

## BOĞAZ AŞAN KÖPRÜLER: BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ'NDEN ÜÇÜNCÜSÜNE, KÖPRÜ GÜZERGÂHLARININ İSTANBUL ORMANLARINA ETKİLERİ

A.O. Altunel, A.Y. Erbay, T. Şıpka, N. Karakaş

NİK Sistem, NİK İnşaat Ticaret Ltd. Şti., 34394 Mecidiyeköy İstanbul. system@nik.com.tr

### ÖZET

İstanbul 13 milyona yaklaşan nüfusu ile Türkiye'nin en büyük ilidir. Ancak, bahsi geçen büyüklük, şehrin sahip olduğu yüz ölçümünü (~ 5500 km<sup>2</sup>) dikkate alınıp değerlendirildiğinde, İstanbul'u, 81 il arasında alt sıralara yerleştirmektedir. İstanbul, ülkenin en yoğun göç alan kentidir. Kentin dört bir yanında yeni yerleşim alanları oluşmakta, büyüme önüne geçilemez bir hızla devam etmektedir. Kentin büyümesi, insanlar bir yerden bir diğerine gitmek istediklerinde ulaşım problemlerini de beraberinde getirmektedir. Çünkü, yeni açılan yerleşim yerlerinin kentin ulaşım ağına bağlanması, bu yerlerin ilk başta oluşması kadar kolay olmamaktadır. Konumu itibarı ile, Karadenizi Marmara denizine bağlayan boğazının her iki yakasında kurulu bulunan İstanbul, güzelliği yanında, ulaşımında en başından beri bir çelişki yaratan bu su yolu ile birlikte var olmuştur. Kent büyüdükçe, bir yakadan diğerine erişmekte 1970'lerin başına kadar tek alternatif olarak kullanılan deniz taşımacılığı yetersiz olmaya başlamıştır. Ulaşımı rahatlatmak adına, boğazı köprü inşa ederek geçmek için ilk adım Şubat 1970'de atılmış ve Haziran 1973'te tamamlanan Boğaziçi Köprüsü ile, bir yakadan diğerine kesintisiz geçmek mümkün olmuştur. Yapılan bu köprü, ulaşım geçici bir süre rahatlatma getirirse de, 1980'lerin ilk çeyreğine gelindiğinde, İstanbul'un tek köprü ile yetinemeyeceği, ikinci bir tanesine daha ihtiyacı olduğu gündeme getirilmiştir. Ocak 1986'da inşasına başlanan Fatih Sultan Mehmet köprüsü Mayıs 1988'de tamamlanarak, şehrin bir yakasını diğer tarafa bağlayan, boğaz aşan ikinci köprü olarak hizmete girmiştir. İlkinin inşasından beri geçen 37 senedir, kentin önüne geçilmez büyümesi, 2009'da üçüncü bir köprüünün de ulaşım ağına dahil edileceği resmi olarak açıklanmıştır. Köprüler, bir su yolunun iki yakasını birbirine bağlayan mimari yapılar olarak görülse de, İstanbul gibi alanı zaten gayet sınırlı olan bir şehirde, bu köprülerin, şehrin ulaşım sistemine bağlanabilmesi için gerekli olan bağlantı yolları şehrin son kalan orman sahaları ve su toplama havzaları içinden geçirilecekse, köprüünün ulaşım sağlayacağı faydaların, insanların yaşam kalitesinden götürecekleri ile ciddi oranda kıyaslanarak, planlamanın doğanın en az şekilde etkileneceği şekilde yapılması mecburiyeti ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, mevcut iki köprüünün inşa tarihleri öncesinden başlayarak sırasıyla 1963 yılına ait Corona ve sonrasında periyodik zamanlarda günümüze değin elde edilmiş Landsat uydu görüntüleri kullanılarak, köprü bağlantı yolları itibarı ile, şehrin ormanlık alanlarında meydana gelen değişimlerin ve benzeri etkilerin 3. bir köprüünün kentin daha kuzeyine inşaa edilmesi durumunda da olabileceği ortaya konulmaktadır. Konunun sadece köprü bağlantı yolları ile sınırlı olmadığı, erişim imkanlarının artması sonucu, ormanlık sahalarda yeni yerleşim baskısının da artma potansiyeli taşıdığı gayet açıktır.

**Anahtar Sözcükler:** İstanbul Ormanları, Landsat, Corona, Sınıflandırma, Değişiklik Takibi

### THE EFFECTS OF THE BOSPHORUS TRAVERSING BRIDGE ROUTES OVER THE LAST REMAINING FORESTS OF ISTANBUL

#### ABSTRACT

Istanbul with its roughly 13 million inhabitants, is the largest province in Turkey. However, this so called largeness if considered when one takes the land area of the city (~5500 km<sup>2</sup>) into consideration, ranks it rather low among the rest of the country's other provinces. People from all around the country have come to Istanbul to catch new opportunities, to guarantee and have a better future and new possibilities for themselves. Today, this increasingly continuing trend is creating new suburbs in every conceivable corner of the city and the city's unstoppable expansion keeps continue. Transportation problems tag along with this expansion and pose considerable problems when people wish to move inside the city because tying up these new places to the rest of the city is not as easy as creating them in the first place. Positioned on either side of the Bosphorus, Istanbul has long existed together with this sea passage which, along with its amazing beauty, has been a handicap when it comes to moving one side of the city to the other. As the city got bigger, the sea ferries which were the only means of transportation up until the early 1970s, had become insufficient. To ease up building pressure in Istanbul's transportation, the construction of the first bridge, Bosphorus bridge, began on February 1970. It took more than three years to complete the bridge on June 1973. This was the first uninterrupted passage from one side to the other. Although this bridge provided a temporary relief to the transportation network of the city, in the first quarter of the 1980s, talks among the state officials, stating the only bridge would not be sufficient enough to shoulder the ever growing traffic burden of the city, began to surface. The construction of the second bridge, Fatih Sultan Mehmet bridge, got started on January 1986 and completed on May 1988. For 37 years since the commencement of the first bridge on 1973, the unstoppable expansion of the city has kept going until today when, one more time, talks to built a third bridge have been heating up for more than a year. Although bridges are considered as architectural passage ways for traversing a river, gully, canyon etc, in cities like Istanbul land area of which is rather limited, the question of from where the main and secondary highways and

roads, which feed a bridge, will be passed, poses grave concerns on the minds of conscientious people of the city. In particular, if these connecting roads will be passed through the last remaining forest areas of the city, utmost importance must be given during the planning stage by considering what a third bridge will bring to the transportation problem of Istanbul vs. what it will take away from the way of life of the people of Istanbul. In the scope this study, in terms of the connection roads of the bridges, the answers to the questions of what has taken place since the opening of the first bridge in 1973 in the forest areas of Istanbul and what is likely to happen if a third bridge is built in the near future, will be answered. 1963 Corona photographs and periodically taken Landsat imagery will be scrutinized. Topic is not limited to the connection roads of the bridges. As the transportation possibilities increase, human inhabitation pressure on the remaining forests of Istanbul, will tight its grip ever increasingly. As a result of the study, it will be exhibited how heavy population pressure can adversely transform one big city's last remaining wilderness areas.

**Keywords:** Istanbul forests, Landsat, Corona, Classification, Change Detection

## 1. GİRİŞ

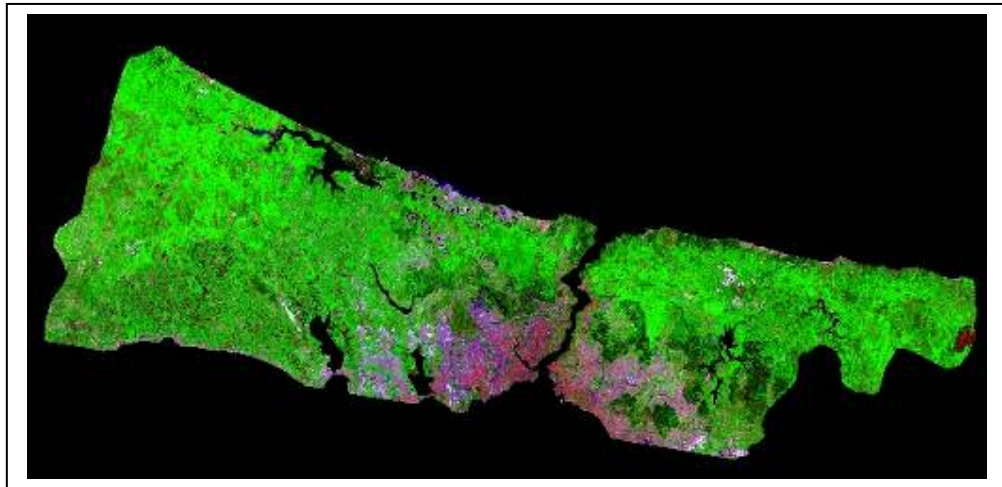
İstanbul, hem Türkiye'nin hemde birçok Avrupa ülkesinin en büyük metropollerinden biridir ve kırsal alanlardan çok büyük göç almaktadır. Şehirdeki nüfus artışı öncelikle açık arazilerde kendini göstermekte, ilerleyen zamanda ise şehrin ormanlık arazilerine doğru kaymaktadır. Ormanlar, taşıdıkları önem herkesçe bilinmesine rağmen, özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, söz konusu bu gelişmeye en kolay şekilde kurban edilen kaynaklardır. Bu nedenle, var olan iki köprü'nün daha kuzeyine inşaa edilecek üçüncü bir köprü'nün, kentin kalan son orman alanlarını doğrudan etkileyecek sonuçlar doğuracak olması, akla gelen ilk konu olmaktadır.

Bu çalışmada, uydu görüntüleri kullanılarak İstanbul boğazını aşan iki köprü'nün (Boğazici ve Fatih Sultan Mehmet) bağlantı yolları ile birlikte şehrin büyümesine paralel olarak her geçen gün daha fazla baskılanan İstanbul ormanları üzerindeki etkilerinin, uzaktan algılama methodları ile ortaya konulması hedeflenmiştir.

Yeni köprü'nün/köprülerin oluşturacağı etkilere yönelik iki yeni tarihli çalışma da var olan köprülerin durumu ve meydana getirmiş oldukları etkileri irdelenmiş, inşaa edilmesi düşünülen 3. Köprü ile birlikte mevcut olumsuzlukların katlanarak artacağı ortaya konulmuştur (TMMOB, 2010; Güngör, 2010). Bu çalışmanın bahsi geçen diğer çalışmalardan farkı, sonuçlarının büyük oranda kullanılan uydu görüntülerinin analizine dayanmasıdır.

## 2. ÇALIŞMA ALANI: İSTANBUL

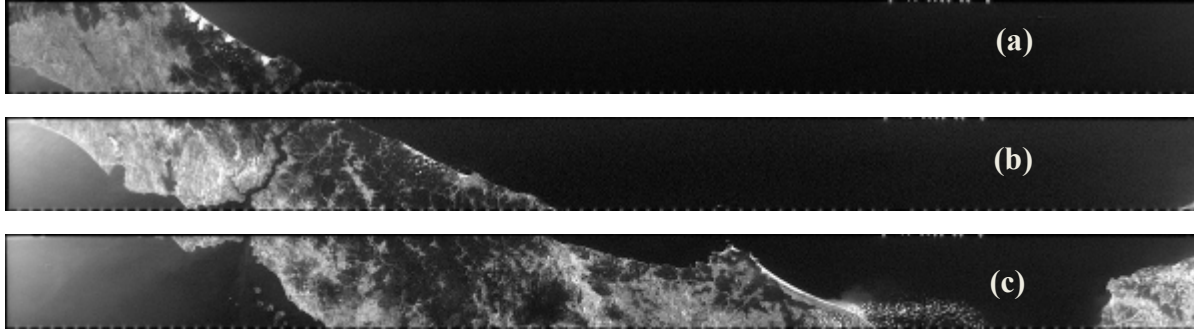
Çalışma alanı, yaklaşık 5500 km<sup>2</sup>'lik alanı ile İstanbul il sınırları olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Çalışma amacı genel olarak ormanlık alanların değişimine yönelik olduğu için çalışma alanının özellikle kuzey bölgesini kapsayan uydu görüntülerinin kullanılmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı sınırına göre kesilmiş 2000 yılına ait Landsat ETM+ R:G:B=7:4:2 görüntüsü

### 3. VERİLER VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan en eski tarihli veri 19 Temmuz 1963 tarihli Corona görüntüsü olup, bu tip görüntüler, CORONA (KeyHole uyduları) projesinde filme çekilen görüntüleri, özel bir atmosfer kapsülü içinde Dünyaya geri getirilen kapsülün havada yakalanarak veya deniz yüzeyinden toplanarak, içindeki filmlerin taranması sonucunda elde edilmişlerdir. Aslında 3 farklı kamera/kapsül sistemi kullanılmışsa da hepsine birden Corona Uydu Görüntüleri denmektedir. Bu görüntüler, bir kaç adet deneysel kızılötesi ve renkli fotoğraflar hariç genellikle siyah & beyaz film olarak elde edilmişlerdir. Bu analog fotoğraflar farklı çözünürlük ve çerçeve boyutlarına sahiptirler. Bu çalışmada, kamera çözünürlüğü “Stereo Medium” ve “Forward” olan Corona görüntüleri kullanılmışlardır (Şekil 2 a ve b). Bu ürünlerin teslimi uzun sürdüğü için çalışma bölgesinin doğu kısmını kapsayan görüntü çalışmaya daha sonradan dahil edilmiş, bu yüzden de sonuçlarına bu çalışmada yer verilememiştir (Şekil 2c).



**Şekil 2.** Çalışmada kullanılan Corona görüntülerinin kapsadığı bölgeler (a) ve (b) şeritleri olup, (c) şeritinin analizi devam etmektedir.

Özellikle Corona verileri ile tüm çalışma alanını kapsamadığı gözönüne alınarak, yıllara göre karşılaştırma yapılırken bu duruma dikkat edilmelidir. Örnek vermek gerekirse, 1963 tarihinde yerleşim alanı olan bazı bölgeler görüntünün kapsama alanı dışında kaldığı için yerleşim alanı yokmuş gibi görülebilir. Bu nedenle analizlerde yararlanılan görüntüler analizlerde, çalışma kapsamını göstermesi için altlık olarak kullanılmışlardır. Bazı karşılaştırma şekillerinde ise en uygun ve güncel tarihli görüntü altlık olarak kullanılmıştır.

Çalışmada Boğaziçi köprüsünün Haziran 1973 de hizmete girmesinden önceki dönemleri inceleyebilmek için, 1963 yılına ait iki adet Corona fotoğraf şeridi kullanılmıştır. İlaveten köprüünün hizmete girmesi ardından meydana değişiklikleri izleyebilmek için 1975 tarihli bir diğer Landsat MSS verisi daha incelenmiştir. Diğer taraftan, Fatih Sultan Mehmet köprüsünün Mayıs 1988’de hizmete girmesinden önceki değişiklikleri izleyebilmek için, 1984, tarihli Landsat TM ve sonrası için ise 2007 tarihli Landsat TM verileri incelenmiştir.

Uydu verileri kontrollü sınıflamaya tabii tutulmuş, Corona görüntüsü ve Google Earth üzerinden ise ilgi alanlarına göre, orman alanları, yerleşim, yollar vb, ekran üzerinden sayısallaştırılarak ortaya çıkarılmıştır. Görüntülerin işlenmesi ve gereken analizlerin yürütülebilmesi için, “ER MAPPER 7.1” ve “Global Mapper v11.01” yazılımları kullanılmıştır.

Çalışmada çok sayıda farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntüleri incelenmiştir. Landsat verileri 1970’lerin başında ilk nesil, MSS, sensörleri taşıyan uyduların dünya yörüngesine oturtulmasından beri birçok maksada yönelik olarak, doğal kaynak yönetimi, planlama, değişiklik tespiti ve izlenmesi, vb, kullanıla gelmişlerdir. Başlangıçta, 4 band (3 VNIR + 1 NIR) ve 80 m’lik yersel çözünürlüğü ile nispeten kaba olan MSS sensörlerine, 1980’lere gelindiğinde 7 bant’lı (3 VNIR + NIR + 2 SWIR + TIR) ve 30 m yersel çözünürlüğe sahip (TIR, 120 m) TM sensörleri de eklenmiştir. Serinin devam uydusu Landsat 7 ETM+, aktive olduğu 1999 yılından 2003 yılına kadar görüntüleme yapmış, ancak 2003 yılında sensörlerinde meydana gelen bir arıza sonrasında, görüntü kalitesi bozulmuştur.

Landsat verileri, orta düzey olarak kabul edilen çözünürlüklerinden (30 m yersel) dolayı, geniş alanlar kaplayan yeryüzü oluşumlarının, şehirleşmenin, orman alanlarının, kullanılabilir veya tahrip olmuş zirai alanların, sulak arazilerin ve endüstriyel sahaların, vb tespit edilmesi, haritalanması ve

izlenmesinde yaygın olarak kullanılmış ve günümüzde de kullanılmakta olan geleneksel hale gelmiş verilerdir. Bununla birlikte, verilerin sahip olduğu çözünürlük, büyük şehirlerdeki yerleşim yerleri yada zirai alanlar gibi karmaşık peyzaj öğeleri içeren sahalarda, kullanıcıların, özellikle de verilerin kontrollü sınıflandırılması esnasında, çeşitli problemler ile karşılaşmalarına neden olmaktadır (Vasilakos ve arkadaşları, 2004).

Çalışmada ayrıca Google Earth web sitesi ve beraberindeki yüksek çözünürlüklü QuickBird, GeoEye ve SPOT-5 gibi uyduların görüntülerinden de faydalanılmıştır. Bunlar genel olarak 2003 ile 2010 yılları arasında elde edilmiş görüntülerden oluşmaktadır. Ancak, İstanbul ve çevresi dikkate alındığında büyük bir çoğunluğunun 2010 yılına ait görüntüler olduğu gözlenmiştir.

Uydu verilerinin kullanıldığı uzaktan algılama yöntemleri, tabii kaynakların ve çevre üzerine etki eden unsurların belirlenmesi izlenmesi ve yönetilmesinde önemli bir araç olmuşlardır (Bahadur, 2009). Geniş alanlara yayılmış olduklarından, orman alanlarını ilgilendiren çalışmaların, sadece yersel çalışmalar kullanılarak yürütülmesi, hem zaman hem de maliyet açısından büyük külfetler doğurmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, halihazırda periyodik olarak yürütülmekte olan yersel çalışmaların, uydu verileri ile de desteklenmesi sonucu, işlemlerin hızlandırılması ve güvenilir sonuçların elde edilmesi mümkün olabilmektedir (Koç ve Yener, 2001).

Çalışmada daha çok Landsat uydu görüntülerinin kullanılmasının sebebi; bu görüntülerin geniş alanların arazi kullanımına ve değişiklik takibine yönelik bir çok benzeri çalışmada kullanılmasıdır. Bunlara örnek vermek gerekirse; Orman alanlarındaki değişimlerin saptanmasına yönelik, İzmir, Armutlu da yürütülen bir çalışmada, 1992 ve 2001 yıllarına ait iki adet Landsat çerçevesinin kullanılmıştır, eski tarihli TM ve daha yeni olanı ETM olan bu görüntüler, kontrollü şekilde sınıflandırılmış ve %84 ve %82 sınıflandırma doğrulukları elde edilmiştir. Landsat verilerinin, geniş sahalara yayılan orman alanlarının tespit edilmesinde güvenilir olarak kullanılacak veri kaynakları oldukları belirtilmiştir (Özdemir ve Özkan, 2003).

Çin'in kuzeyinde, batı Jilin eyaletinde yürütülen bir diğer çalışmada ise, Landsat ve Aster verileri farklı şekillerdeki arazi bozullamalarını tespit etmek ve haritalamak için kullanılmışlardır. Her iki tür veri de kontrollü sınıflamaya tabii tutulmuş ve TM verilerinden genelde %80, bireysel sınıflarda ise %75 ile %100 arasında değişen doğruluklar elde edilmiştir. Aster verilerinden elde edilen sınıflamanın genel doğruluğu ise biraz daha düşük olarak %75.3 seviyesinde kaldığı belirtilmiştir (Gao, 2008).

Yine, arazi örtüsünün tespit edilmesine yönelik, Minnesota, USA da yürütülen farklı bir çalışmada ise üç farklı yılda, 1986, 1991 ve 1998, alınmış Landsat TM verileri kontrollü olarak sınıflandırılmış ve her üçünden de %90 üzerinde doğruluk elde edilmiştir. Erken (Mayıs sonu – Haziran başı) ve geç (Ağustos sonu – Eylül başı) yaz görüntülerinin, yüksek sınıflandırma doğruluğu elde edilmesinde daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Bauer ve arkadaşları, 2003).

### 3.1. Verilerin Hazırlanması

Corona fotoğraflarının bilinmeyen kamera parametreleri ve kendine özgü konumlandırma unsurlarından dolayı, bunları bilinen yöntemler kullanarak koordinatlandırabilmek mümkün olmamıştır. Kontrol noktalarının üçgen tabanlı bir ağ üzerine konumlandırılması neticesinde yapılan rektifikasyon işlemi (Rubber Sheeting Method) bu fotoğrafların birbiri üzerinde ve kıyaslanacakları diğer uydu verileri ile aynı ortamda koordinatlandırılabilmelerine imkan vermiştir. Corona verilerini rektifiye edebilmek için uygulanan, üçgenlerden oluşan ağı oluşturmak için, oldukça dar açılı üçgen varyasyonları oluşturmaya imkan verdiğinden dolayı yaygın olarak Delauney üçgenlemesi tercih edilmekte ve kullanılmaktadır (Bayram ve arkadaşları, 2004).

Uydu verilerinin bandları, MSS, TM ve ETM her biri kendi içinde, sınıflandırma öncesinde birbiri üzerinde birleştirilerek (layer stacking) tek bir veri olarak kayıt edilmiştir.

Yıllara göre karşılaştırmanın doğru yapılabilmesi için bütün verilerin aynı datum ve projeksiyonda olması sağlanmıştır. Koordinatı bulunmayan veriler “WGS84 datum’u UTM 35 projeksiyonu temel alınarak, ortorektifikasyon işlemine tabii tutulmuştur. Corona fotoğrafları da, bunlara uygulanan rektifikasyon esnasında yine aynı datum, projeksiyon kullanılarak, çalışmada kullanılan bütün veriler ile birlikte aynı pozisyonda örtüşecek şekilde koordinatlandırılmıştır.

Koordinatlandırma ardından, uydu verilerine atmosferik düzeltme (dark pixel correction) uygulanmıştır. Bu yöntemde, görüntü içinde yansıma değeri en düşük olması beklenen, su

piksellerinin sahip olduğu yansıma değerini(lerini) “0” yapmak için, o değerden(lerden) eksiltilmesi gereken sayının, görüntü içindeki bütün piksel değerlerinden de eksiltilmesi, öngörülmektedir (ER Mapper User Guide, 2006). Vektör olarak belirlenen İstanbul il sınırı, bütün uydu verilerinin kesilmesi için kullanılmıştır.

### 3.2. Ortorektifikasyon

Çalışma alanı için kullanılan Landsat görüntüleri, Erdas Imagine 8.7 yazılımı yardımıyla yazılım içinde hazır bulunan Landsat sensör modeli kullanılarak ortorektifiye edilmiştir. Ortorektifikasyon sırasında sayısal yükseklik modeli olarak “Aster GDEM” verisi, referans görüntü olarak ise “Landsat Level 1T” (*Terrain corrected*) verisi kullanılmıştır. RMSE değerleri +/- 1,1.5 piksel şeklinde elde edilmiştir.

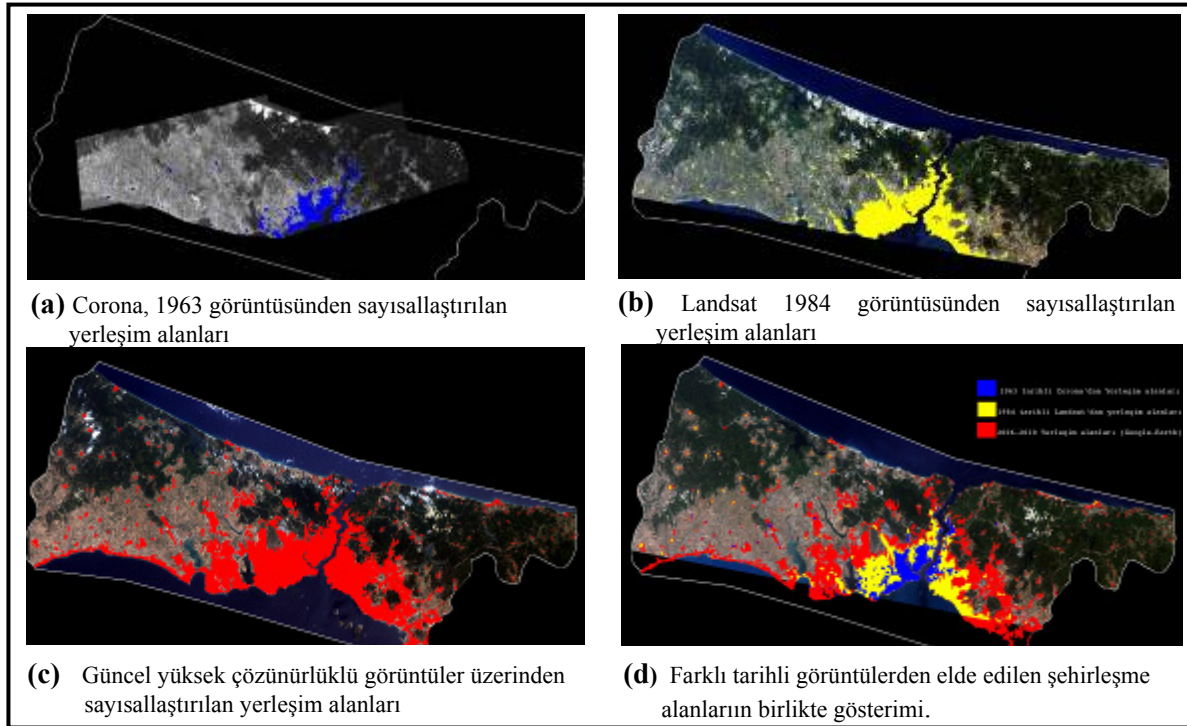
### 3.3. Sayısallaştırma

Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri belli bir dereceye kadar doğruluk vermiştir. Bu nedenle daha yüksek doğruluklu bir sonuç elde edebilmek için görüntülerden üç farklı yıl ve farklı tip görüntülerden görsel sayısallaştırma yapılmıştır.

En eski tarihli, 1963, Corona verisi üzerinden, çalışma alanının tümü kapsanamasa da, şehir mekezinin büyük bir kısmını içermesi nedeni ile oldukça fazla yararlanılmıştır. Bunun yanı sıra 1984 tarihli Landsat uydu görüntüsü 2. Boğaz Köprüsünün açılmasından önceki durumu göstermesi açısından ve Google Earth servisi üzerinden (2003-2010 yılları arası) yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden yapılan sayısallaştırma ise 2. Köprü sonrası ve güncel durumu göstermesi açısından seçilmiştir.

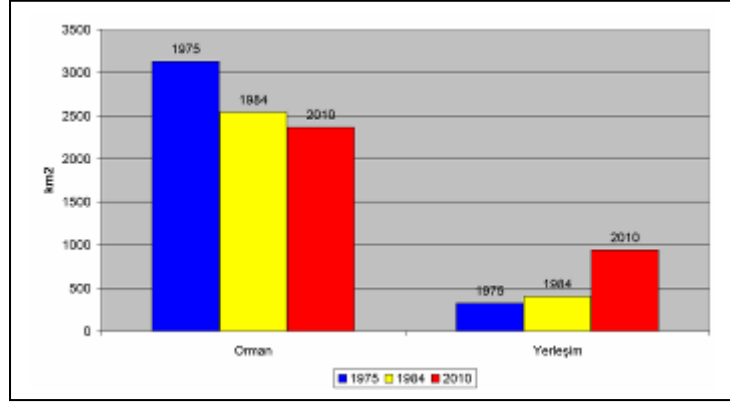
## 4. ORMANLIK VE YERLEŞİM ALANLARINDAKİ DEĞİŞİMLER

Şehirleşme ve yapılaşma alanlarının tespiti için yapılan çalışma için 1963 tarihli Corona verilerinden ancak kapsadığı alan kadarıyla yararlanılmıştır (Şekil 3a). Fatih Sultan Mehmet Köprüsünün hizmete girmesinden önceki durumu göstermesi bakımından 1984 tarihli Landsat görüntüsünden de (Şekil 3b) sayısallaştırma yapılmıştır. Güncel durumu haritalamak için Google Earth servisinden yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden yoğun yapılaşma alanları (şehirleşme için hazırlanan ve sık dokulu olmayan yapılaşmalar bu sayısallaştırma kapsamına dahil edilmemiştir) belirlenerek poligon alanlar olarak sayısallaştırılmıştır (Şekil 3c). Farklı tarihli görüntülerden elde edilmiş şehirleşme alanlarını üst üste haritaladığımızda Şekil 3d’de görüldüğü üzere İstanbul, 1984 sonrasında her yöne doğru büyüme göstermiştir.



Şekil 3. Yerleşim alanlarının zamana göre değişiminin karşılaştırılması

Uydu görüntüsü üzerinde alansal olarak gösterilen değişimin grafik olarak ifadesi Şekil 4’de görüldüğü şekildedir. Corona görüntülerinin tüm çalışma alanı kapsamaması nedeni ile alansal karşılaştırma da 1975 yılına ait Landsat MSS görüntüsü sınıflandırma analizinden elde edilen alanlar kullanılmıştır. Özellikle yerleşim alanlarında 1984 yılından 2000’li yıllara doğru büyük bir artış olmuştur bu artış beraberinde oluşması beklenen nüfus artış oranı ile örtüşmektedir (Tablo 1). 1984 yılı görüntüsünde ormanlık alan yaklaşık olarak 2541 km<sup>2</sup> iken 2003-2010 yılları görüntülerinden elde edilen miktar yaklaşık 2360km<sup>2</sup>’ye düşmüştür. Bu alanın da tamamı sık ağaçlı orman olmayıp çoğu bölgede oldukça seyrek ormanlık arazi olarak nitelendirilebilirler. Yüksek çözünürlüklü görüntülerde ormanların ağaç sıklığı çok net bir şekilde izlenebilmiştir.



Şekil 4. Orman ve yerleşim alanlarının yıllara göre değişimi

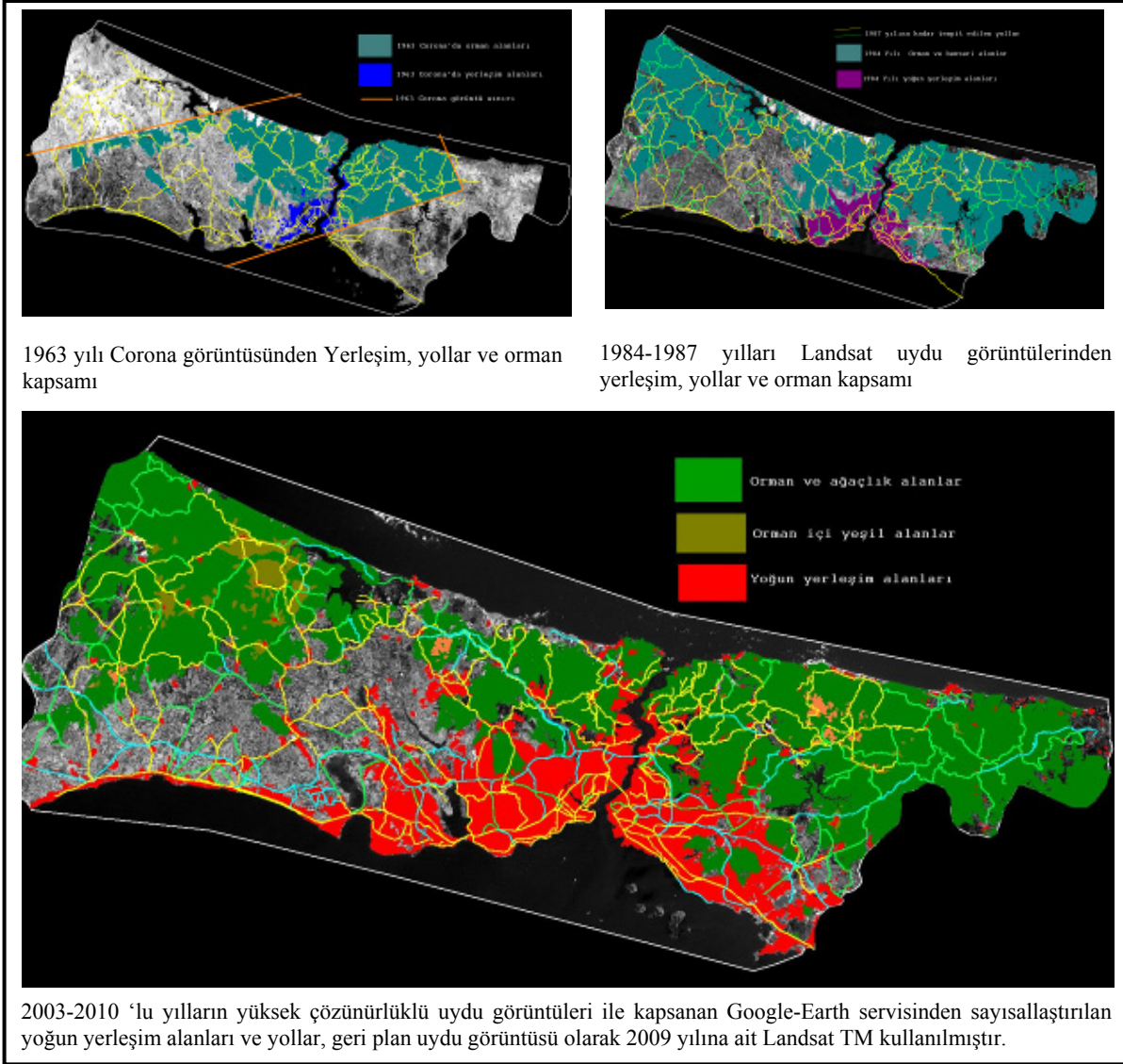
Tablo 1. Yıllara göre nüfusun değişimi (TMMOB, 2010)

	1970’li yıllar	1980’li yıllar	2000’li yıllar
<b>Nüfus</b>	3,5 milyon kişi	4.8 milyon kişi	12,9 milyon kişi
Avrupa Yakası nüfus oranı	76%	69%	64%
Avrupa Yakası istihdam oranı	80%	77%	71%

İnşaa edilmesi düşünülen 3. Köprü güzergahının kesin geçiş yeri ve olası bağlantı yolları konusunda şu ana kadar detaylı bir harita yayımlanmamıştır. 3. Köprü için düşünülen inşaa yerinin, şehrin kuzeyinde kalan ormanlık alanların olduğu bölgede yer alacağı kamu yetkilileri tarafından açıklanmış ve olası bölge kabaca gösterilmiştir (Şekil 5). Fatih Sultan Mehmet köprüsünün yapımından sonra gelişen yollar ve yerleşim alanları da göz önüne alınarak incelendiğinde, yeni bir köprü ve bağlantı yollarının ormanlık ve açık arazilerde yeni yerleşimleri arttıracak oldukça net bir biçimde görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 5. Yapımı düşünülen 3. Köprü’nün Boğaz geçiş hattı. (TMMOB, 2010)

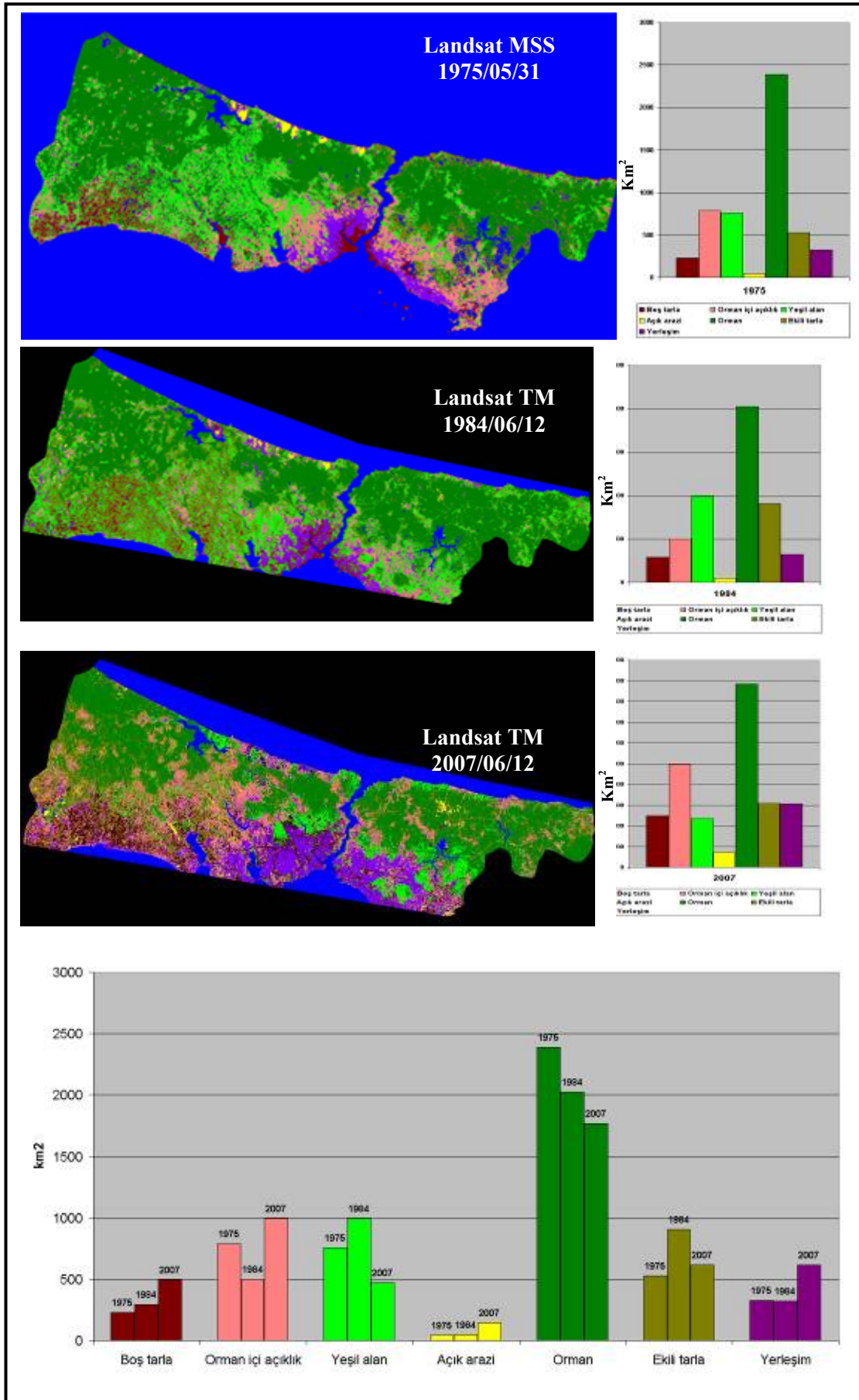


**Şekil 6.** Yerleşim alanları ve ormanlık arazilerin zaman göre değişiminin, yolların gelişimi ile birlikte değerlendirilmesi. Açık sarı renk ile belirtilen yollar 1963-1975 yılları arası görüntülerden, açık yeşil renkli yollar ise 1984-1987 yılları arası görüntülerden ve açık mavi renkle belirtilen yollar ise 1998 yılı sonrası görüntülerden elde edilmiştir.

## 5. UYDU VERİLERİNİN SINIFLANDIRMA SONUÇLARI

Uydu verilerinin sınıflandırılmasında en yakın mesafe yöntemi kullanılmıştır.. En yakın mesafe (minimum distance) sınıflandırmasının prensibi, eşik değeri (thresholding) yaklaşımından çok da farklı değildir. Burada, karar verme kuralının özellikleri, farklı nesne sınıflarını belirtmek üzere seçilen örnek eğitim alanlarının (training areas) spektral karakterlerine göre, belirlenmektedir. Her bir sınıfın, ağırlık merkezi belirlenerek ve görüntü piksellerine karşılık gelen spektral vektörler ağırlık merkezi en yakın olan sınıfa tahsis edilir.

Çalışma alanını kapsayan birçok Landsat verisi arasından bir çoğu sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur ancak gerek mevsimsel farklılıklar gerekse, bulut etkisi veya görüntünün çalışma alanını yeterince kapsamaması gibi nedenlerle bir çoğu bu çalışmada kullanılmamıştır. Şekil 7. da görüldüğü üzere 1975, 1984 ve 2007 tarihli Landsat uydu görüntüleri sınıflandırmada kullanılmıştır. Alansal karşılaştırmada, 1984 ve 2007 yıllarına ait görüntülerin çalışma alanının en güney bölgesinin bir bölümünü kapsamaması nedeniyle, özellikle yerleşim alanı miktarında 1975 yılı verisine göre bir miktar eksiktir. Çalışma amacı daha çok bölgenin Kuzeyine yönelik olduğu için bu eksiklik sonuçlarımızı etkilememiştir. Sınıflandırma sonuçlarını yıllara göre karşılaştırdığımızda, ormalık ve yeşil alanların azaldığı buna karşılık açık araziler, orman içi açıklar ve yerleşim alanlarının arttığı görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Arazi kullanım alanlarının farklı yıllara göre değişiminin, kontrollü sınıflandırma yöntemi ile karşılaştırılması



### 5.1. Görüntü sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi

Doğruluk değerlendirmesi yapılırken, her görüntü üzerinde belirlenen örnekleme bölgeleri için sanal veri setleri hazırlanıp bu sanal veri setlerinin kendi içindeki sınıflama sonuçları, referans veriler olarak alınıp Konfizyon Matrisi(confusion matrix) kullanılarak doğrulukları tespit edilmiştir. Yapılan doğruluk analizleri incelendiğinde %80 üzerinde doğruluk tespit edildiği ve bu değerlerin doğru ve güvenilir olduğu kabul edilmektedir (Jensen, 1996).

Yapılan kontröllü sınıflandırmalarda % 86 ile en düşük doğruluk 1975 tarihli Landsat MSS verisinde elde edilmiştir (Tablo 2). Bu durumun, görüntünün diğer Landsat TM görüntülerinden daha az sayıda spektral bandının bulunması ve görüntü radyometrik kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

**Tablo 2.** Sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizleri

Sınıf Adı (1975 Landsat MSS)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman İçi Açıklık	66	47
Yeşil Alan	77	71
Orman	78	79
Acık Arazi	98	97
Bos Tarla	80	96
Ekili Tarla	81	86
Yerleşim	74	85
<b>Genel Sınıflandırma Doğruluğu</b>	<b>86</b>	<b>86</b>
<b>Genel Kappa Değeri</b>	<b>0,806</b>	<b>0,806</b>

Sınıf Adı (1984 Landsat TM)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman İçi Açıklık	81	80
Yeşil Alan	80	78
Orman	91	90
Acık Arazi	92	92
Bos Tarla	77	77
Ekili Tarla	92	91
Yerleşim	81	82
<b>Genel Sınıflandırma Doğruluğu</b>	<b>92</b>	<b>92</b>
<b>Genel Kappa Değeri</b>	<b>0,897</b>	<b>0,897</b>

Sınıf Adı (2007 Landsat TM)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman İçi Açıklık	72	72
Yeşil Alan	87	88
Orman	91	91
Acık Arazi	92	93
Bos Tarla	84	84
Ekili Tarla	83	81
Yerleşim	93	93
<b>Genel Sınıflandırma Doğruluğu</b>	<b>95</b>	<b>95</b>
<b>Genel Kappa Değeri</b>	<b>0,947</b>	<b>0,947</b>

## 6. SONUÇ

Grafiklerden ve uydu görüntüleri üzerinde gösterilen alansal değişimlerden de takip edilebileceği üzere 3. köprünün şehrin oldukça Kuzeyinden ve yoğun orman alanlarına sahip bir bölgeden geçirilmesi durumunda, oluşacak ulaşım kolaylığından dolayı yerleşim alanlarının ve endüstriyel merkezlerin bu bölgeye doğru kayacağı ve bu durumun şehrin gerek yeşil alanlarının azalmasına gerekse su toplama havzalarının daralmasına ve kirlenmesine yol açacağı oldukça açıktır.

Yapılan bu çalışmada faydalanılan uydu görüntüleri de bu değişimi net bir şekilde ortaya koymakta ve benzeri çalışmalarda ortaya konulan sonuçlar ile örtüşmektedir. İlerleyen zamanda, yeni nesil yüksek çözünürlüklü verileri kullanarak, bu ve benzeri çalışmaların yürütülmesinde daha iyi sonuçların elde edilebileceği açıktır.

## TEŞEKKÜR

Analizlerin yürütülmesinde sarf ettiği emek ve yardımlarından ötürü NİK Sistem personeli, Jeoloji Mühendisi Enis İsmail Yaman'a teşekkürü borç biliriz.

## KAYNAKLAR

- Aster GDEM digital elevation models**, 2009, <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>
- Bahadır K. C., K.**, 2009, Improving Landsat and IRS Image Classification: Evaluation of Unsupervised and Supervised Classification through Band Ratios and DEM in a Mountainous Landscape in Nepal, Open Access, Remote Sensing, ISSN 2072-4292, [www.mdpi.com/journal/remotesensing](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing).
- Bauer, M. E., Yuan, F., Sawaya, K. E.**, 2003, Multi-Temporal Landsat Image Classification and Change Analysis of Land Cover in the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area, Second International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images, July 16-18, 2003, Ispra, Italy.
- Bayram, B., Bayraktar, H., Helvacı, C., Acar, U.**, 2004, Coastline Change Detection Using Corona, SPOT and IRS 1D Images, Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey, Commission 7, p. 437.
- ER Mapper User Guide**, 2006, ER Mapper Geospatial Imagery Solutions, Version: 7.1
- Evren, G.**, 2010, Ulaştırımda Plansızlığın ve Yanlışta Israrın Simgesi: 3. Köprü, TMMOB İnşaat Müh. Odası İstanbul Şb. Aylık yayını, İstanbul Bülteni, Sayı 108, Mayıs-Haziran 2010, Sayfa 7-9.
- Gao, J.**, 2008, Detection of Changes in Land Degradation in Northeast China from Landsat TM and Aster Data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B7, Beijing.
- Global Mapper**, 2009, Version: 11.01
- Google Earth**, 2010, Google Earth Servisi
- Jensen, R. J.**, 1996, Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, ISBN 0-13-205840-5, (318)
- Koç, A., Yener, H.**, 2001, Uzaktan Algılama Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının Alansal ve Yapısal Değişikliklerinin Saptanması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 51/2, Sayfa 17-36,
- Landsat Product Informations**, 2010, [http://landsat.usgs.gov/products\\_productinformation.php](http://landsat.usgs.gov/products_productinformation.php) -
- Özdemir, İ., Özkan, U. Y.**, 2003, Armutlu Orman İşletme Şefliğindeki Orman Alanlarındaki Değişimlerin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman fakültesi Dergisi, Seri:A, Sayı:1, ISSN: 1302-7085, Sayfa 55-66.
- TMMOB Şehir Plancıları Odası**, 2010, 3. Köprü Projesi Deđerlendirme Raporu, TMMOB Şehir Plancıları Odası İstanbul Şubesi, Eylül 2010, 62 Sayfa.
- Vasilakos, C., Hatzopoulos, J., Kalabokidis, K., Koutsovilis, K., Thomaidou, A.**, 2004, Classification of Agricultural Fields by Using Landsat TM and Quickbird sensors. The Case Study of Olive Trees in Lesvos Island, Proceeding of the HAICTA, pp 324-332.