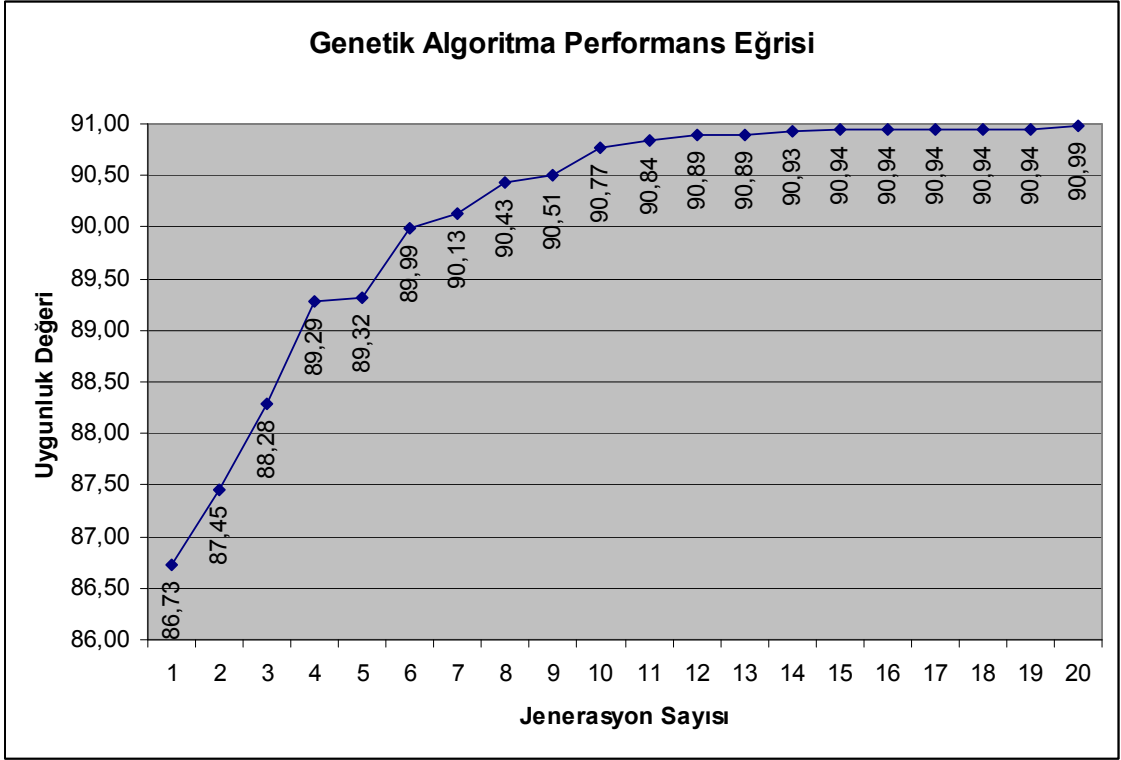
Şekil 6. Binalar için bazı (a) eğitim ve (b) test alanları. Bina olmayan nesnelere için bazı (c) eğitim ve (d) test alanları

Bu çalışmada parametre değerleri olarak, **J** ve **K** için 20, **G** için 5, **P_c** için 0.80 ve **P_m** için 0.20 alınmıştır. Bu değerlerin, benzer çalışma alanlarında yapılan birçok testin sonuçları analiz edilerek, seçilmiş en uygun değerler olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, literatürde yer alan ilgili çalışmalarda (Perkins vd., 2000; Perkins vd., 2005) benzer değerlerin kullanılması da seçilmiş olan değerleri desteklemektedir.

Geliştirilen yaklaşımın çalışma alanı üzerinde uygulanması sonucunda, ortalama test sonuçlarına bağlı olarak, bina alanları **%90,99** oranında bir maksimum uygunluk değeri ile tespit edilmiştir. Bu değer, genetik algoritmanın aynı çalışma alanı üzerinde aynı parametre değerleriyle (J=20, K=20, G=5, P_c=0.8, P_m=0.2) birbirinden bağımsız olarak 10 defa çalıştırılmasıyla elde edilmiştir. Bu bağlamda 10 farklı testin yapılması ile elde edilen maksimum uygunluk değeri, bu testlerin ortalama değerleri baz alınarak hesaplanmıştır. Ortalama değerlerinin alınması, şans eseri elde edilebilecek çok düşük veya çok yüksek uygunluk değerlerinin orta bir değere çekilebilmesini sağlamaktadır. Buna bağlı olarak seçilmiş olan “10” değeri, ortalamadaki değişimin azalmaya başladığı eşik değeri olarak kabul edilmiştir. Yapılmış olan testlerin sonuçları ve ortalama değerler Tablo 1’de verilmektedir. Bu tabloya göre uygunluk değerleri farklı testlerde elde edilen **%79,34** (Test-8) ile **%92,23** (Test-2) arasında değişim göstermekte olup, yapılan tüm testlerden her birinin ilk ve son jenerasyonları arasındaki değişim ise **%0.77** (Test-4) ile **%11.44** (Test-8) arasındadır. Testlerin ortalamalarına göre genetik algoritmanın performans eğrisi Şekil 7’de gösterilmektedir. Testlerdeki en yüksek uygunluk değerine sahip (%92,23) kromozomun ürettiği çıktı ve bu çıktı üzerinde morfolojik açma – kapama işleminin uygulanmasıyla elde edilmiş olan iyileştirilmiş son çıktı ise sırasıyla Şekil 8 ve 9’da gösterilmektedir.

Tablo 1. Yapılmış olan 10 farklı testin sonuçları ve ortalama değerler.

	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4	Test-5	Test-6	Test-7	Test-8	Test-9	Test-10	Ortalama
Jenerasyon-1	86,72	90,32	88,27	90,21	81,64	90,26	83,11	79,34	88,69	88,72	86,73
Jenerasyon-2	90,26	90,75	89,86	90,63	81,64	90,30	83,11	80,51	88,70	88,72	87,45
Jenerasyon-3	90,60	90,75	89,86	90,63	85,04	90,30	83,11	84,69	88,70	89,16	88,28
Jenerasyon-4	90,83	90,75	90,58	90,63	85,04	90,78	90,96	84,71	89,10	89,49	89,29
Jenerasyon-5	90,83	91,08	90,62	90,63	85,04	90,78	90,96	84,71	89,10	89,49	89,32
Jenerasyon-6	90,83	92,23	90,62	90,63	85,04	90,78	90,96	90,21	89,10	89,49	89,99
Jenerasyon-7	90,83	92,23	90,62	90,63	85,04	92,16	90,96	90,21	89,10	89,49	90,13
Jenerasyon-8	91,08	92,23	90,62	90,63	87,80	92,16	90,96	90,29	89,10	89,49	90,43
Jenerasyon-9	91,08	92,23	90,80	90,63	87,80	92,16	91,06	90,29	89,56	89,49	90,51
Jenerasyon-10	91,08	92,23	90,80	90,88	90,21	92,16	91,06	90,29	89,56	89,49	90,77
Jenerasyon-11	91,08	92,23	90,80	90,88	90,21	92,16	91,06	90,56	89,56	89,89	90,84
Jenerasyon-12	91,08	92,23	90,80	90,98	90,34	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,89
Jenerasyon-13	91,08	92,23	90,80	90,98	90,34	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,89
Jenerasyon-14	91,08	92,23	90,80	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,93
Jenerasyon-15	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,94
Jenerasyon-16	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,94
Jenerasyon-17	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,94
Jenerasyon-18	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,94
Jenerasyon-19	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,16	91,06	90,78	89,56	89,89	90,94
Jenerasyon-20	91,08	92,23	90,94	90,98	90,76	92,21	91,06	90,78	89,99	89,89	90,99



Şekil 7. Yapılmış olan testlere göre elde edilen genetik algoritma performans eğrisi.



Şekil 8. En yüksek uygunluk değerine (%92,23) sahip kromozom tarafından üretilmiş olan çıktı.



Şekil 9. Üretilen çıktının morfolojik görüntü işleme operatörleriyle iyileştirilmesi sonucu elde edilmiş olan iyileştirilmiş çıktı.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, keskinleştirilmiş yüksek konumsal çözünürlüklü renkli uydu görüntülerinden binaların tespit edilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, genetik algoritmaları ve güdümlü bir sınıflandırma algoritması olan Fisher doğrusal sınıflayıcısını kullanmakta olup bilinen genetik algoritma kavramları (popülasyon, kromozom, gen, çaprazlama, mutasyon, vs) ile temel görüntü işleme tekniklerini bütünleştirmektedir. Yaklaşım, hızlı ve düzenli bir gelişim gösteren ve farklı bina modellerini barındıran Ankara'nın Batıkent bölgesinde seçilmiş bir alan üzerinde, 1 metre konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş IKONOS uydu görüntüleri üzerinde, uygulanmıştır. Yapılan 10 farklı test sonucunda uygulama alanındaki binalar yaklaşık **%91** ortalama başarı yüzdesi ile tespit edilmiştir. Bu sonucun elde edilmesinde genetik algoritma parametreleri olan jenerasyon sayısı, kromozom sayısı ve gen sayısı ile birlikte çaprazlama ve mutasyon olasılıkları için sırasıyla **20, 20, 5, 0.8** ve **0.2** değerleri kullanılmıştır. Bu değerler, benzer çalışma alanlarında yapılan birçok testin sonunda elde edilen en uygun değerler olarak kabul edilip kullanılmıştır.

Geliştirilen yaklaşımın, geleneksel sınıflandırma teknikleri (örneğin, En Büyük Olasılık) ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı sonuçlar ürettiği söylenebilir. Sonuçlar incelendiğinde, ilk jenerasyonun ortalama değeri, bir başka deyişle Fisher doğrusal sınıflayıcısının elde ettiği değer, **%86,73** olarak bulunurken; son jenerasyonda bu değer **%90,99** seviyesine yükseldiği gözlemlenmektedir. Çalışmadaki bir diğer önemli nokta morfolojik görüntü operatörlerinin kullanımınıdır. Uygun yapısal elemanlar kullanılarak genetik algoritma sonucunda elde edilen görüntüye ardı ardına açma - kapama morfolojik işlemlerinin uygulanması ile bina

bölgelerinin daha başarılı ortaya çıkarıldığı görülmüştür. Bu işlemler ile hem gerçekte bina olmayan hatalı alanlar kısmi olarak yok edilmiş hem de bulunan bina alanları üzerindeki boşluk veya uzantı gibi istenmeyen pikseller asgari düzeye indirgenmiştir.

İleriye dönük olarak, bu çalışmanın yüksek çözünürlüğe sahip sayısal hava fotoğrafları üzerinde test edilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, genetik algoritmanın gen sayısı artırılıp daha fazla görüntü işleme operatörünün kullanılması ile daha başarılı sonuçların elde edilmesi hedeflenmektedir. Son olarak, bu çalışmada gerçekleştirilen görüntü iyileştirme adımının da genetik algoritma yapısına uyarlanarak daha verimli bir yapıya dönüştürülmesi düşünülen bir diğer noktadır.

KAYNAKLAR

Gamba, P. ve Houshmand, B., 2002, Joint Analysis of SAR, LIDAR and Aerial Imagery for Simultaneous Extraction of Land Cover, DTM and 3D Shape of Buildings. *International Journal of Remote Sensing*, **23(20)**, s.4439-4450.

Hofmann, A.D., Maas, H.G. ve Streilein, A., 2002, Knowledge-Based Building Detection Based On Laser Scanner Data And Topographic Map Information, *Proceedings of the Photogrammetric Computer Vision, ISPRS Komisyon III Sempozyum, PCV'02*, Graz, Avusturya.

Huertas, A. ve Nevatia, R., 1988, Detecting Buildings in Aerial Images, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, **41**, s.131-152.

Irvin, R.B. ve McKeown, D.M., 1989, Methods for Exploiting the Relationship Between Buildings and Their Shadows in Aerial Imagery, *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics*, **19(6)**, s.1564-1575.

Kim, T., Lee, T.Y. ve Kim, K.O., 2006, Semiautomatic Building Line Extraction from Ikonos Images Through Monoscopic Line Analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **72(5)**, s.541-549.

Kim, Z. ve Nevatia, R., 2004, Automatic Description of Complex Buildings from Multiple Images, *Computer Vision and Image Understanding*, **96**, s.60-95.

Lee, D.S., Shan, J. ve Bethel, J.S., 2003, Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **69(2)**, s.143-150.

Lin, C., Huertas, A. ve Nevatia, R., 1994, Detection of Buildings Using Perceptual Grouping and Shadows, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR'94*, Seattle, A.B.D., s. 62-69.

Lu, Y.H., Trinder, J.C. ve Kubik, K., 2006, Automatic Building Detection Using the Dempster-Shafer Algorithm, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **72(4)**, s.395-403.

Noronha, S. ve Nevatia, R., 2001, Detection and Modeling of Buildings from Multiple Aerial Images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **23(5)**, s.501-518.

Peng, J. ve Liu, Y.C., 2005, Model and Context-driven Building Extraction in Dense Urban Aerial Images, *International Journal of Remote Sensing*, **26(7)**, s.1289-1307.

Perkins, S., Edlund, K., Esch-Mosher, D., Eads, D., Harvey, N. ve Brumby, S., 2005, Genie Pro: Robust Image Classification Using Shape, Texture and Spectral Information, *Proceedings of SPIE*, **5806**, s.139-148.

Perkins, S., Theiler, J., Brumby, S.P., Harvey, N.R., Porter, R., Szymanski, J.J. ve Bloch, J.J., 2000, GENIE: A Hybrid Genetic Algorithm for Feature Classification in Multi-Spectral Images, *Proceedings of SPIE*, **4120**, s.52-62.

Rottensteiner, F. ve Briese, C., 2002, A New Method for Building Extraction in Urban Areas from High-Resolution Lidar Data, *Proceedings of the Photogrammetric Computer Vision, ISPRS Komisyon III Sempozyum, PCV'02, Graz, Avusturya*.

San, D. ve Turker, M., (2004), Automatic Building Detection and Delineation from High Resolution Space Images Using Model-Based Approach, *Proceedings of the XXth ISPRS Kongresi, Komisyon I, İstanbul*.

Shackelford, A.K. ve Davis, C.H., 2003, A Combined Fuzzy Pixel-Based and Object-Based Approach for Classification of High-Resolution Multispectral Data Over Urban Areas, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **41(10)**, s.2354-2363.

Wang, O., Lodha, S.K. ve Helmbold, D.P., 2006, A Bayesian Approach to Building Footprint Extraction from Aerial LIDAR Data, *Proceedings of the International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission, NC, A.B.D.*, s.192-199.

Wikipedia, <http://www.tr.wikipedia.org>, (2008.06.08).