



Kayseri'nin şehirselleşmesinin izlenmesi ve değişim analizi¹

Monitoring urban development of Kayseri and change detection analysis

Ömer Kaya*^a Emin Toroğlu^a

^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş.

MAKALE BİLGİ

Geliş/Received: 08.09.2015
Kabul/Accepted: 24.11.2015

Anahtar Kelimeler:
Şehirselleşme
Sürdürülebilirlik
Sınıflandırma
Değişim analizleri

Keywords:
Urban growth
Sustainability
Classification
Change detection analysis

*Sorumlu yazar/Corresponding author
(Ö. Kaya) kaya4938@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.17211/tcd.37722>

ÖZ / ABSTRACT

Şehirselleşme alanlarının mekânsal gelişimi ile birlikte arazi kullanım formlarında değişiklikler meydana gelmektedir. Mekânsal büyüme planlı bir şekilde gerçekleşmediğinde çevre kirliliğine, düzensiz yapılaşmalara ve tarım arazileri ile doğal alanların tahrip edilmesine veya yok olmasına neden olmaktadır. Gelecekte daha sürdürülebilir kalkınma ve daha yaşanabilir bir dünya için bu durum olumsuz olarak görülmekte ve tüm dünyada şehirlerin mekânsal büyümesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye'de 1980'li yıllar ve sonrasında şehirselleşme ülke genelinde hızlı bir şekilde artmış ve bu durum şehirselleşme alanlarının civarındaki doğal alanları ve tarım arazilerini tahrip etmiştir. Kayseri son 25 yılda hızlı bir şekilde büyüyen şehirlerimizden biridir. Bu çalışmanın amacı Kayseri'de meydana gelen şehirselleşme ve bununla beraber oluşan arazi kullanımını değişiminin saptanmasıdır. Kayseri'nin şehirselleşmesini belirlemek için 1987, 1999 ve 2013 yıllarına ait Landsat TM, ETM ve OLI uydu görüntüleri sınıflandırılmıştır. Aynı zamanda 2013 yılı yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. 1987-2013 yılları arasında şehirselleşme alanına dönüşen arazi sınıfları değişim analizleri ile saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda gözlemlenen tüm arazi sınıflarından yerleşime dönüşümün olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak tüm yıllarda şehirselleşmenin arttığı saptanmıştır.

With the spatial development of urban areas, the changes also occur in the form of land use. When the spatial growth took place in an unplanned way it causes environmental pollution and irregular construction or loss of farmland and natural areas. For sustainable development and environmentally habitable world, this could be unfavorable in the future and a lot of studies are done about spatial growth of cities around the World. At 1980s and after then urban growth increased rapidly across the country and this situation has destroyed the natural areas and the farmland around urban areas in Turkey. Kayseri is one of the most rapidly growing cities during the last 25 years. The main objective of this study is to determine urban growth and landuse/landcover changes of Kayseri. To determine urban development of Kayseri, Landsat TM, ETM and OLI satellite images acquired in 1987, 1999 and 2013 respectively were classified using Erdas Imagine. Furthermore, accuracy assessment has been carried out using high-spatial-resolution satellite image of 2013. Amount of classes converted to urban between 1987 and 2013 were determined with change detection analysis. As a result, it was found that conversions from all Landuse/Land cover (LU/LC) classes to urban have been observed and urban areas has increased in all years.

1. Giriş

Nüfusun şehirlerde yığılması ve şehirselleşme alanının genişlemesi, yol, yerleşim, sanayi vb. alanların inşası ile betonlaşma artmakta, tarım alanları ve doğal alanlar tahrip edilmektedir (Topaloğlu ve Ekercin, 2013; Shalaby ve Tateishi, 2007; Dewan ve Yamaguchi, 2009). Tüm bunların sonucu olarak hem yerel hem de küresel ölçekte ekosistemler bozulmakta ve ekolojik sorunlar yaşanmaktadır (Kızılelma vd., 2013; Oğuz ve Zengin, 2012).

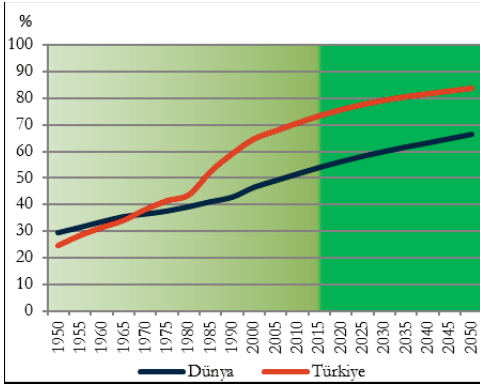
Birleşmiş Milletler (BM) Ekonomik ve Sosyal İlişkiler Bölümünün, Dünya Şehirselleşme Beklentileri 2014 Revizyonu verilerine göre dünyadaki nüfusun şehirselleşme oranı 1950'li yıllarda %29,6, günümüzde %54'tür ve 2050'de %66,4 olacaktır. (Şekil

1). Dünyadaki şehirselleşmenin yüksek olduğu ülkeler gelişmiş ülkeler iken, şehirselleşmenin en hızlı yaşandığı ülkeler ise gelişmekte olan ülkelerdir (BM 2014). Türkiye'de de gelişmekte olan ülkelere benzer bir şehirselleşme hızı bulunmaktadır.

Ülkemizde şehirselleşme hızının artışında 1950'li yıllarda yeni ulaşım olanaklarına bağlı olarak ortaya çıkan göçün neden olduğu konut artışı, 1980'li yıllardan sonra ise gelişen sanayinin yeni yer arayışları etkili olmuştur (Keleş, 2013; Çavuş, 2007; Karabulut vd., 2006 Karakuyu vd., 2012). Türkiye'de şehirselleşme sadece nüfusun büyükşehirlerde toplanmasıyla değil, yeni sanayi şehirlerinin ortaya çıkması ve yerleşim alanlarının hızlı bir şekilde

¹Bu çalışma 21-23 Mayıs 2015 tarihleri arasında Ankara'da düzenlenen "Türkiye Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi"nde sunulmuş bildirinin düzeltilmiş ve genişletilmiş şeklidir.

kilde büyümesiyle de gerçekleşmiştir (Yıldırım ve Kılıç, 2006). Dünya Şehirleşme Beklentileri 2014 Revizyonu verilerine göre Türkiye'deki nüfusun şehirleşme oranı 1950'li yıllarda %24'8 iken günümüzde ise %73,4'tür ve bu oran 2050'de %83,7 olacaktır (Şekil 1).



Şekil 1. Dünyada ve Türkiye'de şehirlerde yaşayan nüfus oranı (BM).
Figure 1. The proportion of population living in cities in the world and Turkey (BM).

Şehirleşme açısından dünya ortalamasının üzerine çıkmış olan ülkemizde, gelecekte daha planlı ve sürdürülebilir şehirler için şehirleşmenin izlenmesi ve planlamaların bu durum da göz önünde bulundurularak yapılması doğru olacaktır.

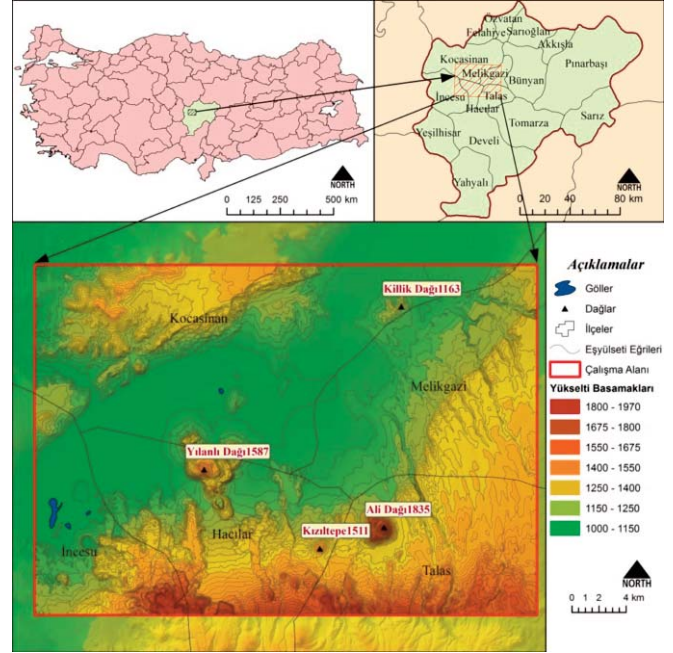
1972 yılından sonra yer-gözlem uydularından elde edilen görüntüler, 1980'li yıllardaki bilişim teknolojisindeki gelişmeler, Uzaktan Algılama teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesine katkıda bulunmuştur. Bu yöntem ve tekniklerin hızının ve güvenilirliğinin yüksek olması gibi nedenlerle dünyada ve ülkemizde Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri kullanılarak ayrıntılı çalışmalar yapılmasına neden olmuştur (Wu vd., 2005; Shalaby ve Tateishi, 2007; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Gürbüz vd., 2012; Kara ve Karatepe, 2012; Akbulak, vd., 2008). Uzaktan algılama ve CBS tekniklerinin hızlı ve güvenilir sonuçlar vermesi, karar alma süreçlerinde ve planlamada bu tekniklerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Ayrıca verilerin depolanabilme olanağı ile geçmişten bu güne meydana gelen değişimleri izleme analizleri ve geleceğe dönük modellemeler yapılabilmektedir (Liu, 2009).

Bu çalışmanın amacı ülkemizin gerek sanayi faaliyetleri açısından gerekse barındırdığı nüfus açısından son 30 yılda hızlı bir şekilde büyüyen şehirlerinden biri olan Kayseri'nin şehirsel gelişimini belirlemek ve bu gelişimin arazi kullanımı/arazi örtüsünde (AK/AÖ) meydana getirdiği değişiklikleri belirlemektir. Bu amaçla Kayseri şehrinin 1987, 1999 ve 2013 yıllarına ait Landsat TM, ETM ve OLI uydu görüntüleri kontrollü sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrası değişim analizleri yapılmış, arazi sınıfları arası değişimler saptanmış ve yorumlanmıştır.

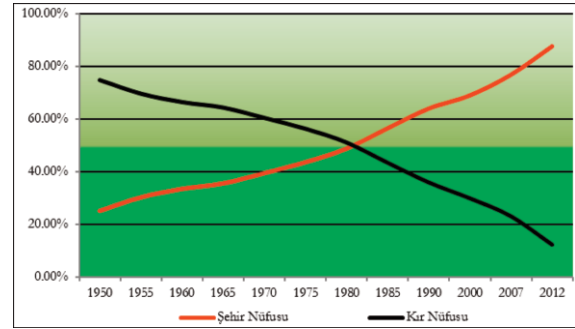
Çalışma alanı ülkemizin İç Anadolu bölgesinde yer alan Kayseri'nin merkezidir. Kayseri ilinin merkez ilçelerinden Kocasinan, Melikgazi, İncesu Hacılar ve Talas ilçeleri sınırları dâhilinde olan çalışma alanı matematiksel konuma göre 38°50'45 Kuzey - 38°36'16 Kuzey enlemleri, 35°15'22 Doğu - 35°41'24 doğu boylamları arasındadır ve yaklaşık olarak 960 km²'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 2).

Çalışma alanının bulunduğu Kayseri'de 1950 yılında nüfusun %75'i kırsal alanda, %25'i ise şehirde yaşamaktadır. 1980'li yıl-

larda bu orantı %50'ye %50 şeklindeyken günümüzde Kayseri ilinde nüfusun %87,56'sı şehirde, %12,44'ü ise kırsal alanda yaşamaktadır (Şekil 3). Nüfusun büyük bir bölümünün şehirsel alanda yaşaması, şehirsel alan ve civarında yığılması nedeniyle son 30 yılda Kayseri'de yerleşim alanı ve sanayi alanı için arazi sınıflarında önemli değişiklikler meydana gelmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı lokasyon haritası.
Figure 2. Location map of study area.



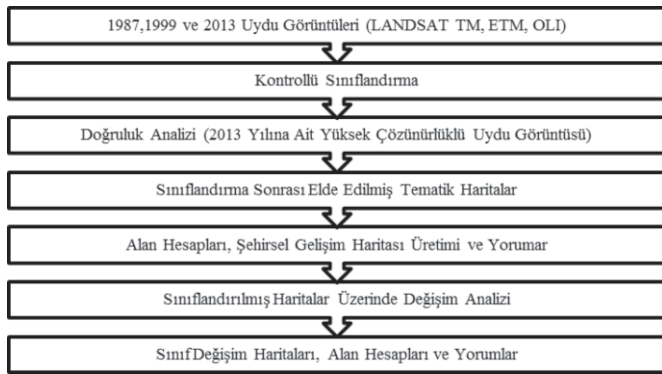
Şekil 3. Kayseri'nin şehirsel ve kırsal alanlarda yaşayan nüfus oranları (TÜİK).
Figure 3. The proportion of population living in urban and rural areas of Kayseri.

2. Materyal ve metot

Şehirsel gelişim ve değişimi belirleme amacıyla yapılan çalışmalarda genellikle hava fotoğraflarının da elde edilemediği 1940'lı yıllar öncesi için tarihi coğrafya metodları kullanılmaktadır (Toroğlu, 2009). Hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin elde edilebildiği yılları kapsayan 1940'lı yıllar ve sonrasında Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri kullanılmaktadır (Karabulut vd., 2006; Çavuş, 2007; Karakuyu, 2006). Bu çalışmada Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri ile uydu görüntüleri kullanılarak şehirsel gelişim ve değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Kayseri şehrinin şehirsel gelişimini ve arazi sınıflarındaki değişimi belirlemeyi amaçlayan bu çalışmanın iş akışı şekil 4'te gösterilmiştir.

Çalışmada 30 m mekansal çözünürlüklü 21.08.1987 tarihli LANDSAT TM 5, 14.08.1999 tarihli LANDSAT ETM 7 ve

12.08.2013 tarihli LANDSAT OLI 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır.



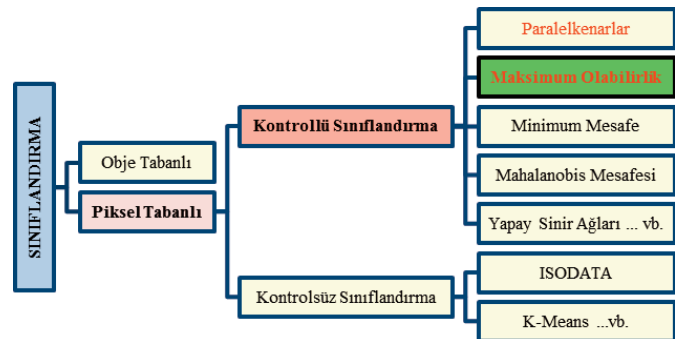
Şekil 4. Çalışmanın iş akışı şeması.

Figure 4. The flowchart diagram of the study.

2.1. Sınıflandırma

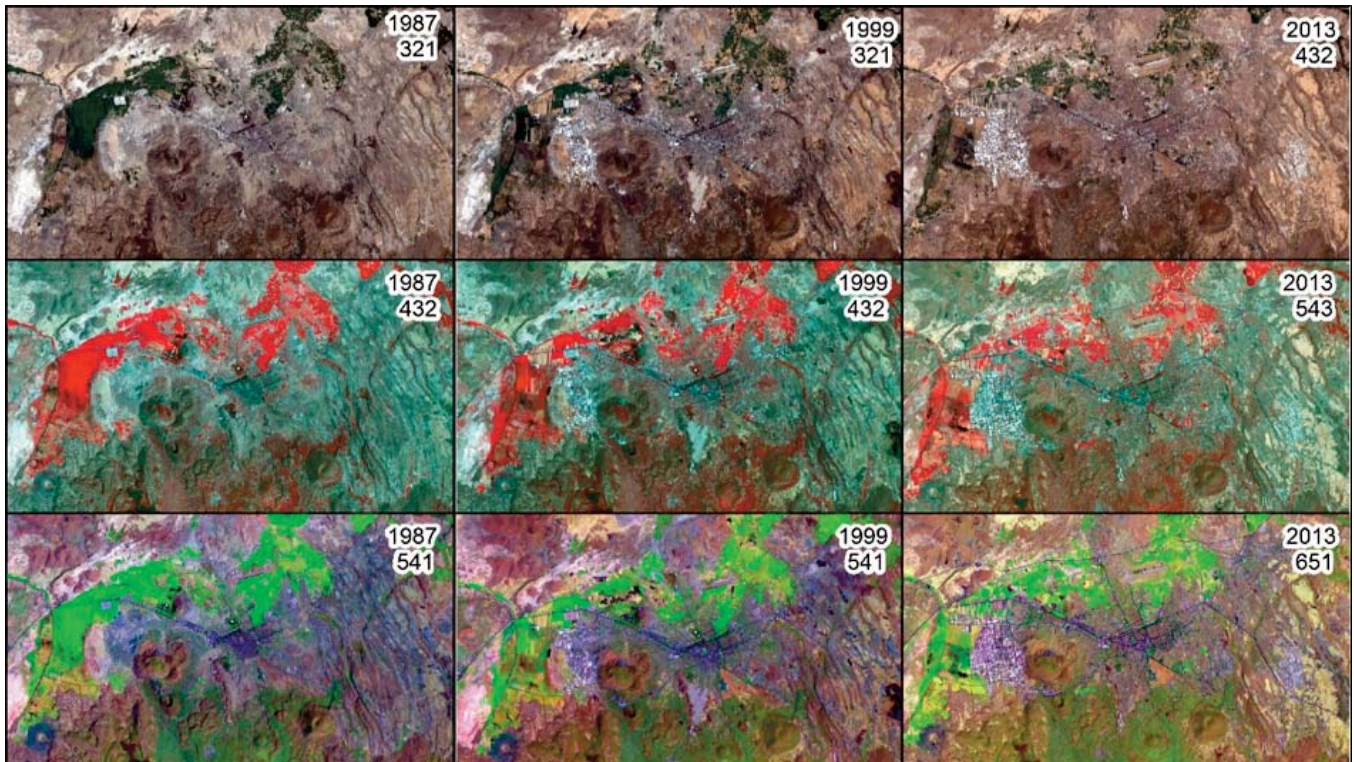
Uydu görüntüleri ham verilerdir ve her pikselin mekânsal ve spektral özellikleri bulunmaktadır. Bu veriler üzerinde çeşitli algoritmalar ve yöntemler kullanılarak analizler yapılır ve yeni veriler ile bilgiler elde edilir. Bu yeni veri ve bilgi edinme işlemlerinden en yaygın olanlarından biri de sınıflandırmadır (Yıldırım ve Kılıç, 2006; Özdemir ve Bahadır, 2008). Sınıflandırma uydu görüntülerindeki spektral değerlerine göre istatistiksel işlemler uygulayarak piksellerin birbirinden farklı gruplara ayrılma işlemidir (Karakoç, 2011; Baysal, 2006). Sınıflandırma işlemi temelde obje tabanlı ve piksel tabanlı olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 5). Piksel tabanlı sınıflandırmada sadece piksel değerleri kullanılırken, obje tabanlı sınıflandırmada piksellerin

komşuluk özelliklerini yansıtan doku, bağlam, patern gibi özellikleri de dikkate alınmaktadır (Özkan, 2011). Bu çalışmada piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden biri olan maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmış (Şekil 5) ve Anderson vd.'nin (1976) sınıflandırma metodundan (Seviye 1) yararlanılarak 6 sınıf belirlenmiştir. Çalışmada kontrollü sınıflandırma yönteminin kullanılmasının sebebi şehırsel alanların belirlenmesi açısından daha avantajlı olması ve Maksimum Olabilirlik algoritmasının en çok kullanılan algoritmalarından biri olmasıdır (Strahler, 1980; Dewan ve Yamaguchi, 2009). Sınıflandırma esnasında test alanlarını belirleyebilmek amacıyla LANDSAT TM ve ETM görüntüleri üzerinde 321, 432 ve 541 bant kombinasyonları, LANDSAT OLI uydu görüntüsünde ise 432, 543 ve 652 bant kombinasyonları kullanılmıştır (Şekil 6). TM ve ETM görüntülerinde 541 ve OLI görüntüsünde 652 bant kombinasyonlarının denenmesinin sebebi test alanlarını belirlenirken birbiriyle karışan yerleşim-kuru tarım-diğer sınıf ayrımlarının yapılabilmesi içindir.



Şekil 5. Bazı sınıflandırma yöntemleri ve çalışmada kullanılan metod.

Figure 5. Some classification methods and the method used in the study.



Şekil 6. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve bant kombinasyonları*.

Figure 6. Satellite images and band combinations used in the study.

*LANDSAT 8 Uydu görüntüsünde 1. Bant aerosoller için 0,43-0,45 µm dalga boylarına ayrılmıştır ayrıntı bilgi için bakınız http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Uydu görüntüsünden elde edilen test alanlarına göre yapılan kontrollü sınıflandırmada maksimum olabilirlik algoritması her bir banttaki her bir sınıfın normal dağılıma uyduğunu varsayar ve bu dağılıma ait parametreler ile olasılık yoğunluk fonksiyonlarına göre pikselleri sınıflara dâhil eder (Söğüt, 2009; Özkan, 2011). Sınıflandırma yapılırken uydu görüntülerinin aynı aylarda elde edilmesi mevsimsel etkilere bağlı hataları azaltacaktır (Karabulut vd., 2006; Kızılelma vd., 2013; Reis, 2008). Bu çalışmada kullanılan üç görüntünün üçü de Ağustos ayı görüntüleridir (1987; 21 Ağustos, 1999; 14 Ağustos ve 2013; 12 Ağustos).

Uzaktan algılama teknikleri ile yapılan çalışmalarda AK/AÖ sınıfları amacına göre, çalışma sahasının özelliklerine göre ve çalışmanın ölçeğine göre değişebilmektedir (Oğuz ve Zengin, 2012; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Shalaby ve Tateishi, 2007; Reis, 2008). Bu çalışmada AK/AÖ sınıfları Anderson vd.'nin (1976) sınıflandırma metodundan (Seviye 1) yararlanılarak aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir (Tablo1).

Tablo 1. Çalışmada değerlendirmeye alınan AK/AÖ sınıfları.
Table 1. Landuse/Land cover (LU/LC) classes of the study area.

AK/AÖ Sınıfları	Açıklama
Su	Akarsular, Doğal ve Yapay Göller
Sulu Tarım	Yüksek Infrared yansımaları veren sulu tarım alanları, Dikili Alanlar, Bağlar vb.
Cılız Bitki	Düşük Infrared yansımaları veren bitki toplulukları, Çayırılar, Meraller, Yeşil alanlar.
Kuru Tarım	Kuru tarım alanları, Nadasa Birakılmış Tarım Alanları
Yerleşim	Yerleşim, Sanayi, Ticaret Alanları, Yollar, Betonlaşmış Alanlar
Diğer	Kullanılmayan çıplak alanlar, Çoraklaşmış Alanlar, Çıplak Kayalıklar vb.

2.2. Doğruluk analizi

Sınıflandırma sonuçlarında piksellerin gerçekte hangi arazi sınıfa ait oldukları bilinmediğinden ve algoritmalara göre hesaplandığı için elde edilen veriler ampirik değerlerdir yani teorik parametrelerden elde edilen istatistik değerlerdir (Özkan, 2011). Bu nedenle elde edilen tematik haritalar doğruluk analizine alınır. Doğruluk analizinde uygulanan birkaç yöntem vardır.

Bunlar;

- Arazi çalışması ve GPS ile elde edilen gerçek sınıflara ait test bilgilerinin elde edilmesi ve analiz için referans alınması,
- Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin referans alınarak doğruluk analizinin yapılması ve
- Doğruluğu kanıtlanmış arazi kullanım haritalarının referans alınması ile yapılan doğruluk analizleridir (Söğüt, 2009; Reis, 2008; Özkan, 2011; Dewan ve Yamaguchi, 2009; Gürbüz, vd., 2012).

Bu çalışmada 2013 yılı 51 cm mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak 2013 yılı sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerinde doğruluk analizi yapılmıştır.

Doğruluk analizi için ilk olarak referans pikseller belirlenerek hangi sınıfa ait oldukları saptanır. Daha sonra ise sınıflandırılmış görüntü ile karşılaştırılarak hata matrisi üretilir (Özkan, 2011). Hata matrisine göre üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu ve genel doğruluk oranı üretilir. Bazı durumlarda pikseller rassal olarak doğru sınıfa atanmış olabilir. Bu durumlarda hem satırların hem de sütunların ağırlıklı değerleri Kappa istatistiğine göre hesaplanmakta ve bu değerler 0 ile 1 arasında değişmek-

tedir (Karakoç, 2011; Baysal, 2006). Genel doğruluk oranının %80'i Kappa değerinin ise 0.75'i geçtiği çalışmalar güvenilir olarak kabul edilmektedir (Baysal, 2006; Gürbüz vd., 2012).

2.3. Değişim analizi

Uydu görüntüleri ve sınıflandırılmış tematik haritalar, bant aritmetiği ve değişim matrisi haritası gibi farklı yöntemlerle değişim analizine tabi tutulabilmektedir. Bant aritmetiği ile yapılan değişim analizlerinin avantajlı yönü iki görüntüdeki piksel değerleri arasında farkın çeşitli algoritmalar ile zenginleştirilerek bulunabilmesi iken sınıflandırılmış haritalarda değişim matrisinin avantajı ise arazi sınıflarının hangi arazi sınıflarına dönüştüğünün belirlenebilmesidir (Wu vd., 2005; Karabulut, vd., 2006; Baysal, 2006; Karabulut vd., 2013; Oğuz ve Zengin, 2012). Ancak sınıflandırılmış tematik görüntülerde dikkat edilmesi gereken durum sınıflandırmalardaki hataların değişim matrisi sonucunda çıkacak tematik haritaya da yansıtacağıdır.

Değişim matrisi sınıflandırılmış iki görüntü arasında X ve Y eksenleri dâhilinde piksel sınıf değerlerinin karşılıklı olarak analize dâhil edilmesiyle elde edilmektedir (Baysal, 2006). Analiz sonucunda yeni tematik harita elde edilir ve bu haritada X ve Y eksenlerine göre karşılaştırılmış piksellerde 2 sütun elde edilir (Şekil 7). Yeni tematik haritada elde edilen sınıf sayısı analize sokulan 2 görüntüdeki sınıf sayısının çarpımına eşittir.

Y	1	2	3	4	5	6	
1	1>1	1>2	1>3	1>4	1>5	1>6	1= Su
2	2>1	2>2	2>3	2>4	2>5	2>6	2= Sulu Tarım
3	3>1	3>2	3>3	3>4	3>5	3>6	3= Cılız Bitki
4	4>1	4>2	4>3	4>4	4>5	4>6	4= Kuru Tarım
5	5>1	5>2	5>3	5>4	5>5	5>6	5= Yerleşim
6	6>1	6>2	6>3	6>4	6>5	6>6	6= Diğer
X							

Şekil 7. Değişim Matrisi Y= 1987, X = 2013.

Figure 7. The matrix of change Y= 1987, X = 2013.

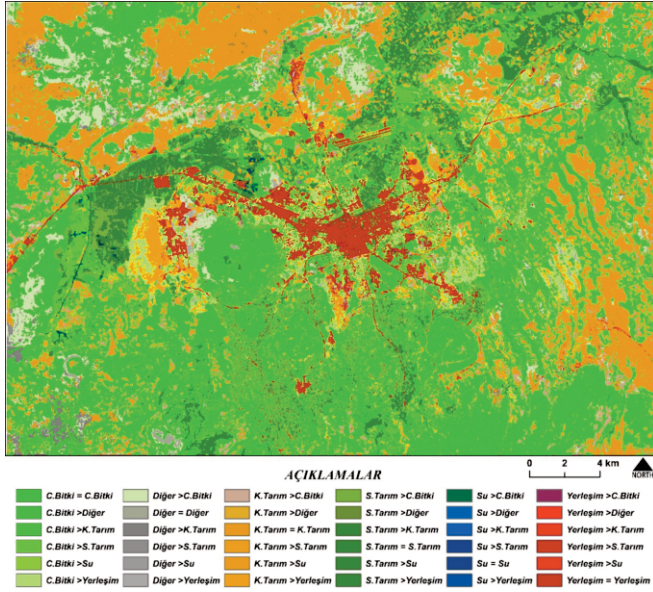
Yapılan değişim matrisi sonucu 36 sınıfı olan yeni bir tematik harita elde edilmiştir (Şekil 8). Haritada örneğin; açık yeşil ve tonları sınıflandırma esnasında 1987 ve 2013 yılı görüntülerinde tespit edilmiş olan Cılız Bitki AK/AÖ sınıfının hangi AK/AÖ sınıflarına dönüştüğü mekânsal olarak izlenebilmektedir. Ayrıca elde edilen analiz sonucu değişim sınıflarının alanları da hesaplanmıştır. Değişim matrisi ile ilgili detaylı sonuçlar bulgular bölümünde sunulacaktır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Sınıflandırma ve doğruluk analizi sonuçları

Çalışma alanına konu olan Kayseri şehri volkanik tüflü bir arazi yapısına sahiptir. Çalışma alanı kuzeyde ve güneyde dağlık ve tepelik alanlara sahipken kuzeydoğu güneybatı uzantılı bulunan düşük eğimli ve tüflü yapısı itibarıyla tarıma elverişli ova bulunmaktadır. Kayseri'de yerleşmeler bu ova üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışma alanı dâhilinde bulunana Ali Dağı, Yılanlı Dağ, Kızıltepe ve Killik Dağı ile yüksek ve eğimli alanlarda genel olarak Cılız Bitki ve Diğer AK/AÖ sınıfları ortaya çıkarken, kuzey-

doğu-güneybatı şeklinde uzanan ovada ve vadilerde sulu ve kuru tarım ile şehrsel alanlar bulunmaktadır. 1987 yılı sınıflandırılmış görüntüsü incelendiğinde şehirleşmiş alanların etrafında sulu tarım ve kuru tarım alanlarının yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 8. Değişim analizi ve matrisi sonucu elde edilen yeni tematik harita ve sınıflar.

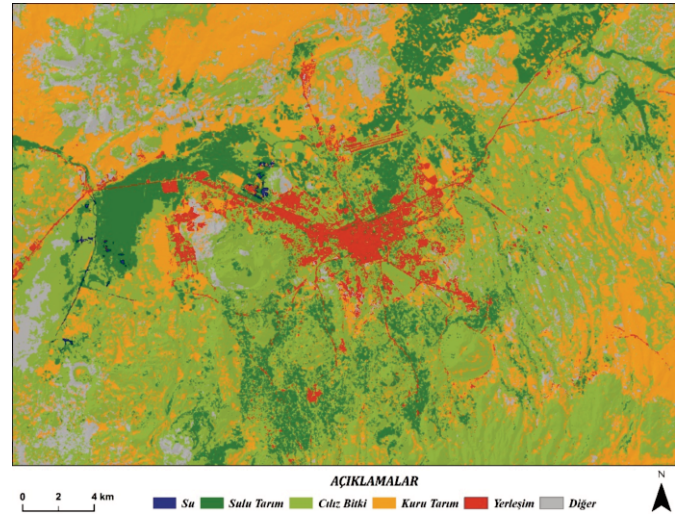
Figure 8. New thematic map and classes obtained from change detection and change matrix analysis results.

1987 yılında fotosentez üretimine bağlı olarak yakın infrared yansımalarına göre üretilmiş Cılız Bitki AK/AÖ sınıfı genel olarak şehirleşmiş alanın güneyinde Erciyes Dağı'na doğru yükselen ve Hacılar yerleşme merkezini de içinde bulunduran bir alanda ve şehrin doğusunda ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu sınıfın şehir etrafındaki Yılanlı Dağ, Ali dağı ve Kızıltepe gibi yüksek alanlarda olduğu saptanmıştır (Şekil 9). Bu yıllarda şehrin batısındaki sanayi alanlarının temelleri atılmaya başlanmış ve ayrıca şehrin kuzeyindeki hava alanına ve Erkilet yerleşme alanına doğru uzanan anayollar üzerinde şehrsel yapılaşmalar da başlamıştır. 1999 yılı sınıflandırılmış uydu görüntüsü dikkate alındığında, 1987 yılında sulu tarım yapılan arazileri, kuru tarım sınıfına dönüşmüştür. Ayrıca şehrin batısındaki sanayi alanı genişleme aşamasına geçmiştir. Çalışma alanında şehir güneydeki ve kuzeydeki ulaşım ağları boyunca Erkilet ve Havaalanına doğru genişlemiştir (Şekil 10).

2013 yılı sınıflandırılmış uydu görüntüsü dikkate alındığında, şehrin batısındaki sanayi alanı genişleyerek kuru tarım ve sulu tarım alanların aleyhine yayılmıştır. Ayrıca şehir doğuya doğru da genişlemeye başlamış ve Mimarşin Organize Sanayi Bölgesi (OSB) burada yapılmaya başlamıştı (Şekil 11).

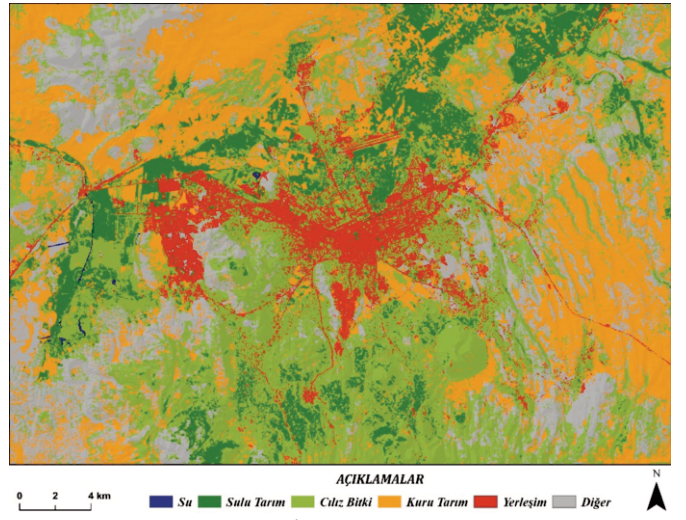
Çalışma alanında yapılan analizlerden elde edilmiş AK/AÖ sınıflarının istatistikî değerleri genel olarak şehrsel alanın sürekli olarak genişlediğini göstermektedir. (Şekil 12). Cılız bitki örtüsü alansal olarak 1999'da alsada da 2013'te artmıştır. Kuru tarım ve sulu tarım alanlarının 2013 yılında 1987 yılına göre azalmıştır. Su yüzeylerinde ise değişim olmakla birlikte bu değişim genel karakteri itibarı ile düşüktür. 2013 yılında diğer olan AK/AÖ sınıfı 1987 ve 1999 yıllarına göre çok düşük çıkmıştır.

Bu çalışmadaki doğruluk analizi sınıflandırma sonucu elde edilmiş 2013 yılı arazi kullanım türleri üzerinde, aynı yıla ait 51 cm



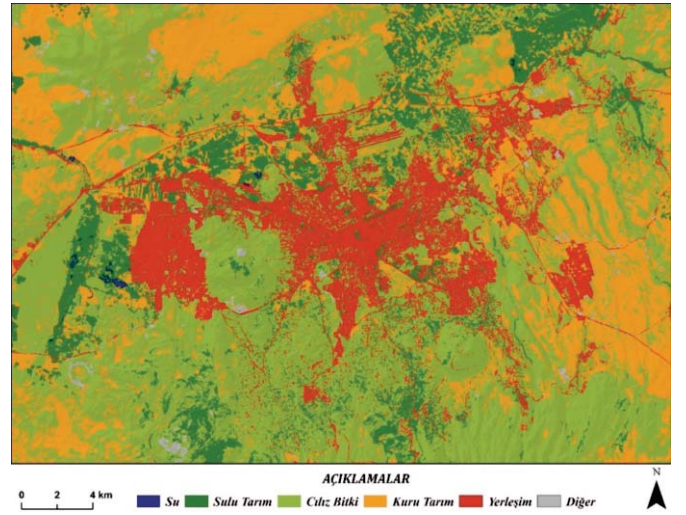
Şekil 9. 1987 Arazi kullanım/örtüsü türleri.

Figure 9. LULC map of 1987.



Şekil 10. 1999 yılı arazi kullanım/örtüsü türleri.

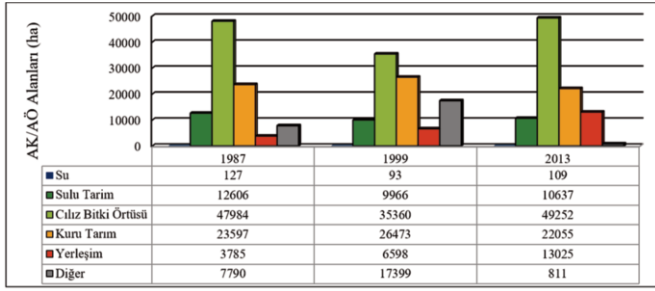
Figure 10. LULC map of 1999.



Şekil 11. 2013 yılı arazi kullanım/örtüsü türleri.

Figure 11. LULC map of 2013.

çözünürlüklü uydu görüntüsü referans alınarak yapılmıştır. Doğruluk analizi için her sınıfa en az 10 nokta olmak üzere 300 test noktası belirlenmiştir. Hata matrisine göre en çok hata sayısı Cılız Bitki AK/AÖ sınıfında daha sonra ise Kuru Tarım alanlarında görülmektedir (Tablo 2).



Şekil 12. 1987, 1999 ve 2013 yılları AK/AÖ sınıflarının istatistiksel bilgileri.
Figure 12. Statistics for LU/LC maps of 1987, 1999 and 2013.

Tablo 2. Sınıflandırmanın doğruluk analizi raporu hata matrisi.
Table 2. Error Matrix of classification.

Sınıf Adı	Su	Sulu Tarım	Cılız Bitki	Kuru Tarım	Yerleşim	Diğer	Toplam
Su	20	0	0	0	0	0	20
Sulu Tarım	0	34	3	3	0	0	40
Cılız Bitki	0	6	91	10	5	1	113
Kuru Tarım	0	3	7	52	0	0	62
Yerleşim	0	0	2	0	42	0	44
Diğer	0	0	0	2	1	18	21
Toplam	20	43	103	67	48	19	300

Doğruluk analizleri sonucunda toplam 300 referans noktanın genel doğruluk oranı %85,67 olarak belirlenmiştir. Kullanıcı doğruluğu Su, Sulu Tarım ve Cılız Bitki AK/AÖ sınıflarında üretici doğruluğuna göre düşük çıkarken, Kuru Tarım, Yerleşim ve Diğer AK/AÖ sınıflarında üretici doğruluğuna göre yüksek çıkmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Sınıflandırma doğruluk analizi sonuçları.
Table 3. Accuracy assessment of classification.

Sınıf Adı	Toplam Referans	Toplam sınıflandırma	Doğru Sayısı	Üretici D.	Kullanıcı D.
Su	20	20	20	100.00%	100.00%
Sulu Tarım	43	40	40	79.07%	85.00%
Cılız Bitki	103	113	91	88.35%	80.53%
Kuru Tarım	67	62	52	77.61%	83.87%
Yerleşim	48	44	42	87.50%	95.45%
Diğer	19	21	18	94.74%	85.71%
Toplam	300	300	257	100.00%	100.00%

Tüm Sınıflandırmanın Doğruluğu =85,67%

Kappa istatistiğine göre tüm çalışmanın Kappa değeri 0,81'dir. Her sınıf için kappa değeri göz önüne alındığında Sulu Tarım ve Cılız Bitki AK/AÖ sınıfları kappa değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4). Cılız Bitki AK/AÖ sınıfı doğası gereği kuru tarım sınıfı ile karışabilmektedir. Bu çalışmada 30 m uydu görüntüsü ile yapılan sınıflandırma, 51 cm referans uydu görüntüsü kullanılarak doğruluk analizi yapılmıştır (Şekil 13). Diğer AK/AÖ sınıflarının kappa değerleri ise geneli itibarı ile 0,75'in üzerinde olduğu için kabul edilebilir niteliktedir.

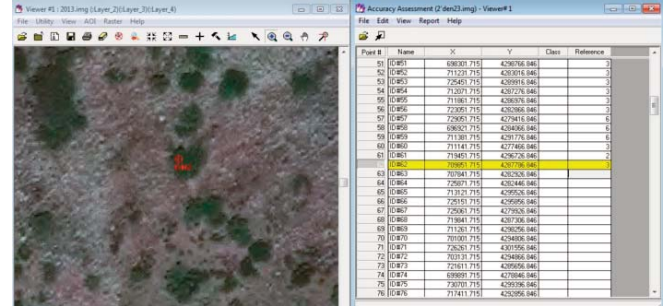
Tablo 4. Kappa istatistiği sonuçları.
Table 4. The results of kappa.

Sınıf Adı	Kappa
Su	1.0000
Sulu T.	0.8249
Cılız B.	0.7035
Kuru T.	0.7923
Yerleşim	0.9459
Diğer	0.8475

3.2. Değişim analizi sonuçları

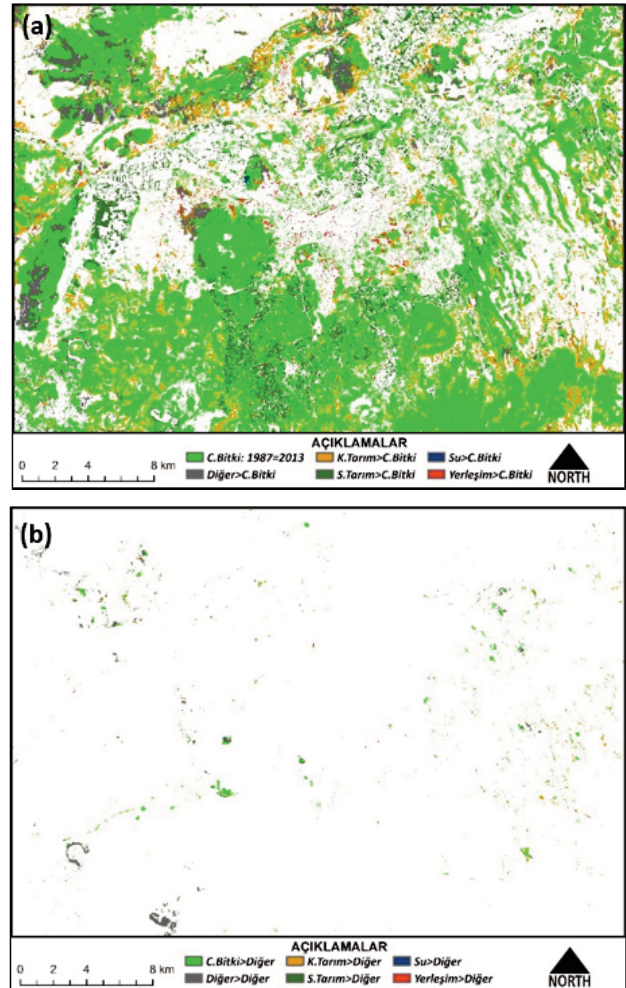
Değişim analizi 1987-2013 yılları sınıflandırılmış uydu görüntülerinin değişim matrisinin üretilmesi ile yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda 1987 yılındaki AÖ/AK sınıflarının 2013 yılındaki

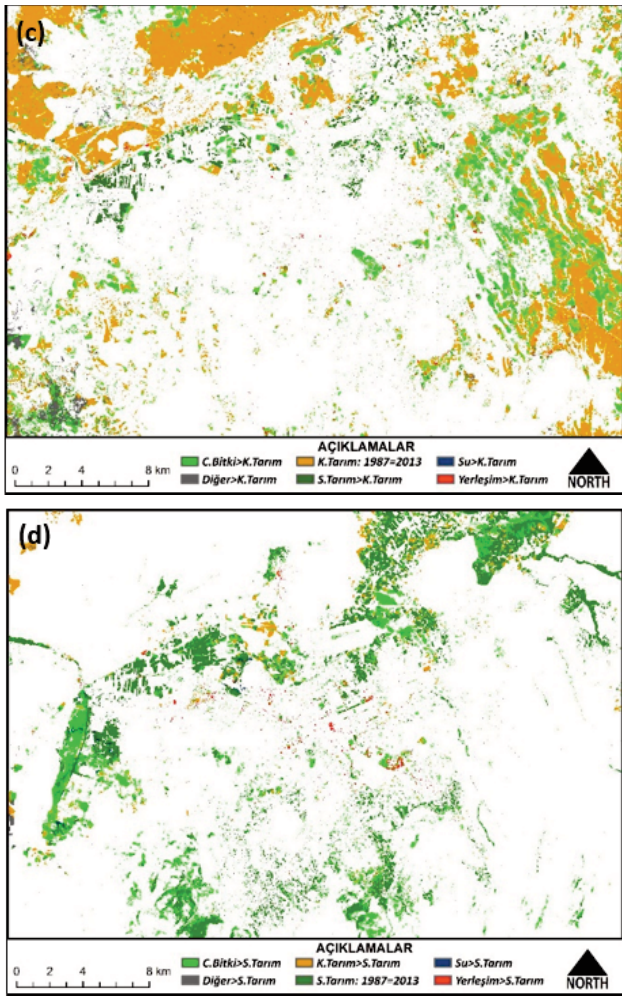
AÖ/AK sınıflarına dönüştüğüne yönelik tematik haritalar üretilmiştir. Buna göre çalışma alanının batısında Diğer alanlar arazi sınıfından cılız bitki sınıfına dikkate alınabilecek bir dönüşüm olduğu saptanmıştır (Şekil 14a).



Şekil 13. Referans verisinden elde edilen noktalar üzerindeki test aşaması.
Figure 13. Test phase on the points obtained from the reference data.

1987'ye 2013'te göre Diğer sınıfına dönüşüm doğudaki cılız bitki sınıfından ve kuzeybatıda bulunan kuru tarım sınıfından gerçekleşmiştir (Şekil 14b). AK/AÖ sınıfları arasında kuru tarım sınıfına geçişler şehrin kuzeyindeki sulu tarım sınıfından ve çalışma alanının doğusundaki Cılız Bitki sınıfından gerçekleşmiştir (Şekil 14c). Sulu tarım sınıfına geçişler ise şehrin kuzeyindeki ve batısındaki kuru tarım alanlarından ve cılız bitki sınıfından gerçekleşmiştir (Şekil 14d).

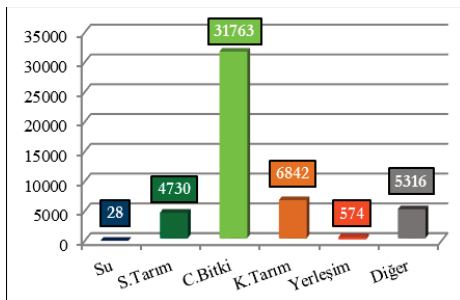




Şekil 14. 1987-2013 arazi sınıfları dönüşüm haritaları a: AK/AÖ sınıflarının cılız bitki sınıfına dönüşümü b: AK/AÖ sınıflarının Diğer sınıfına dönüşümü c: AK/AÖ sınıflarının kuru tarım sınıfına dönüşümü d: AK/AÖ sınıflarının sululu tarım sınıfına dönüşümü.

Figure 14. Maps of land conversion classes from 1987 to 2013 a: Classes' conversion to sparse vegetation class b: Classes' conversion to other class c: Classes' conversion to dry farming class d: Classes conversion to irrigated farming class.

AK/AÖ değişim matrisine göre 1987-1999 yılları arasında cılız bitki sınıfına 5316 ha diğer AK/AÖ sınıfı dâhil olmuştur (Şekil 15). Kuru tarım sınıfı ve sululu tarım sınıfından dönüşüm ise toplamda 7416 ha civarındadır. Bu arazi sınıflarının dönüşümünün sebebi nadasa bırakılmış ve hasadı bitmiş tarım alanlarında cılız bitki örtüsünün çıkmasıdır.



Şekil 15. Cılız bitki sınıfına dönüşüm istatistikleri.

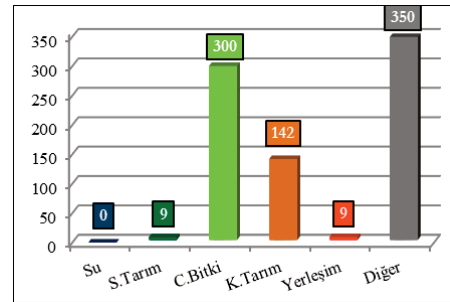
Figure 15. Statistics of conversion to sparse vegetation class.

Diğer sınıfına geçiş cılız bitki sınıfından 300 ha ve kuru tarım sınıfından 142 ha'dır (Şekil 16). Cılız bitki ile diğer AK/AÖ sınıfları arasındaki dönüşümler doğal olaylara bağlıdır. Kuru tarımda nadasa bırakma toprağın çıplak olarak algılanmasına neden ola-

bilmektedir.

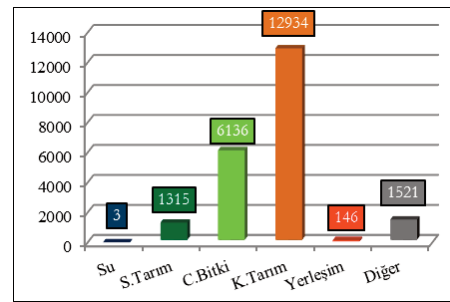
Kuru tarım sınıfına dönüşümde Diğer (1521 ha) ve cılız bitki (6136 ha) AK/AÖ sınıflarının tarıma açılmasının yanı sıra nadasa bırakılmış alanlarda tekrar tarımın yapılması da muhtemel bir olgudur (Şekil 17).

1315 ha'lık sululu tarım sınıfından kuru tarıma dönüşüm ise ekilen ürünlerdeki değişim olabilir. Sululu tarım sınıfına geçiş ise 3719 ha cılız bitki sınıfından, çayır ve mera gibi bitkinin bulunduğu yeşil alanların tarıma açılmasıyla gerçekleşmiştir (Şekil 18). Kuru tarım sınıfından dönüşüm tarım ürünü tercihi değişikliği göstergesidir.



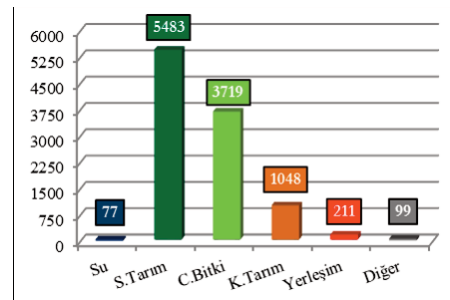
Şekil 16. Diğer sınıfına dönüşüm istatistikleri.

Figure 16. Statistics of conversion to other class.



Şekil 17. Kuru tarım sınıfına dönüşüm istatistikleri.

Figure 17. Statistics of conversion to dry farming class.



Şekil 18. Sululu tarım sınıfına dönüşüm istatistikleri.

Figure 18. Statistics of conversion to irrigated farming class..

Dönüşüm matrisinde tüm yorumlar değerlendirmeler yapıldıktan sonra bilinmesi gereken sınıflandırmadaki hata payının değişim analizi ve matrisine de yansıtıldığıdır. Diğer bir ifade ile bu çalışmada sınıflandırma işlemindeki yaklaşık %86'lık bir doğruluk oranı ve %14'lük hata payı bu analize de yansımıştır.

3.3. Kayseri'nin şehirselleşimi ve bu gelişimin AK/AÖ sınıflarına etkisi

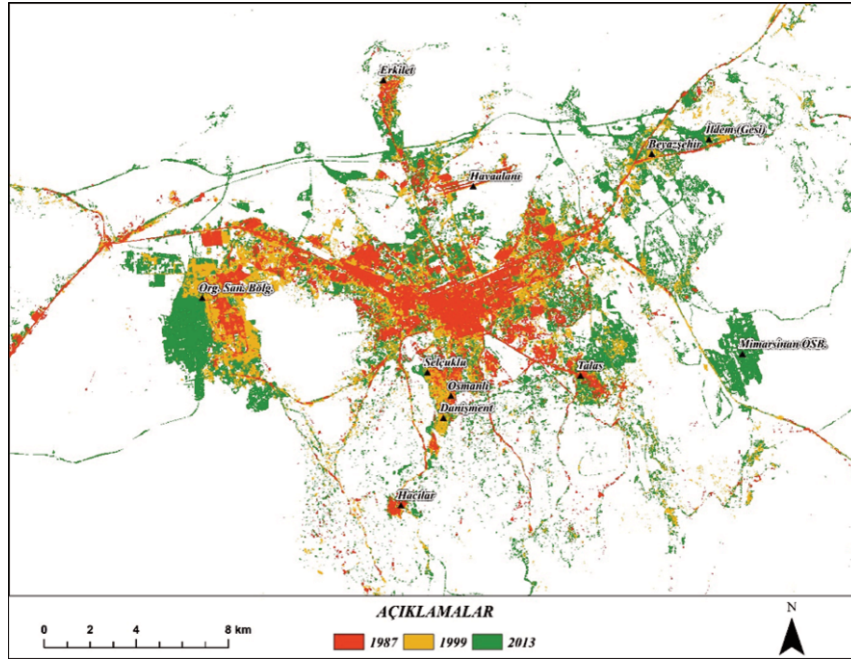
Analizlere göre Kayseri şehri 1987 yılında 3785 ha'lık bir alanda yayılmışken 2013 yılına kadar 3,44 kat genişlemiş ve 13025 ha'lık bir alana genişlemiştir. Arazi sınıflarından yerleşime göre

Kayseri şehri, 1987 yılında merkezdeki yerleşim alanı ve etrafında çeşitli kümeler halinde bulunan ticaret ve sanayi alanları ile güneyde Hacılar yerleşim alanı kuzeyde ise havaalanı ve Erkilet yerleşim alanından oluşmaktadır. 1987'de günümüzdeki Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nde (KSOB) yapılaşmanın yeni başladığı saptanmıştır.

1999 yılında Kayseri şehrinin batısındaki sanayi alanı genişlemiş yerleşim alanları ile bütünleşmiştir. 1987 yılında şehrin güneyinde küçük birer yerleşme çekirdeği olan Selçuklu, Osmanlı ve Danişmentgazi mahalleleri 1999 yılında yapılaşmanın artması sonucu birbirleriyle ve şehirle birleşmişlerdir. Şehrin Kuzeyinde havaalanı ve Erkilet civarında yapılaşma vardır. Ancak bu yapılaşma şehrin güneyindeki ve batısındaki yapılaşma kadar belirgin değildir. Yine 1999 yılında şehir doğuya doğru yayılmış, belirgin bir şekilde yapılaşma ortaya çıkmış ve doğuda Beyaz-

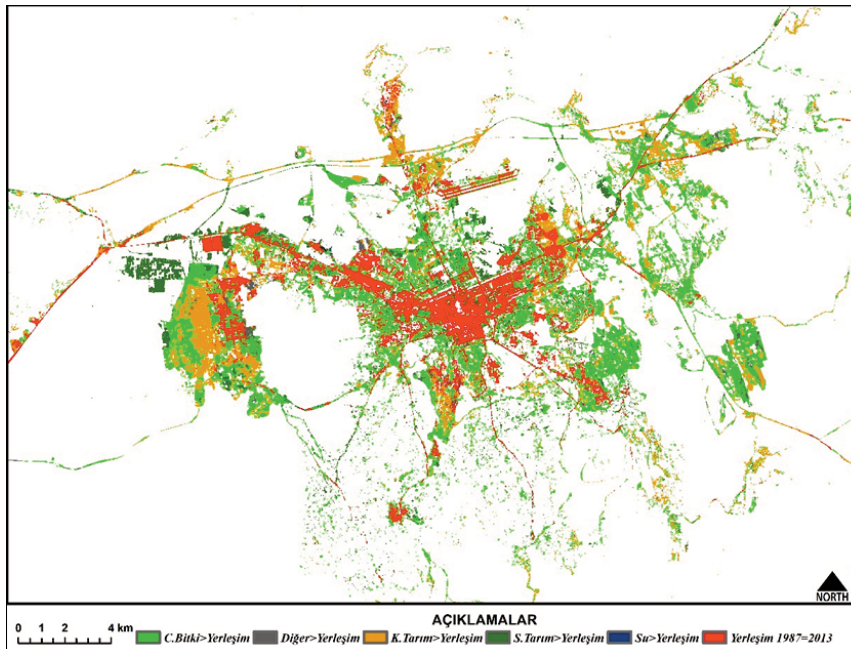
şehir, İldem ve Gesi gibi yerleşme alanları belirginleşmiştir.

2013 yılında batıdaki KOSB sanayi alanı batıya doğru genişlemiş ve tarım alanlarını işgal etmiştir (Şekil 19-20). 1999-2013 yılları arası dönemde şehrin güneydoğusunda üniversitenin hemen güneyindeki alanlar yerleşime açılmış ve daha doğru Mimarşinan Organize sanayi bölgesi kurulmuştur. Analizlere göre AK/AÖ sınıflarının mekânsal olarak şehrsel gelişimden etkilenme durumu; şehir ilk etapta etrafındaki cılız bitki örtüsü olarak sınıflandırılan ancak herhangi bir arazi kullanım değeri bulunmayan ve çoğunlukla tüflü arazilere denk gelen alanlarda gelişmiştir. Batıdaki sanayi alanı ise kademeli olarak önce kuru tarım alanlarını sonra ise sulu tarım alanlarını işgal etmiştir (Şekil 20). Güneyde Hacılar ilçe merkezi etrafındaki bölge dağınık bağ içerisinde yapılaşmış alanlar olarak belirlemiştir.



Şekil 19. Kayseri şehrinin mekânsal genişlemesi (1987-2013).

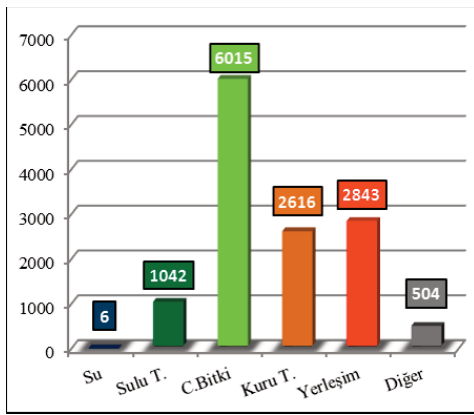
Figure 19. Spatial expansion of Kayseri (1987-2013).



Şekil 20. Kayseri şehrsel gelişiminin AÖ/AK sınıfları üzerindeki mekânsal etkisi.

Figure 20. Spatial impact of urban expansion on LU/LC classes for the city of Kayseri.

Yoğun tarım alanı olarak kullanılan kuzeydeki ova kesimlerinde 2000'li yıllardan sonra yapılaşmaya başlamıştır. Doğudaki şehir ve sanayi alanı ise tarım arazileri olarak kullanılmayan tüflü araziler ve cılız bitki AÖ/AK sınıfı üzerinde gerçekleşmiştir. 2013 yılında şehrin kuzeyinde bulunan yeni çevre yolu, yeni üniversite ve yeni küçük sanayi bölgesi burada olan yapılaşmayı hızlandırmaktadır. Aynı alanda yeni bir bölge hastanesi yapılmaktadır. Ancak tüm bunlar verimli tarım arazileri üzerinde yapılmaktadır ve bu yatırımlar gelecekte yerleşim alanlarını çekecek ve alanın tamamen yapılaşmasına neden olacaktır. Çalışmada dikkat çeken bir diğer durum da diğer olarak belirlenen AK/AÖ sınıfından yerleşime dönüşümün beklenenden düşük olmasıdır. Bunun nedeni Diğer arazi sınıfı oranının düşük olması ve bazı yerlerde yerleşmeye müsait olmamasıdır. (Şekil 21). Şehirsel alana en çok dönüşüm cılız bitki AK/AÖ sınıfından (6015 ha) daha sonra ise kuru tarım alanlarından (2616 ha) gerçekleşmiştir.



Şekil 21. Şehirsel alana dönüşen AK/AÖ sınıfları.
Figure 21. LU/LC classes' which converted to urban areas.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada şehirsel gelişim ve etkilerinin belirlenmesi için uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma, doğruluk analizleri ve değişim analizleri yapılmıştır. Çalışma dönemlerinde Kayseri şehri sürekli bir büyüme trendi gösterirken çayır/mera ve tarım AK/AÖ alanları azalmıştır. Şehirsel yayılma daha çok şehir merkezine uzak alanlarda sanayi alanlarının kurulması ve şehrin bitişğinde yeni yerleşim alanlarının açılmasıyla gerçekleşmiştir. Şehrin kuzeyindeki çevreyolu ve yeni üniversite yerleşim alanlarını buraya çekecektir. Ancak yerleşime açılacak yeni alanlar verimli tarım arazileridir. Çalışma alanında bulunan ovadaki verimli tarım arazileri azalmaktadır.

Analizlere göre şehir daha çok çorak toprak, çıplak toprak gibi genelde kullanılmayan, tarıma elverişsiz ve ekolojik olarak çeşitliliğin düşük olduğu alanlar üzerinde değil, çayır ve mera gibi yeşil alanlar ile tarım alanları üzerinde gelişmektedir. Planlı bir şehir olarak bilinen Kayseri için bu durum dramatiktir. Burada belirtilmesi gereken bir durum planlamanın sadece düzenli, estetik ve işlevsellik için değil aynı zamanda sürdürülebilirlik için de gerekliliğidir.

Uydu görüntülerinin saklanabilmesi ve güvenilir olmasının yanı sıra Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde gelişen teknikler yardımıyla bu veriler analiz edilerek durum değerlendirilmesi yapılabilmektedir. İkincil analiz metodları ile de zamansal farklılıklar belirlenebilmektedir. Bu sayede geleceğe yönelik şe-

hirselleşim modelleri de oluşturulabilecektir.

Uydu görüntüleri sınıflandırılırken mevsimsel farklılıklardan kaynaklanan sorun yaşanmaması için görüntülerin zaman uyumuna dikkat edilmelidir. Ayrıca sınıflandırmadaki hata payının sınıflandırma işlemi sonrası yapılan ikincil analizlerde kullanılacak görüntü ile yeni analize dâhil edildiği de unutulmamalıdır.

Şehirler büyürken çevreye verdikleri zararın yanı sıra fark edilen hatalardan dönülmesi çok zor ve zahmetlidir. Bu nedenle uydu görüntülerinin uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak yapılacak olan şehirsel gelişim analizleri, modellemeleri ve simülasyonları yardımı ile yeni planlamalarda geçmişteki hataların belirlenmesi ve bu hataların tekrarlanmaması bakımından fayda sağlayacaktır.

Kaynakça

- Akbulak, C., Evren, E. A., ve Öztürk, B. (2008). Gelibolu Yarımadası'nın Kuzeybatı kıyılarında Arazi Kullanımının Uzaktan Algılama İle İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,(20), 42-50.
- Aanderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. US Government Printing Office.
- Baysal, D. (2006). Eskişehir Kentsel Yerleşim Alanının Farklı Yıllara Ait Fiziksel Değişiminin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Değerlendirilmesi. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı.
- Çavuş, C. Z. (2007). Çanakkale'de Kentsel Gelişimin Uzaktan Algılama ve GPS Ölçümleri İzlenmesi. İ.Ü. Coğrafya Dergisi(15), 44-58.
- Çelik, M. A., Kızılelma, Y., Gülersoy, A. E., ve Denizdurduran, M. (2013). Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi (1990-2010). Turkish Study, 8(12), 263-284.
- Dewan, A. M., and Yamaguchi, Y. (2009). Land Use and Land Cover Change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using Remote Sensing to Promote. Applied Geography(29), 390-401.
- Gürbüz, M., Denizdurduran, M., Karabulut, M., ve Kızılelma, Y. (2012). Uzaktan Algılama ve CBS Kullanarak Elbistan Ovasında Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsünde Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi(Özel Sayı), 30-37.
- Kara, F., ve Karatepe, A. (2012). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) Arazi Kullanımı Değişim Analizi. Marmara Coğrafya Dergisi(25), 378-389.
- Karabulut, M., Küçükönder, M., ve Topuz, M. (2013). Farklı Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanarak Gâvur Gölü'nde (Kahramanmaraş) Yüzeysel Değişimlerinin Belirlenmesi. (s. 442-449). İstanbul: Türkiye Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı.
- Karabulut, M., Küçükönder, M., Gürbüz, M., ve Sandal, E. K. (2006). Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinde Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak İncelenmesi. (s. 13-16). İstanbul: 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri.
- Karakoç, A. (2011). Göksu Deltasında (Silifke-Mersin) Meydana Gelen Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü

- İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- Karakuyu, M. (2006). Tarihi Şehir Coğrafyası Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisinin Kullanımı: Manisa Örneği. (s. 1-7). İstanbul: 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi.
- Karakuyu, M., Karaburun, A., ve Kara, F. (2012). Kentleşmenin Büyükçekmece Gölü Havzasındaki Arazi Kullanım Değişimleri Üzerindeki Etkisinin Zamansal Analizi. Marmara Coğrafya Dergisi(26), 42-54.
- Keleş, R. (2013). Kentleşme Politikası. Ankara: İmge Kitapevi.
- Kızılelma, Y., Karabulut, M., ve Gürbüz, M. (2013). Niğde Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak İncelenmesi. Zeitschrift Für Die Welt Der Türken, 5(3), 21-34.
- Liu, Y. (2009). Modeling Urban Development Geographical Information Systems and Cellular Automata. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Nations, U. (2014). World Urbanization Prospects, The 2014 Revision. United Nations.
- Oğuz, H., ve Zengin, M. (2012). Peyzaj Patern Metrikleri ve Landsat TM 5 Uydu Görüntüleri Kullanarak Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişimi Analizi (1984-2010): Kahramanmaraş Örneği. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi(Özel Sayı), 22-29.
- Osmanoğlu Batuhna. (2011). Sınıflandırma. F. Sunar içinde, Uzaktan Algılama (s. 150-177). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Özdemir, M. A., ve Bahadır, M. (2008). Yalova ilinde Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi. İ.Ü.Coğrafya Dergisi(17), 1-15.
- Özkan, C. (2011). Sınıflandırma. F. Sunar içinde, Uzaktan Algılama (s. 150-177). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Reis, S. (2008). Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize. Sensors, 8(10), 6188-6202.
- Shalaby, A., and Tateishi, R. (2007). Remote Sensing and GIS for Mapping and Monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern Coastal Zone of Egypt. Applied Geography(27), 28-41.
- Söğüt, H. (2009). Envi Yazılımı ve Arcgis Entegrasyonu. Ankara: Esri Türkiye.
- Strahler, A. H. (1980). The Use of Prior Probabilities in Maximum Likelihood Classification of Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment, 10(2), 135-163.
- Topaloğlu, R. H., ve Ekercin, S. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu ile Konya Kapalı Havzası'nda Arazi Örtüsü/Kullanımı Zamansal Değişimlerinin Belirlenmesi. Anlara: TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.
- Toroğlu, E. (2009). Bor Şehrinin Kuruluş ve Gelişmesi. Doğu Coğrafya Dergisi, 14(21), 173-194.
- What Are The Band Designations For The Landsat Satellites. (2014, 06 19). 01 13, 2015 tarihinde US Geological Survey : <http://landsat.usgs.gov> adresinden alındı
- Wu, Q., Li, H.-g., Wang, R.-s., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., . . . Wang, Z. (2005). Monitoring And Predicting Land Use Change in Beijing Using Remote Sensing and GIS. Landscape And Urban Planning(78), 322-333.
- Yıldırım, Ü., ve Kılıç, F. (2006). Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Afyonkarahisarın Şehirsel Gelişiminin İzlenmesi. (s. 1-4). İstanbul: 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiri Kitabı.