ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI SİMÜLASYONU (2025-2055)¹

Merve Ersoy Mirici¹, Süha Berberoğlu²

¹Dr., mrversoy@gmail.com

²Prof.Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Balcalı, Adana, suha@cu.edu.tr

ÖZET

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK) değişimleri zamansal ve mekânsal ölçeklerin tümünde önemli bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir. AÖ/AK sebebi ile oluşan çevresel değişimler ve bu değişimlere bağlı bozunumlar biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği, su, toprak ve hava kirliliği olmak üzere günümüz insan nüfusunun en büyük çevresel kaygılarının temel kaynaklarından biridir. Bu nedenle toplumsal ihtiyaçların karşılanmasında temel kaynakların üretimi ve tüketimi sürdürülürken AÖ/AK, değişimlerinin negatif ve pozitif etkilerinin belirlenmesi ve izlenmesi arazi planlama ve politika üretilmesi aşamalarında önemli bir öncelik haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı orta çözünürlüklü uydu görüntüleri ve yardımcı değişkenleri kullanarak Çok Katmanlı Algılayıcı-Markov Zinciri (MLP-MC) entegrasyon modeli yardımı ile Mevcut Eğilim senaryosu temel alınarak kırsal peyzajlardaki olası değişimleri modellemektir. Çalışma alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan yukarı Seyhan Havzası'nın ormanlık kesimi olarak belirlenmiştir. Modelleme çalışması için temel alınacak üç AÖ/AK (1990-2003-2014) haritası Landsat TM/ETM+/OLI verilerinden yararlanılarak hibrit sınıflama yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Arazi sınıfları arasındaki temel dönüşümlerin elde edilmesi ve Mevcut Eğilim senaryosu ile 2025 ve 2055 yıllarına ait modellemelerin uygulanması için IDRISI TerrSet Land Change Modeller (LCM) yazılımından yararlanılmıştır. MLP-MC entegrasyonu aracılığı ile 1990 ve 2003 AÖ/AK haritalarından 2014 AÖ/AK haritası mevcut eğilime göre tahmin edilmiştir. 2014 yılına ait gözlenen ve modellenen AÖ/AK haritaları karşılaştırılarak Kappa İndeks Değerlendirmesi (KIA) 0.78 düzeyinde elde edilmiştir. MLP etken faktörleri olarak; i)yükseklik, ii) eğim, iii) bakı, iv)bozunumdan uzaklık, v)yoldan uzaklık, vi)sudan uzaklık, viii) kırsal yerleşimden uzaklık ve viii) evidence likelihood verileri kullanılmıştır. Elde edilen validasyon sonucundan yararlanarak 2025 ve 2055 AÖ/AK haritaları üretilmiştir. MLP-MC modelleme sonucuna göre 2014 yılında %45.44 oranında gözlenen orman örtüsü 2025 yılında %53.14 ve 2055 yılında %54.29 olarak tahmin edilmiştir. Buna ek olarak çalışma alanında açık alanların büyük ölçüde orman ve tarım alanlarına dönüştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: arazi kullanımı/razi örtüsü (AK/AÖ), çok katmanlı algılayıcı, değişim tespiti, hibrit sınıflama tekniği, Markov zinciri

ABSTRACT

LAND COVER/LAND USE SIMULATION USING MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGES (2025-2055)

Land Cover/Land Use (LULC) change has been recognized as an important driver of change on all spatial and temporal scales as well as emerging as a key environmental issue and on a regional scale is one of major research endeavours in global change studies. These changes encompass the greatest environmental concerns of human population today, including climate change, biodiversity loss and pollution of water, soils and air. Detecting and monitoring the negative consequences of LULC while sustaining the production of essential resources has therefore become a major priority of planners and policymakers. The purpose of this study is to simulate future rural landscape changes under Business-As-Usual (BAU) scenarios based on the Multi-Layer Perceptron Markov Chain (MLP-MC) integration model that using medium resolution satellite images and ancillary data. The study area is determined as Eastern Mediterranean Region and Upper Seyhan Basin in Turkey. Three LULC maps (1990-2003-2014) were classified from Landsat TM/ETM+/OLI by using hybrid classification method. Major transitions were modeled to predict the BAU scenarios for years 2025 and 2055 using Land Change Modeler (LCM) in IDRISI TerrSet software. The LULC maps of 1990 and 2003 were employed to predict the BAU scenarios for 2014 using MLP-MC method. The predicted result was compared with observed LULC map of 2014 to validate method using Kappa Index of Agreement (KIA) and its resulted as 0.78. The MLP driven forces has been used by; i) elevation, ii) slope, iii) aspect, iv) distance from degradation, v) distance from road, vi) distance of water, vii) distance of rural settlements and viii) evidence likelihood. Finally, based on the result, the future LULC change prediction for 2025 and 2055 was performed. According to result of MLP-MC modeling, the forest cover that is observed 45.44% in 2014 was modelled in 2025 and 2055 respectively by 53.14% and 54.29%. Additionally, the bareground considerably has been transform to forest and agricultural area.

Keywords: land use/land cover (LULC), multi-layer perceptron, change detection, hybrid classification, Markov chain

¹ Bu bildiri "Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Bölgesi Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Arazi örtüsündeki değişim ve dönüşümler ekosistem hizmetlerini doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda geçmiş, güncel ve gelecek peyzajlara yönelik öngörülerde bulunarak koruma ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için gelecek arazi örtüsüne ait tahmin ve modellerler birçok açıdan yarar sağlamaktadır. Teknolojik ilerleme daha karmaşık yapıdaki gelecek arazi örtüsü ve kullanımlarına ait simülasyonları (benzetim) ve modellerleri olanaklı duruma getirmiştir (Liu, 2009). Günümüzde arazi kullanımlarına ilişkin modelleme çalışmalarında sıklıkla tercih edilen yöntemler; Hücresel Özişleme, Yapay Sinir Ağları, Markov Zincirleri, Lojistik Regresyon, Etmen Tabanlı Modeller ve SLEUTH Modelleridir (Bozkaya 2013; Çağlıyan ve Dağlı 2016; Cengiz ve Yılmaz 2016; Kumar vd. 2014; Tanrıöver 2011; Berberoğlu, 2010).

Bu modellerlere ek olarak hibrit yaklaşımlar sıklıkla tercih edilmektedir. Hibrit yaklaşımların kullanıcıya sunduğu en önemli avantaj, yöntemlerin birbirlerinde olmayan özellikleri tamamlayabilmesidir. Nitekim Markov Zinciri, konumsal modelleme çalışmalarında tek başına kullanılmamaktadır (Arsanjani vd. 2013; Huang vd. 2015). Birbirleri ile çalışabilen hibrit entegrasyonlar; (i) Hücresel Özişleme-Markov Zinciri, (ii) Hücresel Özişleme-SLEUTH, (iii) Lojistik Regresyon-Markov Zinciri, (iv) Yapay Sinir Ağları-Markov Zinciri olmak üzere farklı uygulamalarda görmek mümkündür (Dadhich ve Hanaoka, 2010; Gonzales vd. 2002; Mishra ve Rai, 2016).

Bu çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) modellerinden biri olan Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi-Layer Perceptron-MLP) ve Markov Zinciri (MC) model entegrasyonu kullanılarak belirlenen çalışma alanında geçmiş ve güncel Arazi Örtüsü/ Arazi Kullanımı (AÖ/AK) yardımıyla gelecek AÖ/AK modellemesi gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı ülkemizin güneyinde yer alan Adana ili ve yukarı Seyhan Havzası'nın kesiştiği bölgede yer almaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Kayseri, doğusunda Kahramanmaraş ve Osmaniye, batısında ise Niğde ve Mersin illeri bulunmaktadır. Alan orman alanlarının yoğunlaştığı Yukarı Seyhan Havzası'nın alt kesiminde bulunmaktadır. 7368,62 km² büyüklüğündeki çalışma alanı 37°00'-38°25' kuzey enlem ile 34°52'-36°25' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında deniz seviyesinden itibaren yapraklı ağaç türlerini takip eden ibrelili türler ve bunların karışımlarını görmek mümkündür (Mirici vd. 2016).

Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

3. MATERYAL

Modellerin temel girdilerinden olan geçmiş ve güncel AÖ/AK sınıflama haritaları için Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu verisi kullanılmıştır. Araştırmada farklı üç tarihe ait arazi örtüsü sınıflamasında üç temel veri kaynağı kullanılmıştır (Çizelge 1). Landsat görüntüleri USGS EROS açık erişim sisteminden elde edilmiştir. Yöntem hiyerarşisinde veri işleme ve veri üretme aşamalarında ERDAS 9.1, ENVI 4.7, eCognition Developer ve ArcGIS 10.3.1 yazılımlarından yararlanılmıştır. Gelecek AÖ/AK modellemesinde IDRISI TerrSet yazılımı Land Change

Modeller (LCM) modülü kullanılmıştır. AÖ/AK haritaları için 30 m çözünürlük, WGS84 projeksiyonu ve UTM-36 kuzey yarım küre zonu esas alınmıştır.

Çizelge 1. Uydu görüntüleri metadata.

Algılayıcı Tipi	Görüntü Tarihi	Eksen No	Satırlar	Bantlar	Radyometrik Çözünürlük	Mekansal Çözünürlük
TM	29.08.1990	175	33/34	1,2,3,4,5,7	8	30
TM	17.08.2003	175	33/34	1,2,3,4,5,7	8	30
OLI TIRS	13.09.2014	175	33/34	2,3,4,5,6,7	16	30

Çalışmada kontrolsüz sınıflama, karar ağacı sınıflama ve obje tabanlı sınıflama yöntemleri bir arada kullanılarak hibrit sınıflama yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşım sonucunda 1990-2003-2014 yılları AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Karar ağacı sınıflamasında Çizelge 1’de verilen görüntü tarihlerine ait görünür bantlar, NIR, SWIR, NDVI, NDWI, taselled cap, yükseklik, orman var-yok haritası ve meşcere haritaları kullanılmıştır. Buna ek olarak tarım sınıflamalarının yüksek doğrulukta üretilebilmesi amacı ile ilgili yıla ait birden fazla uydu görüntüsü ile obje tabanlı sınıflama uygulanmıştır. Bu doğrultuda tarımsal ürün deseni değişimini dikkate alan 2014 yılı için 4 farklı tarihli görüntü (24 Mart 2014-28 Haziran 2014-31 Ağustos 2014-13 Ağustos 2014), 2003 yılı için 4 farklı görüntü (29 Nisan 2003-30 Haziran 2003-17 Ağustos 2003-18 Eylül 2003) ve 1990 yılı için bir uydu görüntüsü (29 Ağustos 1990) ile tarım alanlarının sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir (Mirici 2017).

Gelecek AÖ/AK simülasyonunda temel verileri geçmiş ve güncel AÖ/AK verileridir. Temel sınıflandırma verilerinin yanı sıra gelecek dönüşümlerinin belirlenmesinde kullanılan MLP sinir ağları modeli etken faktörleri (girdi veriseti) Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2. MLP sinir ağları modeli girdi veriseti (etkin faktörler).

Evidence likelihood, LCM modülü altında değişim analizi çıktıları ile üretilen piksellerin kısmi frekansına dayalı dönüşüm verisidir (Mas vd. 2013). Bozunumdan uzaklık verisi ise açık alan, tarım ve yerleşimden Öklid uzaklık verisidir.

4. YÖNTEM

Çalışmada MLP-MC yöntemi ile gelecek AÖ/AK simülasyonu için kullanılan yöntem hiyerarşisi Şekil 3’te aktarılmıştır. Modelleme sonrası Kappa değerlendirme indeksi (Kappa Index of Agreement-KIA) sonucunda elde edilen örtüşme düzeyi dikkate alınarak gelecek simülasyonu üretilmiştir.

Şekil 3. Çalışmanın yöntemi.

4.1. Değişim Analizi

Değişim analizi, arazinin sahip olduğu özneliliğin farklı zamanlarda gözlemlenerek farklılıkların ortaya konulması işlemidir. Günümüzde en sık tercih edilen değişim analizlerinden biri sınıflandırma sonrası değişim analizidir. Sınıflama sonrası değişim analizi, farklı tarihlere sahip görüntülerin ayrı ayrı sınıflandırılması sonrası çapraz sınıflama ile değişimin ortaya konulması işlemidir. Bu çalışmada 1990, 2003 ve 2014 yıllarına ait hibrit sınıflandırma yöntemine göre üretilen AÖ/AK haritaları sınıflandırma sonrası değişim analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

4.2. Markov Zinciri (MC)

İlerleyen zaman sürecinde önceden kestirilemeyecek durumlar, stokastik (rastgele) süreç olarak isimlendirilmektedir. Bir stokastik süreç $X=(X_t:t \in T)$ kümesinden meydana gelmektedir. Burada T ; zamanı göstermektedir. Böylece X_t bir sistemin t zamandaki durumunu ifade etmektedir. X 'in alabileceği tüm durumların oluşturduğu (E) kümesi X 'in durum uzayını gösterir. Eğer durum uzayında; $E_i \rightarrow E_j$ durumuna geçmiş ise sistem geçişi gerçekleştirmiştir. Bir Markov Zinciri (Markov Chain-MC) (Bhat, 1972; Gihman, 1975; Kemeny ve Snell, 1976; Yavuz, 1992);

$X=\{X_n; n \in (0,1,2,...)\}$ ise;

$$P(X_{n+1}=j | X_0=a, X_1=b \dots, X_n=i) \quad (1)$$

$$P(X_{n+1}=j | X_n=i)$$

Eşitlik 1 ile ifade edilen Markov özelliğine sahip bir stokastik süreçtir. i durumundaki bir sürecin bir dönem sonra j durumuna dönüşmesi ihtimali;

$$P(X_n=j | X_{n-1}=i) = P_{ij} \quad (2)$$

Satırları P_{ij} olasılıklarından oluşan matrise “geçiş matrisi” denir. Geçiş matrisi, Markov Zincirinin istatistiksel yapısını açıklayan en önemli veridir.

$$0 < P_{ij} < 1 \text{ ve } \sum_j P_{ij} = 1, (i = 1,2,3 \dots n) \quad (3)$$

MC, belirli zaman periyodları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişimden yararlanarak gelecek arazi kullanım kategorilerinin geçiş olasılıklarını belirlemektedir. Zincir arazi kullanım değişimine neden olan değişkenleri dikkate almadığından gelecek simülasyonlarında tek başına etkili değildir. Bu nedenle MC ile entegre çalışan farklı algoritmalar ile çevresel değişkenler modelleme sürecine dahil edilmektedir (Berberoğlu vd. 2016; Cengiz ve Yılmaz, 2016; Öztürk, 2013). Bu çalışmada MC ve MLP yapay sinir ağları entegrasyonundan yararlanılmıştır.

4.3.Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP)

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyni ve nöronların çalışma prensibini esas alarak uzaktan algılama ve sınıflama çalışmalarında kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma, öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretebilme ve keşfedebilme reaksiyonlarının otomatik olarak gerçekleştirilmesi amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak da nitelendirilmektedir. Bu işlem için girdi, ara ve çıktı katmanlarından yararlanılmaktadır. Girdi katmanı ağa aktarılan bilgilerin derlendiği aşamadır. Sisteme dahil edilen görüntüler girdi katmanında herhangi bir işlem yapılmadan gizli katmana aktarılır ve sayısı kullanıcı tarafından belirlenen gizli katmanda bilgi işleme süreci gerçekleştirilir. Bilgi işleme süreci, bilgilerin ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürmesi işlemidir. Girdiler için doğru ağırlıkların tespit edilebilmesi işlemi, ağırlık eğitilmesine bağlıdır. Ağırlık eğitimi sırasında her öğrenme döngüsünde ağ yeniden biçimlenerek öğrenme kurallarına göre ağırlıklarını revize etmektedir. Bu işlemler ağ eğitim setindeki örneklerin tamamı için doğru çıktı üretilinceye kadar tekrarlanmaktadır (Civco 1993; Berberoğlu 2000).

Çok Katmanlı Algılayıcı doğrusal olmayan problemlerin çözümünde en sık kullanılan YSA modellerinden biridir. MLP-MC entegrasyonu, girdi, ara katmanlar ve çıktı bölümünden oluşan ve geleceğe yönelik tahmin üreten modeldir (Bozkaya, 2013; Çağlıyan ve Dağlı, 2016). IDRISI TerrSet yazılımında LCM, MLP ile MC modellerinin entegrasyonu sağlayan bir modüldür. LCM aracılığı ile geleceğe yönelik arazi örtüsü modellemesi için temel aşamalar; (i) geçmiş-güncel AÖ/AK sınıflama haritalarına ait değişim analizinin ortaya konulması, (ii) AÖ/AK sınıflarının dönüşüm potansiyellerinin modellenmesi ve (iii) hedeflenen gelecek arazi örtüsünün tahmin edilmesidir.

İlk aşamada MLP sinir ağları yaklaşımı ile dönüşüm potansiyelleri belirlenmektedir. Dönüşüm modeli ise alt-model değişkenlerinin üretilmesi, etkin (çevresel) faktörlerin test edilmesi ve dönüşüm potansiyellerinin tahmin edilmesi aşamalarından meydana gelmektedir. MLP işlem sürecinde üretilen dönüşüm potansiyelleri MC aracılığı ile modellenmiştir.

5. BULGULAR

5.1.Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK) Sınıflama Haritaları (1990-2003-2014)

Çalışmada kontrolsüz sınıflama, karar ağacı sınıflama ve obje tabanlı sınıflama yöntemleri bir arada kullanılarak hibrit sınıflama yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşım sonucunda 1990-2003-2014 yılları AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Sınıflama CORINE 3. düzey sınıflama sistemi esas alınarak kategorilendirilmiştir. Buna göre AÖ/AK sınıfları iğne yapraklı ormanlar, geniş yapraklı ormanlar, karışık tarım alanları, açık alanlar (bitki örtüsü olmayan), su yüzeyi, kırsal yerleşim, çıplak kayalık, su yolları ve mera alanları olmak üzere 9 kategoriden oluşmaktadır (Çizelge 2, Şekil 4).

Şekil 4. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflama sonuç haritaları.

Çizelge 2. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflandırma sonucu alansal ve yüzde dağılım bulguları.

Arazi Örtüsü Sınıfları	1990 (km ²)	1990 Alan (%)	2003 (km ²)	2003 Alan (%)	2014 (km ²)	2014 Alan (%)
İğne Yapraklı	2125,98	28,85	2462,80	33,42	3182,57	43,19
Geniş Yapraklı	67,03	0,91	96,41	1,31	165,65	2,25
Tarım Alanı	301,10	4,09	843,83	11,45	1233,05	16,73
Açık Alan	4607,08	62,52	3575,58	48,52	2277,92	30,91
Kırsal Yerleşim	26,86	0,36	43,26	0,59	45,20	0,61
Çıplak Kayalık	192,45	2,61	212,17	2,88	323,70	4,39
Su Yüzeyi	36,25	0,49	129,07	1,75	136,02	1,85
Mera	3,67	0,05	4,91	0,07	3,76	0,05
Su yolları	8,21	0,11	0,59	0,01	0,74	0,01
TOPLAM	7368,62	100	7368,62	100	7368,62	100

Geçmiş tarihli sınıflama sonuçlarını kapsayan 1990 ve 2003 yıllarına ait AÖ/AK haritalarında baskın sınıfların açık alan, iğne yapraklı orman ve karışık tarım alanları olduğu belirlenmiştir. Güncel döneme ait 2014 AÖ/AK haritasında açık alan %30,91, iğne yapraklı orman %43,19 ve karışık tarım alanları %16,73 düzeyinde tespit edilmiştir. Bu doğrultuda araştırma havzasında ormanlaşmanın gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

5.2.AÖ/AK Değişim Analizi

Arazi örtüsü sınıflarının nereden-nereye (from-to) dönüşümü çapraz sınıflama tablosu yardımı ile üretilmiştir. Değişim analizinin ilk aşamasında 1990-2003 ve 2003-2014 yıllarına AÖ/AK sınıflama haritaları kullanılarak sınıflama sonrası değişim analizi uygulanmıştır.

Şekil 5. 1990-2003 AÖ/AK sınıfları (a) kazanç ve kayıpları (%), (b) net değişimleri (%). **Şekil 6.** 2003-2014 AÖ/AK sınıfları (a) kazanç ve kayıpları (%), (b) net değişimleri (%).

Çalışma alanındaki başlıca AÖ/AK değişimleri, (i) iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormandan açık alana dönüşüm, (ii) açık alandan iğne yapraklı orman sınıfına dönüşüm ve (iii) açık alandan tarım alanlarına dönüşümdür.

5.3.Doğruluk Analizi

AÖ/AK sınıflama haritalarına ilişkin doğruluk analizi Cohen (1960) tarafından geliştirilen KIA katsayısı temel alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflama sonuçları doğruluk analizi.

Arazi Örtüsü Sınıfları	1990		2003		2014	
	ÜD	KD	ÜD	KD	ÜD	KD
İğne Yapraklı	78.0	97.9	90.3	87.9	86.2	90.3
Geniş Yapraklı	88.9	72.7	86.4	98.3	86.1	86.1
Tarım Alanı	70.6	83.0	84.1	84.1	93.5	82.7
Açık Alan	93.8	88.4	87.2	81.7	83.3	80.6
Kırsal Yerleşim	100	100	96.6	96.6	94.7	94.7
Çıplak Kayalık	96.3	100	93.5	95.6	88.9	88.9
Su Yüzeyi	82.7	92.9	84.0	85.7	73.3	91.7
Su Yolları	82.3	83.0	85.3	87.9	85.7	94.7
Mera	-	-	70.6	85.7	84.6	84.6
Genel Doğruluk Kappa (KIA)	%91		%87		%88	
	0.89		0.85		0.87	

ÜD: Üretici Doğruluğu, KD: Kullanıcı Doğruluğu

1990 yılına ait referans verileri (120), meşcere haritası ve Google Earth aracılığı ile derlenirken 2003 yılına ait referans verileri (431) Adana Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Güncel arazi örtüsü sınıflaması için referans verileri (312) arazi çalışmasında GPS ile toplanmıştır.

5.4. Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) Çıktıları

Gelecek AÖ/AK modelleme sürecinde arazi örtüsü sınıf geçişlerinin belirlenmesi ve açıklayıcı değişkenlerin potansiyel güçlerinin ortaya konulması için sınıf geçişlerinde değişim matrislerinden yararlanılmıştır. Modellemenin daha efektif gerçekleştirilebilmesi için temel geçişler veya temel dönüşümler esas alınmıştır. Bu konudaki çalışmalar, hedeflenen arazi örtüsüne ulaşmak amacı ile arazi değişimlerinin ortak grup altında değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Areendran vd. 2013; Dadhich, 2010; Eastman, 2016; Kamusoko vd. 2011; Megahed vd. 2015; Mishra ve Rai, 2016; Öztürk, 2013). Bu gruplar mevcut değişim eğilimleri (trendler) veya temel (major) değişimleri belirtmektedir. Bu çalışmada MLP sinir ağı modeli “Temel Dönüşüm” adı altında gruplanan dönüşümler; (i) 1-6: iğne yapraklı ormandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (ii) 2-6: geniş yapraklı ormandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (iii) 4-6: açık alandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (vi) 7-6: çıplak kayalıktan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (v) 4-3: açık alandan tarıma gerçekleşen dönüşüm, (vi) 3-4: tarımdan açık alanda gerçekleşen dönüşüm olarak belirlenmiştir.

Temel dönüşüm ve Şekil 2’deki etkin faktörlerin ilişkisi ise Cramer’s V testi ile belirlenmiştir. Arazi örtüsü dönüşümlerinde mekânsal değişkenlerin etkisini açıklayan en yaygın yöntem Cramer’s V analizi olarak ifade edilmektedir (Öztürk 2013). Cramer’s V değeri 0-1 arasında değer almakla birlikte iki değişken arasındaki ilişki 0 değerine yaklaştıkça azalır, değer 1’e yaklaştıkça ilişki gücü artmaktadır (Eastman 2009). Cramer’s V değeri Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır (Cramer, 1991).

$$V = \sqrt{\frac{x^2}{N(m-1)}} \quad (4)$$

x^2 :Ki-kare

N :Popülasyon

m :Tablodaki satır veya sütunların sayısı

Şekil 2’de gösterilen etkin faktörlerin temel dönüşümler üzerindeki etkisi Çizelge 4’te belirtilmektedir. Bu aşamada değişim analizi sonucu temel dönüşüm grupları hedef değişken (bağımlı), etkin faktörler ise açıklayıcı (bağımsız) değişken olarak nitelendirilebilir.

Çizelge 4. Etkin faktörlerin Cramer's V değerleri.

Etkin Faktörler	Cramer's V	Etkin Faktörler	Cramer's V
Yükseklik	0.62	Yoldan Uzaklık	0.49
Eğim	0.39	Akarsudan Uzaklık	0.27
Bakı	0.33	Yerleşimden Uzaklık	0.41
Bozunumdan Uzaklık	0.37	Evidence Likelihood	0.45

Modelde etkin faktörlerin test edilmesi sonrasında MLP modeli, veriseti eğitim (%50) ve test (%50) olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. LCM aracılığı ile üretilen MLP modelinde kullanılan parametere ve çıktılar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. MLP model parametre ve sonuçları.

Parametre	Ölçütler	Parametre	Ölçütler
Gizli katman sayısı	17	Döngü	6000
Öğrenme oranı	0.01	Eğitim RMS	0.1571
Son öğrenme	0.001	Test RMS	0.1709
Öğrenme momentum	0.5	Doğruluk oranı	%76.10
Sigmoid sabiti	1	Performans ölçütü	0.7302
RMS	0.01		

Dönüşüm potansiyeli, aktüel modelin kabul edilebilir doğruluk ile modellenmesi sonucu gelecekte değişmesi öngörülen olasılık olarak ifade edilmektedir (Mishra ve Rai, 2016). Değişimlerden yararlanarak üretilen potansiyel dönüşüm haritaları Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7. Çalışma alanı dönüşüm potansiyeli haritaları.

Elde edilen dönüşüm potansiyeli haritaları 0-1 arasında değer olarak etkin değişkenler arası standardizasyonu sağlamaktadır. 0 değeri dönüşümün gerçekleşmeyeceği alanları ifade ederken, 0'dan 1'e doğru yükselen değerler dönüşüm olasılıklarının arttığı konumları işaret etmektedir. Modelde Dönüşüm potansiyellerinin belirlenmesiyle MC analizi ile hedeflenen tarihe ait geçiş olasılıkları hesaplanmaktadır. MLP modeli ile 2003-2014, 2014-2025 ve 2014-2055 yıllarına ilişkin geçiş olasılıkları matrisi MC analizi aracılığı ile üretilmiştir. Modelleme sürecine dahil

edilen son etken ise kısıtlayıcı faktörlerdir. Kısıtlayıcı faktörler, hesaplanan geçiş olasılıkları üzerinde etkisi olan bir faktördür. Bu çalışma kapsamında çalışma alanı içerisinde yer alan ‘Korunan Alanlar’ modelde kısıtlayıcı faktör olarak kullanılmıştır.

5.4.1. Validasyon

Çalışmada modellenen 2014 AÖ/AK haritası ile gerçek zamanlı (gözlenen) 2014 AÖ/AK haritası arasında karşılaştırma işlemi ile validasyon sağlanmıştır (Şekil 8). Buna göre modellenen 2014 AÖ/AK ve gerçek zamanlı sınıflanan 2014 AÖ/AK haritası arasındaki KIA değeri 0.78 olarak elde edilmiştir.

Şekil 8. (a) Gözlenen 2014 AÖ/AK ve (b) Modellenen 2014 AÖ/AK.

1990-2003 temel dönüşüm olasılık haritalarına ait çıktılar Alıcı İşletim Karakteristiği (Receiver Operating Characteristic-ROC) analizi yardımıyla değerlendirilmiştir. ROC analizinin temel amacı belli bir olgu veya durumun modellenmesi sürecinde olasılık üreten konumsal modellerin, seçilen grid hücrelerinde meydana gelme performansını değerlendirmektir. ROC, olasılık verilerinin durumunun olup olmama (var yok) verisi ile sınanması ve buna göre tahminin performans değerinin ölçülmesi işlemidir (Akın vd. 2012; Mas vd. 2013). Bu çalışmada 2014 AÖ/AK ROC (AUC) değeri 0.89 elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Geçmişten günümüze mevcut değişim eğilimleri (BAU senaryo) kullanılarak 2025 ve 2055 AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Modellenen AÖ/AK haritaları Şekil 9, alansal ve yüzde dağılım ise Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. AÖ/AK model sonuçları alansal dağılımları (2025-2055).

AÖ/AK Sınıfı	2025		2055	
	Alan (km ²)	Alan (%)	Alan (km ²)	Alan (%)
İğne Yapraklı	3745.19	50.83	3828.41	51.96
Geniş Yapraklı	169.86	2.31	171.85	2.33
Tarım Alanı	1638.58	22.24	1733.57	23.53
Açık Alan	1296.98	17.60	1102.57	14.96
Kırsal Yerleşim	54.80	0.74	61.58	0.84
Çıplak Kayalık	319.41	4.33	329.07	4.47
Su Yüzeyi	138.37	1.88	138.02	1.87
Su Yolları	0.68	0.01	0.41	0.01
Mera	4.74	0.06	3.16	0.04
TOPLAM	7368.62	100	7368.62	100

Şekil 9. (a) 2025 AÖ/AK ve (b) 2055 AÖ/AK MLP-MC model çıktıları.

Geçmiş yıllardaki mevcut eğilim kullanılarak BAU senaryosuna göre 2025 ve 2055 yıllarına ait AÖ/AK haritaları modellenmiştir. MLP-MC modelleme sonuçlarına göre orman alanlarının 2025 yılında %53.14, 2055 yılında ise %54.29 oranına ulaşması öngörülmektedir. Bu yönü ile çalışma alanında mevcut eğilim veya BAU senaryosu altında gelecekte ormanlaşmanın artacağı öngörülmektedir. Nitekim 1990 AÖ/AK haritasında orman alanlarının %29.76 oranında yayılım gösterdiğini güncel ve gelecek dönemde bu oranın artış gösterdiğini gözlemlemek mümkündür. Çalışma alanının fitocoğrafik yapısı, tipik Akdeniz bitki örtüsü iğne yapraklı ormanlarının hakim duruma geçmesini sağlamıştır. Bu nedenle geniş yapraklı orman türleri düşük bir dağılım göstermektedir. Bu dağılım genellikle akarsu kenarlarında yoğunlaşmaktadır. Aşağı Seyhan Ovası'nı (ASO) Yukarı Seyhan Havzası'ndan (YSH) ayıran en temel özellik tarım alanlarıdır. ASO'nun temel peyzaj karakterini tarım alanları oluştururken, YSH'nin peyzaj karakterini ise orman alanları oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ASO'dan yukarı havzaya doğru tarım alanlarının yayılarak arttığı gözlenmektedir. 1990 ile 2014 yılları arasında 24 yılı kapsayan değişim sürecinde bu sınıfın %31,61 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu çerçevede açık alanların orman, tarım ve çıplak kayalıklara dönüşüm potansiyeli sergilediği saptanmıştır.

Mevcut eğilimde 1990 yılında 2193 ha olan orman alanı 2003 yılında 2559.20 ha olarak genişleme göstermiş, 2014 yılında ise orman alanlarının toplam alanı 3348.22 ha'a yükselmiştir. Bu doğrultuda 24 yılı kapsayan zaman aralığında 1990 yılından 2014 yılına kadar orman sınıfında %15.67'lik bir artış tespit edilmiştir. Seyhan Havzası'nda ağaçlandırma çalışmaları ve havzanın ana kayaç yapısının karstik özellik göstermesi orman alanlarındaki artışı olumlu yönde etkilemektedir. Kireç taşı nemli ve sıcak bölgelerde oluşturduğu çatlak zeminde bitki örtüsünün gelişimini ve yağmurla gelen suyun toprak yüzeyinden yakanarak derinlere inmesini sağlamaktadır. Bu durumun çatlaklardaki bitki-toprak-su koşullarının iyileşmesi sonucu derin kök yapıları ile tutunabilen ağaç örtülerinin oluşmasına yardımcı olduğu tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın, A., Berberoğlu, S., Sunar, F., 2012. Lojistik Regresyon Yöntemi ile İstanbul'da Geleceğe Yönelik Kentsel Gelişim Analizi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Areendran, G., Raj, K., Mazumdar, S., Puri, K., Shah, B., Mukerjee, Medhi, K., 2013. Modeling REDD+ Baseline using Mapping Technologies: A pilot study from Balpakram-Baghmara Landscape (BBL) in Meghalaya, India. *International Journal of Geoinformatics*, 9: 61-71.
- Arsanjani, J.J., Helbich, M., Kainz, W., Bolooran, A. D., 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21: 265-275.
- Berberoğlu, S., 2000. The Integration of Spectral And Textural Information Using Neural Networks for Land Cover Mapping in the Mediterranean. *Computers and Geosciences*, 26: 385-396.

- Berberoğlu, S.**, 2010. Modeling Future Urban Growth of Adana under Various Management Policies. TÜBİTAK Projesi, COST Action C27.
- Berberoğlu, S., Akın, A., Clarke, K.C.**, 2016. Cellular automate modelling approaches fto forecast urban growth for Adana, Turkey. A comparative approach. *Landscape and Urban Planning*, 153, 11-27.
- Bhat, U. N.**, 1972. *Elements of Applied Stochastic Processes*. Canada. John Wiley & Sons, Inc.
- Bozkaya, A. G.**, 2013. İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Cengiz, S., Yılmaz, B.**, 2016. Malatya'da Arazi Kullanımı/Örtüsünün Modellenmesi, 2025-2045 Arazi Kullanımı/Örtüsü Simülasyonu. *6. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Adana.
- Civco, D.**, 1993. Artificial neural networks for land-cover classification and mapping. *International Journal of Geographical Information Systems*, 7: 173-186.
- Cohen, J.**, 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20: 37-46.
- Cramer, H.**, 1991. *Mathematical methods of statistics*. Princeton: Princeton University Press.
- Çağhıyan, A., Dağlı, D.**, 2016. Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. *TÜCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara.
- Dadhich, P. N., Hanaoka, S.**, 2010. Markov Method Integration with Multi-Layer Perceptron Classifier for Simulation of Urban Growth of Jaipur City. *6th WSEAS International Conference*. Japan.
- Eastman, J.R.**, 2009. *IDRISI Taiga, guide to GIS and remote processing Worcester*. Clark University.
- Eastman, J. R.**, 2016. *TerrSET Manual*. United States. Clark University.
- Gihman, I. I.**, 1975. *The Theory of Stochastic Processes II*. Berlin. Springer-Verlag.
- Gonzales, R. M., Reyes, M., Paringit, E. C.**, 2002. Integration of Multi-agent Simulation (MAS) Techniques with Remote Sensing for Coastal Land Use Change Modeling. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- Huang, J., Wu, Y., Gao, T., Zhan, Y., Cui, W.**, 2015. An Integrated Approach based on Markov Chain and Cellular Automata to Simulation of Urban Land Use Changes. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 9: 769-775.
- Kamusoko, C, Oono, K, Nakazawa, A, Wada, Y, Nadaka, R, Hosokawa, T, Morike, H.**, 2011. Spatial Simulation Modelling of future Forest Caove Change Scenarios in Luangprabang Province, Lao PDR. *Forest*, 2: 707-729.
- Kemeny, J.G., Snell, J. L.**, 1976. *Finite Markov Chain*. New York. Springer-Verlag.
- Kumar, S., Radhakrishnan, N., Mathew, S.**, 2014. Land use change modelling using a Markov model and remote sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5: 145-156.
- Liu, Y.**, 2009. Modelling Urban Development With Geographical Information Systems And Cellular Automata. *CRC Press, Taylor & Francis Group*.
- Mas, Jean-François, Filho, B. Soares, P., Robert G., Gutiérrez, M. F., Rodrigues, H.**, 2013. A Suite of Tools for ROC Analysis of Spatial Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2, 869-887.

- Megahed, Y, Cabral, P, Silva, J, Caetano, M.,** 2015. Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 1750-1769.
- Mirici, M. E., Şatır, O, Berberoğlu, S.,** 2016. Yukarı Seyhan Havzası Arazi Örtüsü Değişiminin Hibrit Sınıflama Yaklaşımı İle Tahmin Edilmesi. *VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Adana.
- Mirici, M. E.** 2017. Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi. *Doktora Tezi*. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Mishra, V. N., Rai, P. K.,** 2016. A remote sensing aided Multi-Layer Perceptron-Markov chain analysis for land use and land cover change prediction in Patna district (Bihar), India. *Arabian Journal of Geosciences*, 4.
- Öztürk, D.,** 2013. Hücresel Otomat-Markov Zinciri Yöntemiyle Samsun Kıyı Alanlarındaki Mekansal Değişimin Modellenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.
- Tanrıöver, A. A.,** 2011. Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Yavuz, H.,** 1992. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.