ORTO-REKTİFİYE EDİLMİŞ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN GENETİK ALGORİTMA İLE OTOMATİK BİNA TESPİTİ

Emre SÜMER[1], Mustafa TÜRKER[2]

[1]Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 06530, Ankara, esumer@baskent.edu.tr
[2]Hacettepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara, mturker@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, orto-rektifiye edilmiş yüksek çözünürlüklü dijital hava fotoğraflarından binaların tespit edilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşım, genetik algoritmaları ve güdümlü bir sınıflandırma yöntemi olan Fisher doğrusal sınıflayıcısını (Fisher linear classifier) kullanmakta olup, aynı zamanda bilinen genetik algoritma kavramları ile temel görüntü işleme tekniklerini bütünleştirmektedir. Genetik algoritma terminolojisinde yer alan kavramlardan biri olan popülasyon, bir dizi kromozomlar (bireyler) topluluğu olup her bir kromozom belli sayıda genden (görüntü işleme fonksiyonundan) oluşmaktadır. Önce, görüntü üzerinden bina ve bina olmayan bölgeler için eğitim piksellerinin seçimi yapılmaktadır. Sonra, başlangıç popülasyonunda bulunan her bir kromozoma ait görüntü işleme fonksiyonları girdi bantları üzerinde ardı ardına uygulanmaktadır. Bu işlem sonucunda oluşan çıktı bantları, Fisher doğrusal sınıflayıcısı kullanılarak, ikili bir görüntüye dönüştürülmek suretiyle sınıflandırılır. Daha sonra, her bir kromozom için oluşturulan ikili görüntü ile daha önceden belirlenmiş test bölgeleri karşılaştırılarak kromozomların uygunluk değerleri hesaplanır ve en yüksek değere sahip olan elit birey belirlenir. Bu işlemi takiben bir sonraki popülasyonda (yeni jenerasyonda) yer alacak bireylerin seçilmesi ve gen çeşitliliğinin arttırılmasına yönelik olarak çaprazlama ve mutasyon işlemleri, daha önceden belirlenmiş çaprazlama ve mutasyon olasılıklarına bağlı olarak seçilmiş kromozomlar üzerinde uygulanır. Bu evrimsel süreç belirli bir jenerasyon sayısına ulaşıldığında durdurulur ve ilgili jenerasyondaki en yüksek uygunluk değerine sahip bireyin ürettiği çıktı, tespit edilen bina bölgeleri olarak alınır. Geliştirilen yöntem, Adana ili kent merkezinde seçilen bir bölgeye uygulanmıştır. Kullanılan veri, 1:4 000 ölçeğinde çekilmiş hava fotoğraflarının 15 μm ile taranması ve sonrasında orto-rektifikasyonunun yapılması ile elde edilmiştir. Geliştirilen yöntemin uygulanması sonucunda test alanındaki binalar yaklaşık %88 doğrulukla tespit edilmiştir. Elde edilen başarılı sonuçlar, yapılan çalışmanın oldukça umut verici olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Otomatik bina tespiti, Orto-rektifiye edilmiş hava fotoğrafları, Genetik algoritmalar, Fisher doğrusal sınıflayıcısı

ABSTRACT

In this study, an approach that provides the detection of buildings from high resolution ortho-rectified digital aerial imagery is proposed. This approach utilizes both the genetic algorithms and a supervised classification method, Fisher linear classifier. At the same time, the method integrates the well known genetic algorithm concepts with the fundamental image processing functions. The term "population" is a group of chromosomes (individuals) and each chromosome is composed of a number of genes (image processing functions). The proposed approach is initiated with the selection of the training pixels for building and non-building regions. In the next step, the image processing functions contained in each chromosome for the initial population are applied to input bands, one by one. The output bands obtained from the former step are classified into two classes by the Fisher linear classifier. Then, the binary outputs for each chromosome are compared with the previously selected test regions in order to compute the fitness values of the chromosomes. The chromosome having the highest fitness value is set as the elite individual. This process is followed by the selection of the chromosomes for the new generation. In addition, the gene diversification operations such as crossover and mutation are also applied on the selected chromosomes by using the predetermined probability rates. This evolutionary process is stopped after reaching an appropriate generation cycle and the output image produced by the fittest chromosome in the corresponding generation is accepted as the detected building regions. The developed method is implemented on a selected urban area of the city of Adana. The data used is the ortho-rectified aerial imagery having a scale of 1:4000, which is scanned at 15μm. The study is found to be quite promising since the building regions are detected in an approximate accuracy of 88%.

Keywords: Automatic building detection, Ortho-rectified aerial imagery, Genetic algorithms, Fisher linear classifier

1. GİRİŞ

Yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden otomatik obje belirleme son yıllardaki modern coğrafi bilgi teknolojileri uygulamaları için önemli bir konu haline gelmiştir. Bu uygulamaların en önemlileri arasında ise bina ve yolların tespit edilmesi yer almaktadır. Tespit edilen binalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için bir temel veri kaynağı olmasının yanısıra şehir ve doğal afet planlamasında, altyapı gelişiminde, haberleşme hatlarının kurulumunda ve benzeri birçok kentsel uygulamada da kullanılmaktadır. Binaların belirlenmesinde önemli bir veri kaynağı olan dijital

hava fotoğrafları, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip olmakla birlikte kalıcılık ve geniş spektral çözünürlük gibi özellikleriyle de birçok çalışmada sıkça kullanılmaktadır.

Hava fotoğrafları kullanılarak yapılmış olan bazı çalışmalarda binaların tespiti, bina gölgelerinden faydalanılarak 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 yapılmış olan bir çalışmada bina tespiti ve tanımlaması mono hava fotoğraflarından gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemde düşük seviyeli görüntü kesimlemesi ve algısal gruplama tekniklerinin yanında gölge bilgisi ve bina şekilleri de kullanılmıştır. Bir diğer çalışmada ise 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 bina duvarlarının doğruluğunun sınanması şeklindedir. Kim ve Nevatia (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, düz ve karmaşık çatı tiplerindeki binaların tespiti ve tanımlaması çoklu ve bindirmeli hava fotoğrafları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler, detay seviyeleri ve sayısal yükseklik verisinden elde edilen katmanlar, geliştirilen yöntemin belirli aşamalarında kullanılmış ve üç boyutlu çatı sınırları elde edilmiştir. Peng ve Liu (2005) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise mono hava fotoğraflarından yoğun kentsel bölgelerde bulunan binaların tespiti yapılmıştır. Hava fotoğrafları kullanılarak gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ise binaların otomatik olarak tespiti; sınıflandırma, şekil modelleme ve görüntü kaynaştırma tekniklerinin yer aldığı karma bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir (Lu vd., 2006).

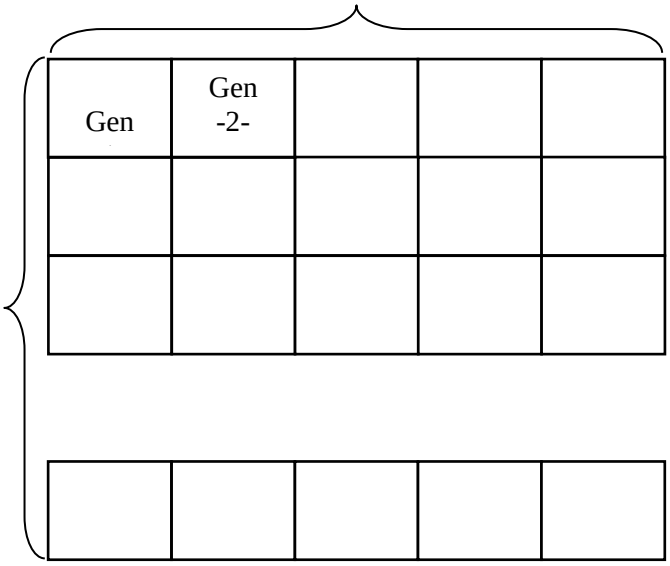
Bina tespiti ile ilgili çalışmalarda birçok genel amaçlı güdümlü öğrenme stratejisinin kullanıldığı söylenebilir. Ancak bu yöntemlerdeki genel ilke, bir grup parlaklık değerinden elde edilen spektral girdilerin kullanıldığı yaklaşımlar olarak göze çarpmaktadır. Oysa spektral özelliklerin tek başına yetersiz 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 Exloitation) ve GENIE Pro sistemleri, bir arama stratejisi ile en uygun görüntü işleme fonksiyonlarını bularak görüntüden nesnelerin tespit edilmesi yönünde yeni bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir (Perkins vd., 2000; Perkins vd., 2005).

Bu çalışmanın amacı, yüksek çözünürlüklü orto-rektifiye edilmiş hava fotoğraflarından genetik algoritma ve güdümlü sınıflandırma yöntemlerini kullanarak binaların belirlenmesine yönelik bir yaklaşım geliştirmek ve kentsel bir alanda uygulamaktır. Yaklaşım, GENIE ve GENIE Pro sistemlerinden yola çıkılarak tasarlanmış olup veri analizi, görüntüleme ve karmaşık matematiksel işlemler için en uygun programlama ortamlarından biri olan MATLAB kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. GENETİK ALGORİTMANIN TEMELLERİ

Genetik algoritmalar, doğada var olan evrimsel sürecin bilgisayar ortamında benzetiminin gerçekleştirilmesiyle belirli problemlerin çözümünde kullanılan bir eniyileme yöntemidir. Çalışma mantığı, karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyi çözümün ilkesine dayanır ve global en iyi çözümü arar. Genetik algoritmalar problemlerin çözümünde birden fazla çözümü içerisinde barındıran bir çözüm kümesi üretir. Bu kümedeki 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. Popülasyondaki kromozomlar evrimsel süreç içinde genetik algoritma işlemcileri tarafından belirlenirler.

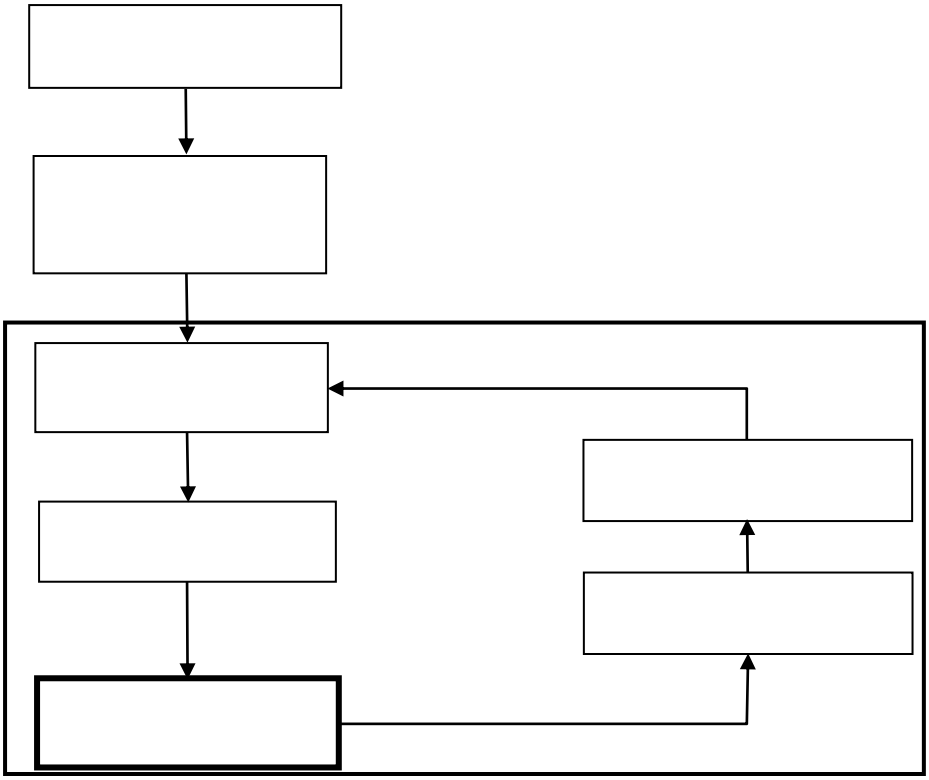
Genetik algoritmaların görüntü işleme kavramlarıyla olan ilişkisi, Perkins vd., (2000) tarafından öngörülen tasarıma göre gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda popülasyon, sayısı belli olan bir dizi kromozomun gelişigüzel olarak yaratılmasıyla oluşmaktadır. Kromozom yapısı içerisindeki her bir gen ise yine 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 1).



Şekil 1: M adet kromozom ve her bir kromozomda N adet gen içeren bir popülasyon örneği (Perkins vd., 2000)

3. YÖNTEM

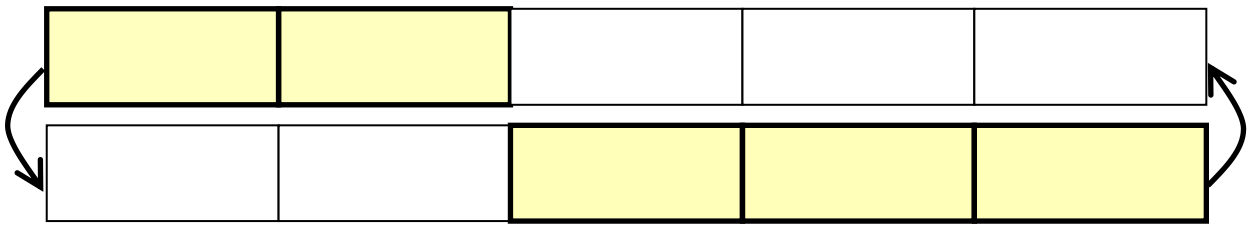
Orto-rektifiye edilmiş hava fotoğraflarından genetik algoritmalar yardımı ile otomatik bina tespitini sağlayan yaklaşımın temel adımları Şekil 2'te verilmiştir.



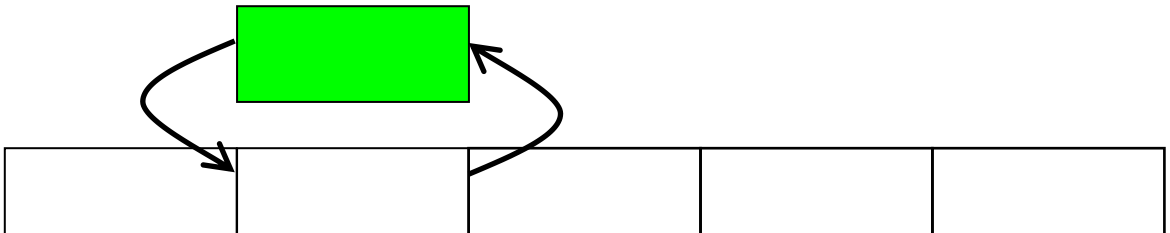
Şekil 2: Yöntemin temel adımları

[3] Geliştirilen yaklaşımın ilk adımı, orto-rektifiye edilmiş görüntü üzerinde bina ve bina olmayan piksellerden eğitim ve test alanlarının seçimini yapmaktır. 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 bant (çıktı bandı) yine gelişigüzel olarak genetik algoritma tarafından belirlenir. Çıktı bantları dört geçici banttan meydana gelmektedir ve her bir kromozomda yer alan genler işlem çıktılarını bu bantlardan sadece bir tanesine yazar. Bu durumda, her bir kromozomun işlenmesiyle o kromozoma ait dört faklı çıktı bandının üretilmesi sağlanır. Çıktı bantları o kromozomun spektral ve doku özniteliklerini barındırır.
[4]
[5] Çıktı bantlarının elde edilmesinden sonra bu bantlar Fisher doğrusal sınıflayıcısı ile tek bir banda indirgenir. Bu işlem, daha önceden belirlenmiş eğitim alanlarını kullanarak orijinal görüntünün bina ve bina olmayan piksellere göre ikili bir sınıflandırmaya tabi tutulmasına olanak verir. Sınıflandırılan görüntü en uygun eşik değerine göre ikili görüntüye dönüştürülerek, her bir kromozom için, bina bölgeleri çıkarılmış olur.
[6]
[7] Bir sonraki adımda, bina tespitini hangi kromozomun ne kadar doğru yaptığını ölçen uygunluk değerleri hesaplanır. Bu değerler 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 uyuşma yüzdesi D (Doğru tespit) olarak adlandırılırsa ve benzer şekilde birbirleriyle uyuşmayan piksellerin yüzdesine de Y (Yanlış tespit) denildiğinde, Denklem 1'deki formüle göre kromozomların uygunluk değerleri (U) hesaplanabilir.
[8]
[9] $$U = 50 \times (D + (1 - Y)) \quad (1)$$
[10]
[11] Yukarıdaki eşitliğe göre D ve Y değerleri 0 - 1 aralığında, U değeri ise 0 - 100 aralığında değişebilmektedir. En iyi senaryoda, D = 1 ve F = 0 iken uygunluk değeri 100; en kötü senaryoda ise, D = 0 ve F = 1 ile uygunluk değeri 0 olarak hesaplanabilmektedir. Dolayısı ile, ilgili jenerasyondaki en yüksek uygunluk değerine sahip kromozom "elit kromozom" olarak adlandırılır ve bu kromozom diğer jenerasyona doğrudan aktarılır.

[12] Her bir kromozomun uygunluk değerinin hesaplanmasının ardından bir sonraki jenerasyona aktarılacak kromozomların seçilmesine yönelik olarak çaprazlama (Şekil 3) ve mutasyon (Şekil 4) işlemleri gerçekleştirilir. Bu işlemlerin amacı, popülasyondaki belirli sayıda kromozom üzerinde gen çeşitliliği yaratarak sonraki jenerasyonlar için elit kromozomdan daha yüksek uygunluk değerlerine sahip yeni kromozomların üretilmesine çalışmaktır. Mevcut çalışmada yapılan çaprazlama işlemi, tek noktalı çaprazlama mantığına dayalı olup iki kromozom üzerinde ortak bir gen belirlenmesini öngörür. Sonrasında, belirlenen genin sağında veya solunda kalan kısımlar her iki kromozom üzerinde birbirleriyle yer değiştirir. Mutasyon işleminde ise tek bir kromozom üzerinde rasgele seçilen bir gen, yine mevcut görüntü işleme fonksiyonlarından rasgele seçilen başka bir genle yer değiştirir.



Şekil 3: Çaprazlama işleminin kromozom-1 ve kromozom-2 üzerinde işleyişi



Şekil 4: Mutasyon işleminin kromozom-M üzerinde işleyişi

[13] Çaprazlama ve mutasyon işlemleri genetik algoritmanın başlangıcında belirlenmiş sabit olasılık değerlerine göre yapılmaktadır. Bu değerlere 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 ve her jenerasyonda bir öncekine göre daha yüksek uygunluk değerine sahip elit kromozomların elde edilmesi beklenir. Böylece algoritma her jenerasyonda aynı veya daha iyi sonuçlar üretmeye zorlanmış olur. Ancak jenerasyonlar ilerledikçe yeni elit kromozomların oluşmaması veya değişimin çok seyrek aralıklarla gözlenmesi algoritmanın belli bir bütünsel veya lokal çözüme doğru yakınsadığını gösterir. Bu durumda algoritmanın durdurulması gerekir. Bu çalışmada, genetik algoritmanın yakınsama koşulu olarak sabit bir jenerasyon sayısı alınmıştır.

4. YÖNTEMİN UYGULANMASI VE SONUÇLAR

Önerilen yaklaşım, Adana kent merkezinden seçilmiş bir bölgeyi içeren 1:4 000 ölçeğinde çekilmiş ve 15 μm ile taranıp orto-rektifiye edilmiş hava fotoğraflarına uygulanmıştır. Uygulama yazılımı olarak MATLAB kullanılmış olup belirli görüntü işleme fonksiyonları dışında hiçbir ekstra kütüphane veya araç kutusundan faydalanılmamıştır.

Uygulama aşamasının ilk adımı olarak eğitim ve test alanlarının seçimi yapılmıştır. Bina ve bina olmayan pikseller için eşit alanlı dikdörtgensel 20 farklı bölge eğitim ve test alanı olarak belirlenmiştir. Eğitim ve test alanlarının belirlenmesinden sonra, genetik algoritma tarafından kullanılan parametreler olan jenerasyon sayısı (**J**), popülasyondaki kromozom sayısı (**K**), her bir kromozomdaki gen sayısı (**G**), çaprazlama olasılığı ($\mathbf{P_c}$) ve mutasyon olasılığı ($\mathbf{P_m}$) için ilk değer atamaları yapılmıştır. Bu çalışmada **J** ve **K** parametreleri için 20, **G** parametresi için 5, $\mathbf{P_c}$ parametresi için 0.80 ve $\mathbf{P_m}$ parametresi için de 0.20 değerleri alınmıştır. Bu değerlerin, benzer çalışma alanlarında yapılan birçok testin sonuçları analiz edilerek, seçilmiş en uygun değerler olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, literatürde yer alan ilgili çalışmalarda benzer değerlerin kullanılması da seçilmiş olan değerleri desteklemektedir (Perkins vd., 2000; Perkins vd., 2005).

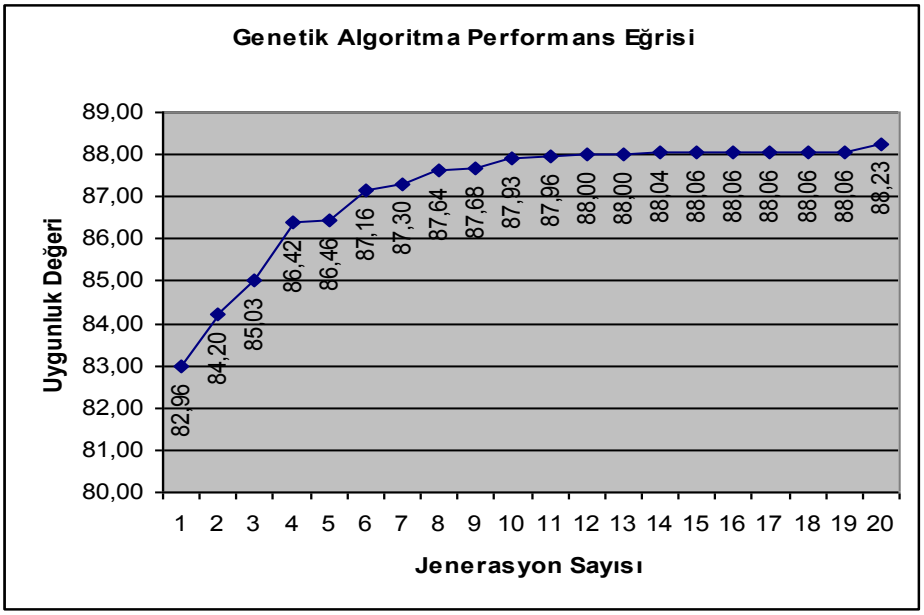
Geliştirilen yaklaşımın çalışma alanı üzerinde uygulanmasıyla elde edilen ortalama test sonuçlarına göre, bina alanları **%88,23** oranında bir maksimum uygunluk değeri ile tespit edilmiştir. Bu değer, genetik algoritmanın aynı çalışma alanı üzerinde aynı parametre değerleriyle (J=20, K=20, G=5, Pc=0.8, Pm=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 değerlerin alınmasındaki amaç, şans eseri elde edilebilecek çok düşük veya çok yüksek uygunluk değerlerinin orta bir değere çekilebilmesini sağlamaktır. 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 %76,34 (Test-4) ile %89,95 (Test-8) arasında değişim göstermekte olup yapılan tüm testlerin her birinin ilk ve son jenerasyonları arasındaki değişimler ise %2.61 (Test-10) ile %11.43 (Test-4) arasında seyretmektedir.

	Test-1	**Test-2**	**Test-3**	**Test-4**	**Test-5**	**Test-6**	**Test-7**	**Test-8**	**Test-9**	**Test-10**	**Ortalama**
Jenerasyon-1	83,72	85,27	85,52	**76,34**	80,11	84,33	82,22	87,26	78,64	86,24	82,96
Jenerasyon-2	87,26	86,86	87,50	77,51	80,11	86,31	83,21	87,30	78,64	87,25	84,20
Jenerasyon-3	87,60	86,86	87,67	81,69	80,11	86,48	83,29	87,30	82,04	87,25	85,03
Jenerasyon-4	87,83	87,58	87,79	81,71	87,96	86,60	87,28	87,78	82,04	87,60	86,42
Jenerasyon-5	87,83	87,62	87,96	81,71	87,96	86,76	87,36	87,78	82,04	87,62	86,46
Jenerasyon-6	87,83	87,62	88,53	87,21	87,96	87,34	87,65	87,78	82,04	87,62	87,16
Jenerasyon-7	87,83	87,62	88,53	87,21	87,96	87,34	87,65	89,16	82,04	87,62	87,30
Jenerasyon-8	88,08	87,62	88,65	87,29	87,96	87,46	87,71	89,16	84,80	87,62	87,64

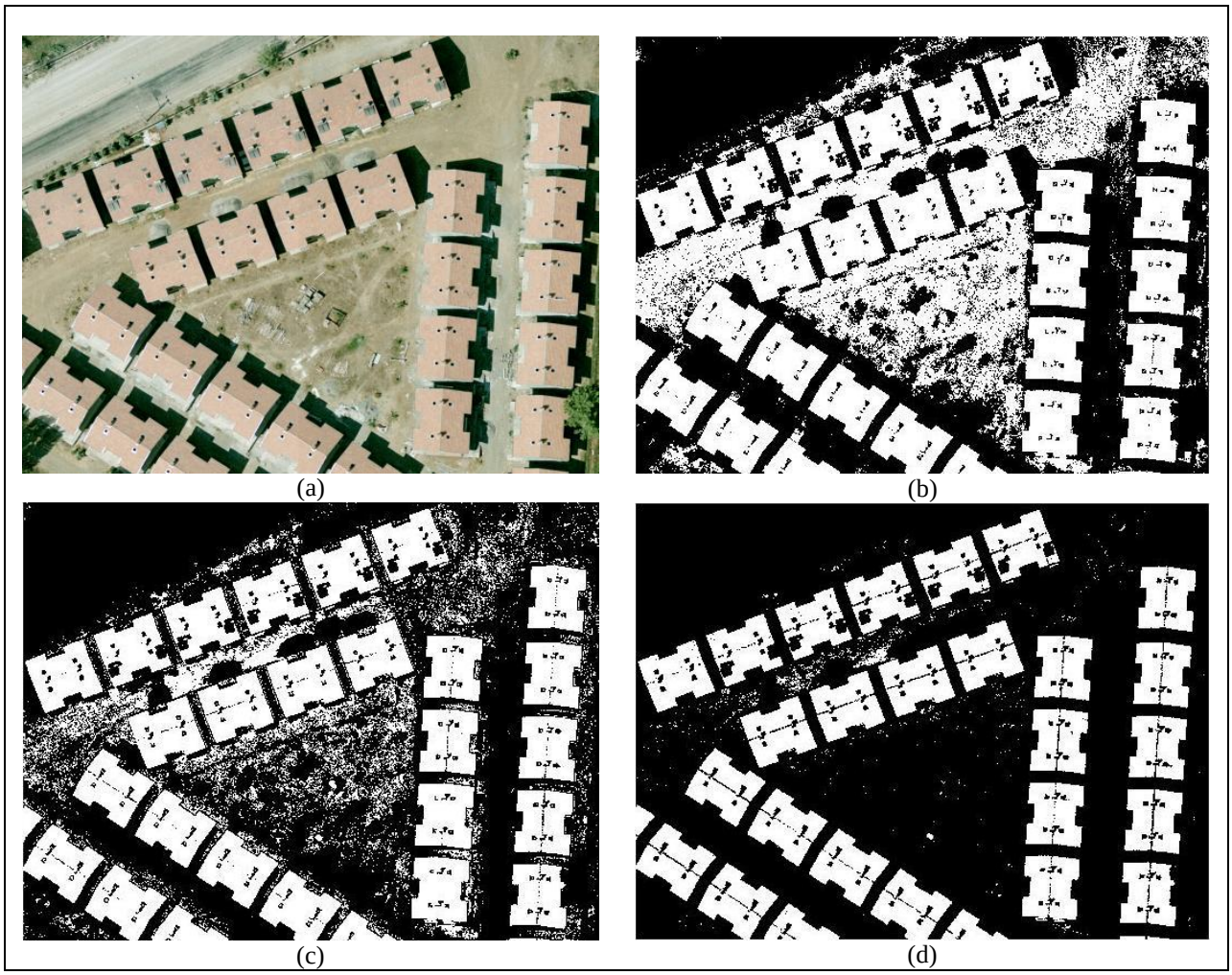
Jenerasyon-9	88,08	87,80	88,65	87,29	88,06	87,46	87,76	89,16	84,80	87,72	87,68
Jenerasyon-10	88,08	87,80	88,65	87,29	88,06	87,46	87,76	89,16	87,21	87,84	87,93
Jenerasyon-11	88,08	87,80	88,65	87,56	88,06	87,46	87,76	89,16	87,21	87,84	87,96
Jenerasyon-12	88,08	87,80	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,34	87,89	88,00
Jenerasyon-13	88,08	87,80	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,34	87,89	88,00
Jenerasyon-14	88,08	87,80	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,89	88,04
Jenerasyon-15	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,96	88,06
Jenerasyon-16	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,96	88,06
Jenerasyon-17	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,96	88,06
Jenerasyon-18	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,96	88,06
Jenerasyon-19	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	89,16	87,76	87,96	88,06
Jenerasyon-20	88,08	87,94	88,65	87,78	88,06	87,46	87,76	**89,95**	87,76	88,85	**88,23**

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

Testlerin ortalamalarına göre genetik algoritmanın performans eğrisi Şekil 5'de gösterilmektedir. Çalışma alanına ait hava fotoğrafı ve yapılmış olan 7, 10 ve 8 numaralı testlerdeki sırasıyla en yüksek uygunluk değerlerine (%87,76, %88,85 ve %89,95) sahip kromozomların ürettiği çıktılar ise Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 5: Yapılan testlere göre elde edilen genetik algoritma performans eğrisi



Şekil 6: (a) Çalışma alanı ve yapılmış olan (b) 7, (c) 10 ve (d) 8 numaralı testlerin sonucunda elde edilen çıktılar.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, orto-rektifiye edilmiş yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından 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, üçgen çatılı ve çokgen şeklindeki bina modellerinden oluşan, Adana ili kent merkezinde seçilen bir bölgeye uygulanmıştır. Yapılan 10 farklı test sonucunda uygulama alanındaki binalar piksel bazında yaklaşık **%88** oranında ortalama başarı yüzdesi ile tespit edilmiştir. Nesne bazında ise çalışma alanında bulunan tüm bina sınırlarının başarıyla tespit edildiği gözlenmiştir. 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 sonucunda elde edilen en uygun değerler olarak kabul edilip kullanılmıştır.

Geliştirilen yaklaşımın, geleneksel sınıflandırma teknikleri ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı sonuçlar ürettiği söylenebilir. Sonuçlar incelendiğinde, ilk jenerasyonun ortalama değeri, bir başka deyişle Fisher doğrusal sınıflayıcısının elde ettiği değer, **%82,96** olarak bulunurken; son jenerasyonda bu değerin **%88,23** seviyesine yükseldiği gözlemlenmektedir. Bu gelişimin, popülasyonda yer alan elit kromozomların çaprazlama ve mutasyon gibi işlemlerle iyileştirilmesi sonucunda ortaya çıktığını söylemek mümkündür.

Çalışmanın devamında, mevcut genetik algoritmadaki görüntü işleme fonksiyonlarının hem işlev hem de performans açısından analizleri yapılıp en uygun fonksiyonlar gen havuzuna eklenecektir. Ayrıca, gelişigüzel bir şekilde oluşturulan ilk popülasyondaki kromozomlara belli bir kurala göre gen ataması yapılarak algoritmanın daha yüksek bir uygunluk değeriyle başlatılması ve dolayısı ile, global çözüme daha hızlı yakınsanması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

HUERTAS, A.; NEVATIA, R. (1988), "Detecting Buildings in Aerial Images", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.41, (131-152).

[14]

IRVIN, R.B.; MCKEOWN, D.M. (1989), "Methods for Exploiting the Relationship Between Buildings and Their Shadows in Aerial Imagery", *IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics*, Vol 19, (1564-1575).

LIN, C.; HUERTAS, A.; NEVATIA, R. (1994), "Detection of Buildings Using Perceptual Grouping and Shadows", *Computer Vision and Pattern Recognition Proceedings*, (62-69).

NORONHA, S.; NEVATIA, R. (2001), "Detection and Modeling of Buildings from Multiple Aerial Images", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, (501-518).

KIM, Z.; NEVATIA, R. (2004)**,** "Automatic Description of Complex Buildings from Multiple Images", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.96, (60-95).

LU, Y.H.; TRINDER, J.C.; KUBIK, K. (2006), "Automatic Building Detection Using the Dempster-Shafer Algorithm", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.72, (395-403).

PENG, J.; LIU, Y.C. (2005), "Model and Context-driven Building Extraction in Dense Urban Aerial Images", *International Journal of Remote Sensing*, Vol.26, (1289-1307).

PERKINS, S.; EDLUND, K.; ESCH-MOSHER, D.; EADS, D.; HARVEY, N.; BRUMBY, S. (2005), "Genie Pro: Robust Image Classification Using Shape, Texture and Spectral Information", *SPIE Proceedings*, (139-148).

PERKINS, S.; THEILER, J.; BRUMBY, S.P.; HARVEY, N.R.; PORTER, R.; SZYMANSKİ, J.J.; BLOCH, J.J. (2000), "GENIE: A Hybrid Genetic Algorithm for Feature Classification in Multi-Spectral Images", *SPIE Proceedings*, (52-62).