

İğneada Koruma Alanının Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımının Zamana Bağlı Değişiminin Markov Zincirleri İle Modellenmesi

A. Gonca Bozkaya KARİP^{1*}, Çiğdem GÖKSEL²

¹ Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
(gonca_bozkaya@yahoo.com) ORCID 0000-0002-8865-5559

²İstanbul Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul
(goksel@itu.edu.tr) ORCID 0000-0001-8480-1435

Öz

Bu çalışmada, doğal alanlar için risk oluşturan kentleşmenin ve doğal alanlardaki değişimin zamansal gelişiminin izlenmesi, ileriye yönelik olarak bir gelişim modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi olarak seçilen İğneada Koruma Alanı ekolojik açıdan hassas, çok sayıda flora ve fauna için habitat alanı olma özelliği taşıyan, sadece Türkiye için değil, dünya ölçeğinde önemli bir ekosistemdir. Kaynakların verimliliklerinin ve koruma-kullanma dengesinin sağlanması, ekosistemin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, alanın karakteristiğinin belirlenmesi, zaman içerisindeki değişimi ve değişimin ne yönde olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

Çalışmada 1984, 1990, 2000 ve 2010 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü ve kullanımları hazırlanmıştır. Bu arazi örtüsü/kullanım verileri çalışmanın modelleme kısmında referans veri olarak kullanılmıştır. Bölgenin gelecekte nasıl şekilleneceğinin tahmini için; Markov zincirleri yöntemine dayalı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov), Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri kullanılmış ve test alanı 2010 yılı için modellenmiştir. Mevcut 2010 yılı arazi kullanımı ile 2010 yılı için elde edilen model sonuçları karşılaştırılmış, en yüksek doğruluğun Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri ile elde edildiği tespit edilmiştir. MLP_Markov modeli'nin alansal değerlendirme bakımından daha yüksek doğruluk vermesi, çok değişkenli olması ve değişimin dinamik olduğu alanlarda kullanıldığında daha verimli sonuçlar vermesi nedeniyle 2030 yılı modellemesi için tercih edilmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Arazi kullanım / Arazi örtüsü, Markov Chain, Değişim Tespiti, Modelleme

Modeling Of Land Use /Land Cover Change Detection Of İgneada Protecting Zone Using Markov Chain

Abstract

In this study, it is aimed to monitor the temporal change of the urbanization that is a risk for natural areas and the changes in natural areas, and to apply a forecasting model for the near future. The İgneada Conservation Area, selected as a study region, is an ecologically sensitive ecosystem that is a habitat area for a variety of flora and fauna. This ecosystem region has a huge importance for the global scale. Provision of resource productivity and conservation-use balance is crucial for the future of the ecosystem. For this purpose, it is necessary to determine the area, and magnitude and direction of the changes.

In this study, 1984, 1990,2000 and 2010 Landsat images were used for detecting land use/land cover changes. Three different models were implemented to simulate the land cover map of İgneada in 2030. These models

* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi:04.04.2017

Kabul Tarihi:05.08.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics

are Stochastic Markov Model (ST_Markov), Cellular Automata Markov Model (CA_Markov) and Multi-Layer Perceptron Markov Model (MLP_Markov). İğneada conservation area is modeled with these models for the year 2010. İğneada conservation area is modeled with these models for the year 2010. Year 2010 the model results obtained with the current land use for the year 2010, compared to the highest accuracy the process of CA_Markov Model and MLP_Markov Model it has been observed that the models obtained.

The assessment of the model to give higher accuracy in terms of MLP_Markov spatial, multivariate and change due to yield more efficient results when used in areas where dynamic modeling and results are presented for 2030 have been preferred.

Keywords: Remote Sensing, Landuse/Landcover, Markov Chain, Change Detection, Modelling

1. GİRİŞ

Arazi örtüsü ve arazi kullanımının değişimi doğal sistemler ve insan yapımı sistemler ile bağlantılı karmaşık ve dinamik bir süreç olup, bu süreçten tüm ekosistem etkilenmektedir. Ekolojik açıdan hassas alanların korunması, ekosistem döngüsünün bozulması, doğal alanların kaybedilmesi gibi tehlikeler açısından büyük önem taşımaktadır. Doğal alanların geleceği açısından hızlı nüfus artışı, gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte ortaya çıkan baskı, hızla alınan ve bütüncül olmayan planlama kararları tehlike unsurlarını oluşturmaktadır.

Doğal kaynakların verimliliklerini kaybetmeden kullanımının sağlanması, korunması ve geliştirilmesi için geçmişe yönelik analizlerinin yapılması, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün zaman içinde nasıl değiştiğinin belirlenmesi ve geleceğe yönelik modellerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Arazi değişimi tesbiti çalışmalarının amacı, biyofiziksel etkenler ve insan kaynaklı arazi örtüsü/kullanımındaki değişiklikleri saptamaktır (Rindfuss ve diğ., 2004; Carmona ve Nahuelhual, 2012). Bir bölgeye ait arazi kullanım/örtüsündeki değişimin tespit edilmesi, o bölgenin farklı zaman periyotlarında mevcut durumunun belirlenmesi ve zamana bağlı farklılıkların ortaya çıkarılması işlemidir. Burada, yüksek doğrulukta işlenmiş, çok zamanlı uzaktan algılama görüntüleri önemli bir veri kaynağıdır (Singh, 1989; Green ve diğ., 1994; Deer, 1995; Göksel, Ç.1998; Coppin ve diğ., 2002; Rogan ve diğ., 2003).

Araştırmanın Amacı

Bern Sözleşmesi'ne göre tehlike altında bir habitat olarak tanımlanmış olan Longoz (su basar ormanları), ülkemizde ve dünyadaki en hassas ekosistemlerden biridir. Ülkemizin en büyük Avrupa'nın da en büyük ikinci longoz ormanı olma özelliğini taşıyan İğneada, koruma alanı ve çevresi, longoz ormanları, karışık orman alanları, sazlık ve bataklık alanları, geniş kumsalları, sulak alanları ve bu alanların ev sahipliği yaptığı farklı yaşam türleriyle uluslararası öneme sahip bir habitatır (Bozkaya A.G., 2013). İğneada, Türkiye'nin kuzeybatısında, Kırklareli iline bağlı Demirköy ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Marmara Bölgesi'nin kuzeyinde, Istranca (Yıldız) Dağları'nın eteklerinde, Karadeniz'in kıyısında yer almaktadır. Çalışma alanı, 41° 45' - 41° 58' K ve 27° 50' - 28° 03'D coğrafi koordinatları arasında yer alan İğneada bucağı, Limanköy, Avcılar ve Beğendik köylerini kapsamaktadır ve 239,90 km² yüzölçümüne sahiptir (enviroGRIDs 2012., Bozkaya, A.G. ve diğ. 2014). İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile özel bir alandır. Birbirinden bağımsız üç bölüm olan longozlar, sulak alan ekosistemini, kumul alan ekosistemini ve subasar orman ekosistemini aynı anda barındırmaktadır. Bu ekosistem, içerisinde endemik ve nadir bitki türlerini barındırırken, aynı zamanda 194 çeşit kuş, 310 çeşit böcek, 46 çeşit memeli, 28 çeşit balık ve 17 sürüngen türüne ev sahipliği yapmaktadır.

İğneada Longoz ormanları çalışma alanının, mevcut durumunun belirlenmesi ve zamana bağlı olarak nasıl geliştiğinin ortaya konması, gelecekteki ne durumda olabileceğinin öngörülmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle, çalışmada, 1984,1990, 2000 ve 2010 yılı uydu görüntülerinden yararlanarak, bölgenin arazi kullanımında zaman içindeki değişimleri incelenmiştir. Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen “EnviroGRID -Building Capacity For A Black Sea Basin Observation And Assessment System Supporting Sustainable Development” projesi ile “İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi” başlıklı TÜBİTAK projesi(no:110Y015) desteğiyle de gerçekleştirilen bu çalışmada, İğneada koruma bölgesi, Markov zincirleri yöntemine dayalı Stokastik Markov Modeli (ST_Markov), Hücresel Özışleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ve Çok Katmanlı Algılayıcı Yapay Sinir Ağı ile Çalışan Markov Modeli (MLP_Markov) modelleri kullanılarak 2010 yılı için modellenmiştir. Sonuçlar, 2010 yılı arazi kullanımı sonuçları ile karşılaştırılmış ve MLP_Markov modeli kullanılarak, 2030 yılı için bölgede meydana gelebilecek değişimler ortaya konmuştur.

2. YÖNTEM

İğneada gibi, ekolojik açıdan canlılar için önemli ve hassas doğal alanların sürdürülebilirliğini sağlamak açısından, alınacak kararlar büyük önem taşımaktadır. Bölgenin geçmişinin, nasıl geliştiğinin ve şu anki durumunun belirlenmesi, gelecekteki ne durumda olabileceğinin öngörülmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle, sunulan çalışmanın ilk aşamasında uzaktan algılama verileri ile bölgenin arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi ve değişim analizi yapılmıştır. İkinci aşama ise, tahmin modelleri yardımı ile bölgenin 2030 yılı için arazi kullanımı ve arazi örtüsünün nasıl değişeceğinin öngörülmesi çalışmasıdır. Bu aşamada üç farklı metot kullanılarak çalışma alanına ait arazi kullanımı/örtüsü önce 2010 yılı için modellenmiş ve en yüksek doğruluğun alındığı MLP_Markov tahmin

modeli ile 2030 yılı için tahmin yapılmıştır. Markov Chain tahmin modeline dayanan; ST_Markov, CA_Markov ve MLP_Markov modelleri kullanılmıştır. Şekil 1’de çalışmada uygulanan yöntemin akış şeması verilmiştir.

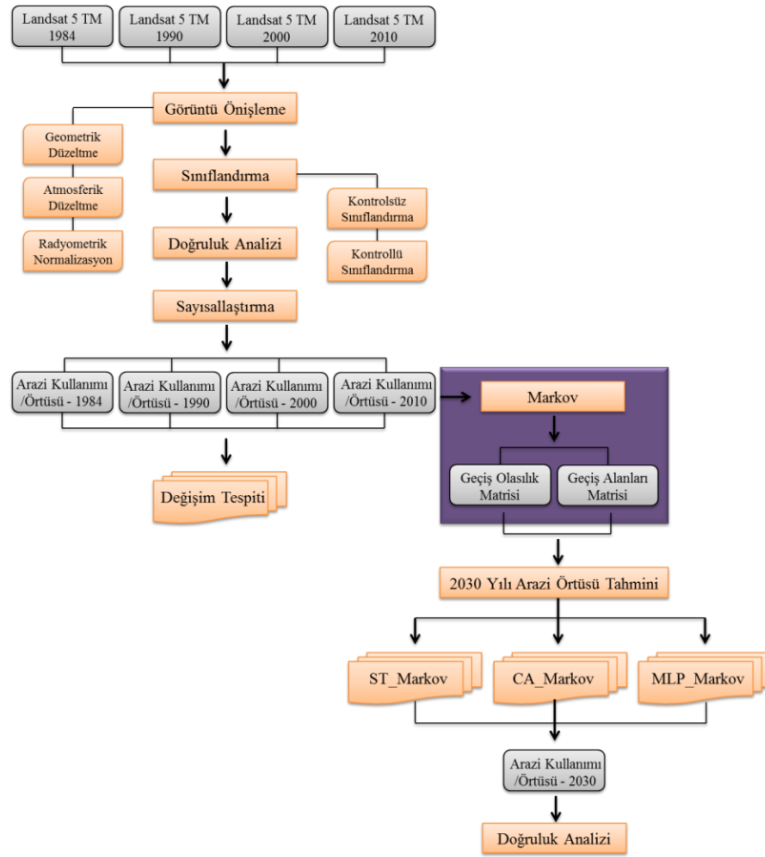
Veriler

İğneada çalışma alanının, yıllara göre arazi örtüsü/kullanımındaki değişimleri belirlemek için, 07.09.1984, 07.08.1990, 18.08.2000 ve 15.09.2010 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Eğim, Bakı ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde edilmesinde 15 m. çözünürlüğe sahip AsterDEM verisinden yararlanılmıştır. Ayrıca, 2003 tarihli İkonos, 2009 tarihli Aster uydu görüntüleri, 1972 ve 1993 yıllarına ait 1/25000 ölçekli haritalar, arazi çalışması sırasında çekilen fotoğraflar ve 1/25.000 ölçekli Kırklareli İl Çevre Düzeni Planı referans veri olarak kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Arazi Örtüsü / Kullanımının Belirlenmesi ve Değişim Tesbiti

Arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, kontrollü (En Çok Benzerlik Yöntemi ile) sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Longoz ormanı Arazi örtüsü/Arazi Kullanım sınıfları, bölge özellikleri dikkate alınarak, *su, orman, longoz ormanı, sazlık, plantasyon alanı, açık alan/tarım alanı, kumsal, yerleşim ve yol* olmak üzere dokuz sınıf olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma da benzer yansıtma nedeniyle ayrılamayan Longoz ormanları, görüntü üzerinden sayısallaştırılmış ve düzeltilmiş sınıflar, kontrollü sınıflandırma sonuçları ile birleştirilmiştir (Eşbağ, H., 2013). Bölgenin yıllara göre arazi kullanımı dağılımı Tablo 1 de sunulmuştur.



Şekil 1. Yöntem akış şeması (Bozkaya, A. G., 2013).

Tablo 1: Arazi Kullanım Dağılımı

Arazi Kullanım Sınıfları	1984 Alan (ha)	1990 Alan (ha)	2000 Alan (ha)	2010 Alan (ha)
Su	137	136	106	141
Orman	15046	15900	16643	16554
Longoz Ormanı	1497	1513	1536	1589
Sazlık	369	379	365	357
Plantasyon Alanı	2190	1906	1378	1449
Tarım/Açık Alan	2532	1940	1705	1584
Kumsal	196	178	187	213
Yerleşim	54	67	97	128
Yol	716	719	720	723
Toplam	22737	22737	22737	22737

Sınıfların konumsal doğruluklarının belirlenmesi için, her bir sınıf için çalışma bölgesine dağılmış kontrol noktaları seçilmiş doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Sınıflandırma doğrulukları 1984 yılı için %92, 1990 yılı için %97, 2000 yılı için %98, 2010 yılı için ise %97 olarak hesaplanmıştır (Balçık

ve diğ., 2011; Bozkaya, A.G., 2013; Bozkaya, A.G. ve diğ., 2014)

3.1.1. Değişim Tespiti

İğneada çalışma alanında arazi kullanımı/örtüsü değişiminin tespitinde, elde edilen 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait arazi kullanım haritaları kullanılmış, piksel düzeyinde karşılaştırma imkânı sunan “-den -e” (from-to) analizi ile görüntüler arasındaki farklar tespit edilmiştir. Çalışmada sırasıyla, 1984 ile 1990 yıllarına ait görüntüler, 1990 ile 2000 yıllarına ait görüntüler, en son olarak da 26 yıllık değişimi görebilmek amacıyla 1984 ile 2010 yıllarına ait görüntüler karşılaştırılmıştır (Bozkaya, A.G ve diğ. 2015).

Değişim matrisleri incelendiğinde; 1984 yılı ile 1990 yılları arasında; su, plantasyon alanları, kumsal ve açık alan/tarım

alanlarının azaldığı, yerleşim alanlarında ise artış olduğu,

1990 yılı ile 2000 yılları arasında; su, plantasyon alanı ve tarım/açık alanlar azaldığı, oransal olarak büyük artışın yerleşim alanlarında olduğu ve alansal olarak büyük değişimin orman alanlarında olduğu (1012 ha'lık orman alanının plantasyon alanına dönüştüğü),

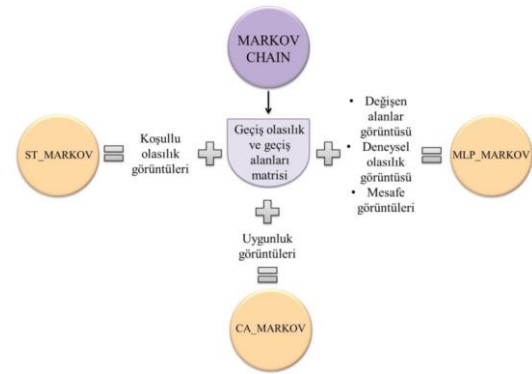
2000 ve 2010 yılları arasında; su ve yerleşim alanlarının arttığı, orman, sazlık ve plantasyon alanı olarak belirlenen alanların, su alanlarına dönüştüğü, ormana dönüşen alanların ise, 2000 yılında longoz ormanı, tarım/açık alan ve plantasyon alanı olduğu tesbit edilmiştir.

Çalışmada, orman alanları değerlendirilirken, karışık orman alanları, longoz ormanları ve plantasyon alanlarının büyüklükleri birlikte ele alınmış ve yıllara göre incelendiğinde, bölgenin orman varlığının arttığı belirlenmiştir.

3.1.2. Çalışma Alanının 2010 Yılı İçin Modellenmesi ve Modellerin Doğruluk Değerlendirmesi

Modelleme çalışmasında kullanılan ana metod; karmaşık sistemlerin analizinde kullanılan olasılıksal bir model olan Markov Zincirleri'dir. Model, bir değişkenin, sınırlı bir zaman içerisindeki önceki durumları dikkate alarak, zaman içinde nasıl geliştiğini tahmin eden rastgele bir süreçtir (Brooks, 1998; Weisstein, 2012).

Bu çalışmada ileriye yönelik modellemede Markov Zincirleri yöntemi esasına dayanan Stokastik Markov modeli, Hücresel özışleme tabanlı Markov modeli ve Çok katmanlı algılayıcı ağ ile çalışan Markov modeli uygulanmıştır. 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait uydu görüntülerinden arazi kullanımları ve değişimleri tespit edilen çalışma alanı, her üç model ile 1990 ve 2000 görüntüleri kullanılarak 2010 yılı için tahmin edilmiştir. Şekil 2'de kullanılan modellerin, uygulama süreci ifade edilmektedir.



Şekil 2. Markov Chain'e bağlı olarak üretilen modeller (Bozkaya, A. G.,2013).

Bozkaya, A.G., 2012'de ve Bozkaya ve Ark., 2015'de detaylı verilmiş olan 2010 yılı mevcut arazi kullanımı ile piksel bazında karşılaştırılmış ve bu alanının modellenmesinde kullanılan yöntemlerden hangisine en yakın olduğu belirlenmiştir.

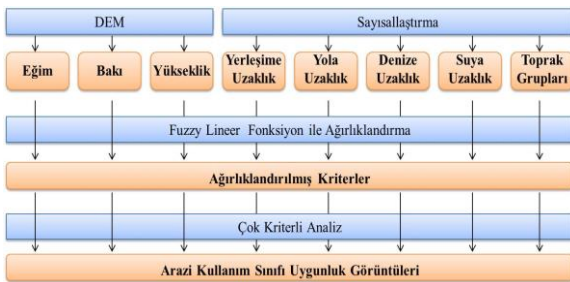
3.1.3. Stokastik markov modeli (ST_Markov)

Stokastik süreçler ve Markov Zincirleri analiz teknikleri birlikte kullanılan ST_Markov için arazi örtüsü değişim eğiliminin bilinmesi ile ve t_2 zamanındaki gelecek durum, kendisinden hemen önceki, t_1 zamanındaki duruma göre tahmin edilmektedir (Ahmed ve Ahmed, 2012). Modelde, geçmiş ve gelecek birbirinden bağımsız ele alınmaktadır (Eastman, 2009a). Uygulamada ilk olarak, iki tarihe ait görüntüler kullanılarak geçiş olasılık matrisi (transition probability matrix) ve geçiş alanları matrisi (transition areas matrix) üretilmiştir. Geçiş alanları matrisi, belirlenen bir zaman için bir arazi örtüsü tipinden diğer bir arazi örtüsü tipine geçmesi beklenen piksellerin sayısını ifade eden metin dosyasıdır. Bu dosyada satırlar mevcut durumdaki arazi örtüsü kategorilerini, sütunlar ise yeni arazi örtüsü kategorilerini temsil etmektedir. Markov zincirleri analizi ile farklı iki zaman ait arazi kullanım verisinden elde edilen geçiş olasılık matrisinden yararlanılarak, belirtilen süre sonunda her bir pikselin hangi arazi kullanım sınıfında bulunacağını olasılığını gösteren koşullu olasılık görüntüleri (conditional probability

images) elde edilmiştir (Bozkaya, A. G.,2013).

3.1.4. Hücresel özişleme tabanlı markov modeli (CA_Markov)

Çalışma alanı için uygulanan ikinci model, hücresel özişleme tabanlı Markov modelidir. Bu model, Markov zincirleri, Hücresel Özişleme (CA) ve Çok Kriterli Analiz (*Multi-Criteria Evaluation*) yöntemlerinin kombinasyonundan oluşmaktadır (IDRISI, Selva Help System, 2012). CA_Markov ile tahmin modeli oluşturulurken; Temel arazi kullanımı, Markov zincirleri ile üretilen Geçiş Alanları Matrisi, Çok Kriterli Analiz yöntemi ile elde edilen arazi kullanım uygunluk haritası, 5×5Komşuluk filtresi kullanılmıştır. Arazi kullanımı için uygunluk analizi, çeşitli arazi kullanım türleri için, alanın yapısına ilişkin niteliklerin karşılaştırılması şeklinde yapılmaktadır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; Akbulak, 2010; Guan, Q ve diğ. 2005). Bu nitelikler arazinin fiziksel özelliklerinin yanı sıra, sosyo-ekonomik, demografik ve çevresel verilerdir. Herbiri kriter olarak ele alınarak, uygunluk analizinin yapılması sürecinde, çeşitli yöntemlerle analiz edilmektedir.



Şekil 3 : Uygunluk Görüntüleri elde edilme süreci

İğneada için belirlenen kriterler; eğim, bakı, yükseklik, yerleşime uzaklık, denize uzaklık, yola uzaklık, suya uzaklık ve toprak gruplarıdır. Kriterlerin her biri bulanık mantık yöntemi ile ağırlıklandırılmış, ağırlıklandırılan bu veriler kullanılarak Çok Kriterli Analiz (ÇKA) yöntemi ile her bir sınıf için uygunluk görüntüleri (faktör görüntüleri) oluşturulmuştur. Çok kriterli analiz ile elde edilen birleştirilmiş arazi kullanım uygunluk haritası, Markov geçiş alanları matrisi, 2000

yılına ait arazi kullanım haritası ve 5 × 5 komşuluk filtresi kullanılarak, CA_Markov modeli uygulanmıştır (Bozkaya, A. G., 2013; Eşbağ, H., 2013).

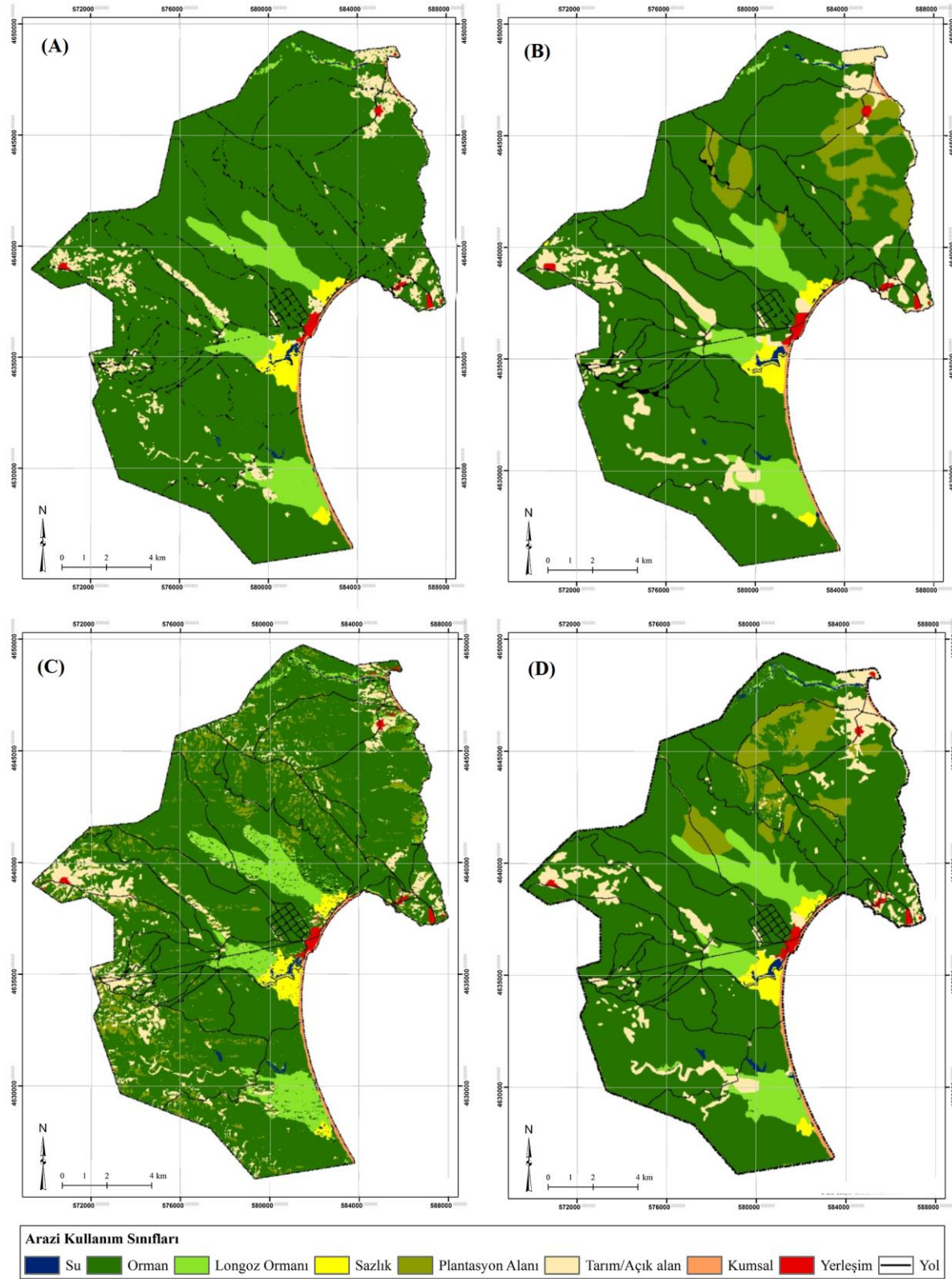
3.1.5. Çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı ile çalışan markov modeli (MLP_Markov)

Çok katmanlı algılayıcılar (Multi-layer perceptron)Markov modeli, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağları ile çalışan bir modeldir. Markov zincirleri ile geçiş olasılık ve geçiş alanları matrisi üretilerek modelde kullanılır.1990 ve 2000 yılları arasındaki arazi kullanımı/razi örtüsü değişim görüntüsü oluşturulmuştur. Tahmin için MLP_Markov algılayıcı yapay sinir ağları kullanmanın en büyük avantajı, tüm geçişlerin aynı anda modellenmesinin olası olmasıdır (IDRISI Selva Help System, 2012).

3.1.6. Kullanılan Tahmin Modellerinin Doğruluklarının Belirlenmesi

İğneada çalışma alanının arazi kullanım/örtüsünün 2030 yılı için tahmin edilmesi aşamasında, oluşturulan bu modellerin doğruluklarının belirlenmesi, alan için en doğru sonuçların hangi model ile elde edildiğinin kararının verilmesi açısından çok önemlidir. Doğruluk tespiti için, 1990 ve 2000 yıllarına ait arazi kullanım haritaları ve bu yıllara ait geçiş alanları ve geçiş olasılık matrisleri kullanılarak 2010 yılı için arazi kullanım tahmini yapılmıştır. Her bir model için elde edilen sonuçlar, 2010 yılına ait arazi kullanım haritası ile karşılaştırılmıştır., olasılık hesabına dayanan Stokastik Markov Modelinin, Hücresel Özişleme Tabanlı Markov Modelinin ve Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ ile çalışan Markov Modelinin sonuçlarının doğruluklarının belirlenmesi için; her bir model ile 1990 ve 2000 görüntüleri kullanılarak 2010 yılı arazi örtüsü / arazi kullanım tahminleri yapılmıştır.

Tablo 2 de, 2010 yılı için, mevcut arazi kullanımı ile piksel bazında karşılaştırılmış alansal sonuçlar ve Şekil 3 de ise görsel-tematik sonuçlar sunulmuştur.



Şekil 4: 2010 Yılı Arazi Kullanımı Tahmin Görüntüleri Ve Mevcut Arazi Kullanım Haritası.

Tablo 2 : 2010 yılı tahminlerine göre arazi kullanımı/örtüsü (ha).

	2010 Arazi Kullanım	2010 ST Markov	2010 CA Markov	2010 MLP Markov
Su	141,41	64,26	88,65	96,93
Orman	16553,60	18700,80	16813,30	16774,00
Longoz Ormanı	1589,31	1515,87	1539,18	1539,09
Sazlık	357,12	367,74	351,81	354,69
Plantasyon Alanı	1448,55	22,86	1346,67	1344,24
Tarım/Açık Alan	1583,73	1247,94	1571,94	1545,84
Kumsal	212,67	183,87	188,64	195,48
Yerleşim	127,62	103,59	121,32	127,26
Yol	723,40	530,48	715,90	759,88
Toplam	22737,41	22737,41	22737,41	22737,41

Modelin temel girdilerinden olan arazi kullanım değişimleri olduğundan dolayı, 2030 yılı arazi kullanımı tahmini için kullanılan 1990 ve 2010 yılları arasında gerçekleşen arazi kullanımı/örtüsü değişim görüntüsü oluşturulmuştur. Ortaya çıkan en önemli değişimler, diğer arazi örtüsü tiplerinden yerleşim ve yollara dönen alanlar ile longoz ormanı, karışık orman ve sazlık sınıflarından diğer arazi örtüsü tiplerine dönüşen alanlardır. Modelde sadece, arazi kullanımının tahmini için belirleyici olduğu kabul edilen bu geçişler kullanılmıştır (Şekil 4.).

Geçiş alanları belirlendikten sonra, modelde kullanılacak tüm geçişler için temel görüntü üzerinden, değişimin içindeki kategorik değişkenlerin birleştirilmesi amacıyla deneysel olasılıklar (*Empirical likelihood*) hesaplanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te 1990 – 2010 yıllarına ait geçiş alanları görüntüsü kullanılarak elde edilen deneysel olasılık görüntüsü yer almaktadır. Bu görüntü, geçiş alanları içinde, arazi kullanımı/örtüsü türlerinin rölatif sıklığı saptanarak üretilmiştir. Lejanttaki sayılar, değişen alanlardaki olasılık yığılmalarını ifade

etmektedir. En yüksek değerler orman alanlarına denk gelmiştir ve bu da en çok orman alanların değişeceği tahminini vermektedir.

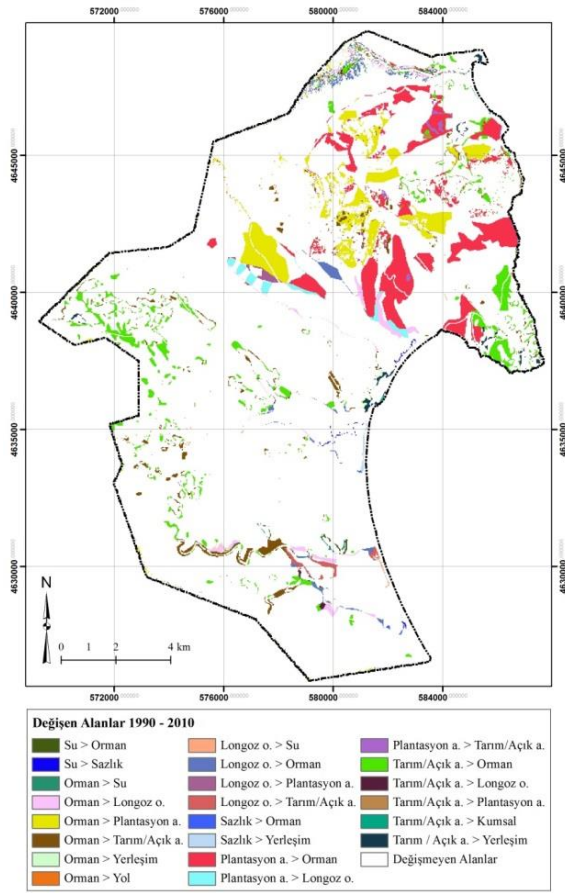
Doğru olarak tahmin edilen ve doğru olarak tahmin edilemeyen pikselleri gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında, piksel bazında, Stokastik Markov Modeli (ST_Markov) ile % 93.5, Hüresel Özişleme Tabanlı Markov Modeli (CA_Markov) ile % 98.9, Çok Katmanlı Algılayıcı Ağ ile Markov modeli (MLP_Markov) ile % 89.6 oranında doğruluk sağlanmıştır. Ancak alansal büyüklükler incelendiğinde (Tablo 2), en isabetli tahminin MLP_Markov modeli ile elde edildiği saptanmıştır(Bozkaya, 2013; Bozkaya ve diğ. 2015).

3.1.7. MLP_Markov ile 2030 Yılı için Tahmin Modeli uygulaması

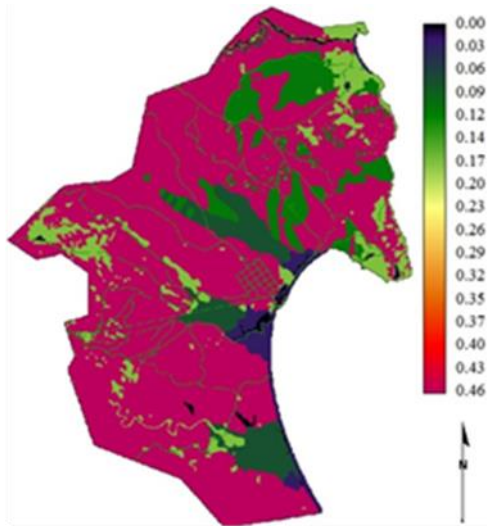
Elde edilen deneysel olasılık değerinden, gelecek arazi kullanımı tahmininde, nitel değişkenler için, arazi örtüsü dağılımını ana değişken kategorileri ile birlikte test eden Kramer testi kullanılmıştır(Leh, M.ve diğ. 2011).

Arazi kullanımı tahmini için MLP algılayıcı sinir ağını kullanmanın en büyük avantajı, tüm geçişleri aynı anda modellenen mümkün olmasıdır(IDRISI Selva Help System, 2012).

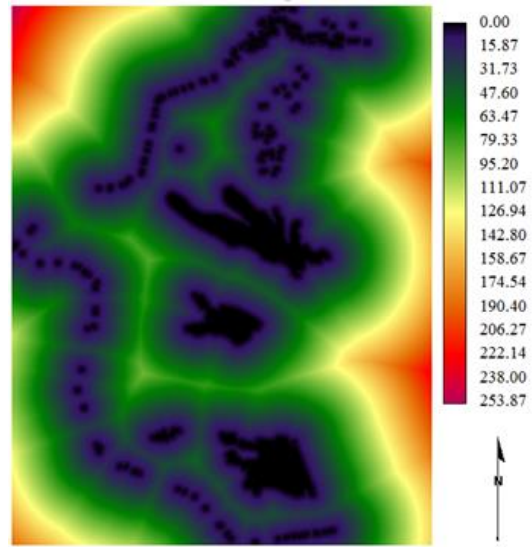
Çoklu geçişlerin modellenmesinde, arazi kullanımı / arazi örtüsü tiplerinin birbirine geçişini gösteren geçiş potansiyeli haritaları, her bir geçiş ayrı ayrı modellenerek üretilmektedir.



Şekil 5: Değişen Alanlar 1990 – 2010.



Şekil 6: Deneysel Olasılık Görüntüsü (1990-2010).



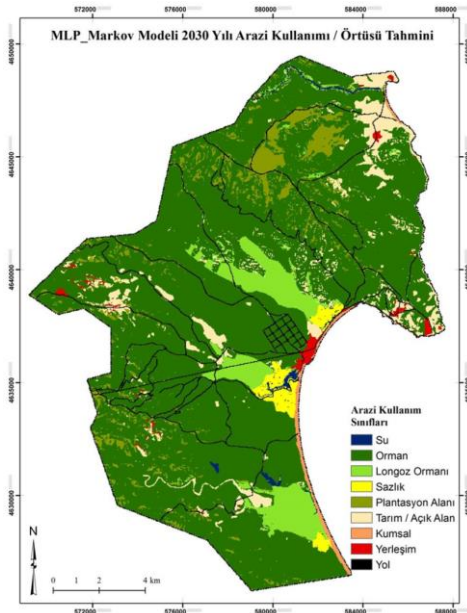
Şekil 7 : Mesafe Görüntüsü

Geçiş potansiyeli hesaplanırken, hiç bir değişim (geçiş) olmayan arazi sınıflarına ait piksellerden örnek seçilerek eğitim sürecinde kullanılır. Bunun nedeni, bir arazi kullanım sınıfından, diğer arazi kullanım sınıfına dönüşecek alanlar, mevcut durumda ikinci arazi kullanım sınıfında olamayacağından, geçiş potansiyeli hesaplanırken, her bir arazi kullanım sınıfı için elde edilen mesafe görüntüleri değişken olarak kullanılmıştır. Şekil 6 da Longoz sınıfının mesafe görüntüsü örnek olarak sunulmuştur. MLP sinir ağı kullanılarak, her bir geçiş için özel ağırlıklar hesaplanmıştır. Her bir geçiş için farklı doğruluk oranları sözkonusu olmasına rağmen, bu oran hiçbir geçiş için %96'nın altında kalmamıştır. Doğruluk oranları, kategori başına eğitilen ve test edilen pikseller için örnekleme özelliklerine bağlı olarak oldukça yüksektir (Bozkaya, 2013; IDRISI Selva Help System). Çalışma alanı için 24 adet geçiş potansiyeli haritası üretilmiştir. Bu haritalar, her duruma ilişkin olarak modellenen, her bir geçişin sahip olduğu potansiyelleri göstermektedir (Eastman, 2009b). Buradaki yüksek değerler, arazi kullanımı/örtüsü tipi için yüksek üyelik derecesini göstermektedir. Değişimin modellenmesinde tahmin prosedürü, çok amaçlı dağılım algoritmasını temel almaktadır. Dolayısıyla, her ana sınıf için ve bu ana sınıfa geçebilecek diğer sınıfların listesi oluşturularak, tüm geçişlere bakılmaktadır. Her bir ana sınıf için geçişler belirlenerek bütün sınıflara ait veriler üst üste

getirilerek tahmin görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7). Tablo 4’de MLP_Markov modeli ile elde edilen 2030 yılı arazi kullanımı/örtüsü tahminine göre; su alanları 121 ha, orman alanı 16993 ha, longoz ormanı 1481 ha, sazlık 365 ha, plantasyon alanları 1309 ha, tarım alanı/ açık alanlar 1371 ha, kumsal 204 ha, yerleşim 177 ha ve yol 717 ha büyüklüğünde olacağı sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3 : 2030 yılı arazi kullanım tahminlerine göre arazi kullanım/örtüsü.

	2010	2030
Arazi Kullanımı (ha)	MLP Markov (ha)	MLP Markov (ha)
Su	141,41	120,78
Orman	16553,6	16993,1
LongozOrmanı	1589,31	1480,68
Sazlık	357,12	365,22
PlantasyonAlanı	1448,55	1309,32
Tarım/Açık Alan	1583,73	1371,33
Kumsal	212,67	203,55
Yerleşim	127,62	176,76
Yol	723,4	716,67
Toplam	22737,41	22737,41



Şekil 8: 2030 Yılı Arazi Kullanım Tahmin Görüntüsü

Bu sonuçlara göre; su alanlarının ST_Markov modeli tahmininde azalırken, diğer tahminlerde arttığı, orman alanlarının bütün

tahminlerde arttığı, longoz ormanlarının CA_Markov modeli tahmininde artarken diğer tahminlerde azaldığı, sazlık alanlarının MLP_Markov dışındaki diğer model tahminlerinde azaldığı görülmektedir (Bozkaya, A.G. ve diğ., 2015). Ayrıca, tarım/ açık alan ve plantasyon alanlarının ST_Markov modelinde çok fazla olmak üzere bütün modellerde azaldığı, kumsal alanlarında çok büyük bir değişiklik olmadığı, yerleşim alanlarının en büyük artış CA_Markov modelinde olmak üzere bütün tahminlerde arttığı ve yol alanlarının bütün tahminlere göre azaldığı görülmektedir.

Orman alanlarının diğer modellerde, olduğundan daha büyük miktarda olduğu belirlenmiştir.

Su, orman, sazlık ve kumsal alanları için en yakın tahmin MLP_Markov yöntemi ile elde edilirken, bu model ile yerleşim alanları için neredeyse tam doğrulukta bir sonuç sağlanmıştır. Piksel bazında elde edilen yüksek doğruluk oranına rağmen, mekânsal tahminde en yüksek isabeti sağlayan Stokastik Markov modeli ile gerçeğe en uzak tahminler elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İğneada longoz (su basar) ormanları, yaprağını döken orman ekosistemleri, tatlı ve tuzlu su gölleri, bataklıklar ve alçak ve yüksek kıyı alanları, kıyı kumulları ile dünyada nadir görülen ve günümüze kadar bozulmadan ulaşabilen özel bir alandır. Bölgenin çevresinin günümüze kadar geçirdiği değişimlerin belirlenmesi, bu alan için geleceğe yönelik kararlar alınması açısından çok önemlidir. İğneada koruma alanının, 1984 yılından 2010 yılına kadar geçen sürede alanın arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimi uydu görüntüleri ve uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmiştir. Değişim analizi çalışması sonucunda, 1984 yılından 2010 yılına kadar en büyük değişimin yerleşim alanlarında olduğu ve % 135 olan bu büyümenin, 1990' lı yıllardan itibaren, azalma eğilimindeki nüfusa rağmen olmasının dikkat çekici ve beklenmeyen bir durum olduğu söylenebilir. Ancak, alanın turizm potansiyeli ve yaz aylarında nüfusun artışı, özellikle

bölgede yazlık konutların yapılmasına neden olmuştur. Diğer bir değişim ise % 37 oranında negatif yönlü olan tarım alanları/açık alanlar için olmuş ve dönüşümün daha çok orman, longoz ormanı ve yerleşim alanlarına dönüştüğü tesbit edilmiştir. İncelenen dönemde, plantasyon alanlarının da orman alanlarına dönüştüğü gözlenmiştir.

ST_Markov modeli, sadece geçmiş yıllarda arazi örtüsünde meydana gelen değişimlere göre hesaplanan olasılıkları kullanması nedeniyle kısıtlı bir yöntem olmasına rağmen bu alan için yüksek doğrulukta arazi kullanımı tahmini elde edilmesini sağlamıştır. CA_Markov ve MLP_Markov modellerinde ise, arazi kullanım tahminleri, arazi kullanımına etki eden faktörler göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Dolayısıyla, ST_Markov modeli ile kıyaslandığında, diğer iki modelin çok değişkenli ve değişimin dinamik olduğu kentsel ve kırsal alanlarda kullanıldığında daha verimli sonuçlar elde edileceği öngörülmüştür. Bu nedenle, alansal büyüklükler bakımından yapılan değerlendirmede en yüksek doğruluklu tahminin MLP_Markov modeli ile elde edildiği gözlemlendiği için 2030 yılı tahmini için bu model kullanılmıştır. Ayrıca, MLP_Markov modelinde, arazi kullanım tahminlerinin, arazi kullanımına etki eden faktörler göz önünde bulundurularak yapılması nedeniyle dinamik bir yapıya sahip olduğu görünen İğneada için anlamlı sonuçlar elde edildiği öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Şehir Bölge Plancısı A. Gonca Bozkaya Karip'in Doç. Dr. Çiğdem Göksel yürütücülüğünde İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü-Geomatik Mühendisliği Programında gerçekleştirilen yüksek lisans tezinden hazırlanmış bir makaledir. Ayrıca, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı tarafından desteklenen "Building Capacity For A Black Sea Basin Observation And Assessment System Supporting Sustainable Development" projesi ve Prof. Dr. Hayriye Eşbağ yürütücülüğünde tamamlanan "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" isimli 110Y015 nolu TUBİTAK projesi

uygulamaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Her iki proje ekibinin katkı ve destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ahmed, B. Ve Ahmed, R. (2012). Modeling urban land cover growth Dynamics using multi-temporal satellite images: A case study of Dhaka, Bangladesh. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 1, 3-31
- Beek, K. J. (1978). *Land Evaluation for Agricultural Development: Some Explorations of Land-use Systems Analysis with Particular Reference to Latin America*. The Netherlands: ILRI Publication.
- Bektaş Balçık F., **Bozkaya A. G.**, Göksel Ç., Doğru A. Ö., Uluğtekin N.N. ve Sözen S., "İğneada Arazi Örtüsü ve Kullanımı Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi". HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 106- 3, Yıl: 2011, Sf: 70-74.
- Bozkaya, A.G. (2013). "İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve CBS ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi", 2012, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı. Gonca Bozkaya, Yüksek Lisans Tezi.
- Bozkaya, A.G., Bektas Balçık, F., Goksel, C., Dogru, A.O., Uluğtekin, N.N., & Sozen, S. (2014). Satellite-Based Multitemporal Change Detection in Igneada Flooded Forests. *Romanian Journal of Geography*, 2, 58,161-168.
- Bozkaya, A.G., Bektas Balçık, F., Goksel, C., Esbah, H. (2015). Forecasting Land-Cover Growth Using Remotely Sensed Data: A Case Study of the Igneada Protection Area in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 59, No. 187, 02/2015

- Brooks, S. (1998). A Markov Chain Monte Carlo method and its application. *The Statistician*. 47, 69-100.
- Carmona, A. ve Nahuelhual, L. (2012). Combining land transitions and trajectories assessing forest cover change. *Applied Geography*. 32(2012), 914-915.
- Coppin, P., Lambin, E., Inge, J. ve Muys, B. (2002). Proceedings of the First International Workshop on Analysis of multi-temporal remote sensing images. Vol.2, University of Trento, Italy. 13-14 September 2001. eds. L. Baizzone ve P. Smits, World Scientific, N.J.
- Dent, D. L. ve Young, A. (1981). *Soil Survey and Land Evaluation*. (3. Baskı). London: George Allen & Unwin.
- Eastman, J. R. (2009a). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.
- Eastman, J. R. (2009b). *IDRISI Taiga Tutorial* (Manual Version 16.02). USA: Clark University.
- Envirogrids, 2012. Assessment of the wind and solar energy potential, and improved policy for their promotion, Public Deliverable of enviroGRIDS Project. document available at: http://www.envirogrids.net/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=13&view=view_wcategory&catid=14 (last accessed on 20.08.14).
- Eşbağ, H. 2013 "İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi" TÜBİTAK proje no:110Y015
- Green, K., Kempka, D. ve Lackey, L. (1994). Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 60(3), 331-337.
- Göksel, Ç. (1998). Monitoring of a water basin area in İstanbul using remote sensing data. *Water Science and Technology*. 38(11), 209-216.
- Guan, Q., Wang, L. Ve Clarke, K. C. (2005). An artificial-neural-network-based, constrained CA model for simulating urban growth. *Cartography and Geographic Information Science*. 32(4), 369-380.
- IDRISI, Selva Help System (2012). Version 17.00. USA: Clark University.
- Leh, M., Bajwa, S., Chaubey, I. (2011). Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. - Land Degradation & Development- Wiley Online Library
- Rindfuss, R. R., Walsh, S. J, Turner II, B. L., Fox, J. ve Mishra, V. (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*. 101(39), 13976-13981.
- Rogan, J., Miller, J., Stow, D., Franklin, J., Levien, L. ve Fischer, C. (2003). Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 69(7), 793-804.
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*. 10(6), 989-1003.
- Weisstein, E. W. (2012). "Markov Chain." From MathWorld-A Wolfram WebSource. <http://mathworld.wolfram.com/MarkovChain.html>.