İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL BOĞAZI'NDAKİ TEHLİKELİ YÜK TAŞIMACILIĞININ ÖN VE GERİ GÖRÜNÜM SINIRLARINDA RİSK ALTINDA BIRAKTIĞI BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Sançar BUHUR

Anabilim Dalı : JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL BOĞAZI'NDAKİ TEHLİKELİ YÜK TAŞIMACILIĞININ ÖN VE GERİ GÖRÜNÜM SINIRLARINDA RİSK ALTINDA BIRAKTIĞI BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Sançar Buhur
(501041616)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Haziran 2007

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU**
Diğer Jüri Üyeleri **Doç. Dr. Cem Gazioğlu (İ.Ü.)**
Yrd. Doç. Dr. Hande Demirel (İ.T.Ü)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

İstanbul Boğazı coğrafi yapısı, darlığı, akıntıları, değişken iklim şartları ve yoğun trafiği ile dünyanın en dar ve tehlikeli suyollarından birisidir. Böylesine zorlu bir suyolundan tehlikeli yük taşıyan gemilerin geçmesi, Boğazda kaza riskini arttırmaktadır. İstanbul'un 10 milyonun üzerinde nüfusu ve kıyı kesimlerinde yoğun yerleşimin olması, sürekli artan gemi geçişlerine iki yaka arasındaki yolcu taşımacılığının da eklenmesi göz önüne alındığında Boğazdaki riskler artmaktadır.
Çalışmada olası bir kazanın boğaz ön geri görünüm bölgesindeki etkilerini incelemek amacıyla belirlenen risk faktörleri dâhilinde risk analizi yapılmış ve sonuçların haritası üretilmiştir.

Her alanda desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen canım annem Neriman KARAPAÇA'ya, sevgili kardeşim Arzu BUHUR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sürecisinde bilgisini ve yardımlarını benden esirgemeyen örnek aldığım çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU'na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bilgisi ve deneyimiyle yönlendiren Doç. Dr. Cem GAZİOĞLU'na teşekkür ederim.

Verilerini kullanmama izin veren çalıştığım yer olan BİMTAŞ'a, gerektiği zaman yardımlarını esirgemeyen değerli dostlarım ve mesai arkadaşlarım Yüksek Şehir Plancısı Cem KIRLANGIÇOĞLU'na, Uzman Coğrafyacı Fatih DÖKER'e, Harita Mühendisi Eşref CAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2007 Sançar BUHUR

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÖZET viii
SUMMARY ix

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI 1

2. İSTANBUL BOĞAZI'NIN ÖZELLİKLERİ VE MECVUT DURUM 3
2.1. Deniz trafiğinin tarihsel gelişimi 3
2.2. İstanbul Boğazı'nın özellikleri 4
2.3. Seyir koşullarını etkileyen faktörler 5
2.3.1. Doğal faktörler 5
2.3.1.1. Topografik yapı 6
2.3.1.2. Akıntı 7
2.3.1.3. Meteorolojik koşullar 8
2.3.2. Diğer faktörler 8
2.4. Boğazdaki riskli bölgeler 8
2.5. İstanbul Boğazı'ndaki önemli deniz kazaları 10
2.6. Kazaları önleme amaçlı mevcut sistem 12
2.7. Dünyada benzer petrol geçiş noktaları 12

3. UZAKTAN ALGILAMA VE GÖRÜNTÜ İŞLEME 14
3.1. Uydu görüntüleri ve çözünürlük 14
3.2. Geometrik dönüşüm 14
3.3. Normalize edilmiş bitki indeksi 15
3.4. Sınıflandırma 16
3.4.1. Piksel tabanlı sınıflandırma 16
3.4.1.1. Kontrolsüz sınıflandırma 16
3.4.1.2. Kontrollü sınıflandırma 16
3.4.2. Obje tabanlı sınıflandırma 16
3.4.3. Piksel tabanlı - obje tabanlı sınıflandırma karşılaştırması 19
3.4.4. Bulanık mantık 20
3.4.5. Sınıflandırmada doğruluk analizi 22

4. RİSK ANALİZİ 23
4.1. Riskin tanımı ve değerlendirilmesi 23
4.2. Risk analizi 25
4.3. Risk analizi yöntemi 26

5. UYGULAMA 29
5.1. Çalışma alanı 29
5.2. Kullanılan veriler 30
5.2.1 Uydu görüntüleri 30
5.2.2 Sayısal yükseklik modeli 33
5.2.3 Vektör veriler 34
5.2.4 Sözel veriler 37
5.3. Sınıflandırma 39
5.4. Sınıflandırma sonuçları ve doğruluk analizi 49
5.5. Risk Parametrelerinin belirlenmesi 50
5.6.Verilerin hazırlanması ve risk formülünün bulunması 51

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 58

KAYNAKLAR 64

ÖZGEÇMİŞ 67

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1	Boğazlardan uğraksız geçen gemi sayıları ve tonajlarındaki artış…	4
Tablo 3.1	Sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması……...	20
Tablo 4.1	Şiddet seviyesinin derecelendirilmesi……...	25
Tablo 4.2	Örnek risk indeksi…….	26
Tablo 4.3	Karşılaştırma matrisi örneği……..	27
Tablo 5.1	Yer kontrol noktaları sayıları ve karesel ortalama hataları……...	32
Tablo 5.2	TABİS obje katalogunda yer alan kritik tesis örnekleri……	37
Tablo 5.3	Mahalle ve köylere ait alan, nüfus ve bina sayıları ……..	38
Tablo 5.4	Sınıflandırma yapılan 4 parça görüntü için doğruluklar...……	49
Tablo 5.5	Sınıflandırma ile bulunan alanlar…….	50
Tablo 5.6	Arazi kullanım sınıfları için etki faktörleri……...	55
Tablo 5.7	Karşılaştırma matrisi…….	56
Tablo 5.8	Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi……...	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Gemilerin dönüşleri…….. 6
Şekil 2.2 : Boğazdaki riskli bölgeler…….. 10
Şekil 2.3 : Independenta kazası……. 11
Şekil 2.4 : Nassia kazası…… 11
Şekil 2.5 : Karaya vuran LPG tankları……... 12
Şekil 3.1 : Kalıtımın iletilmesi……... 20
Şekil 3.2 : Kuralların formülüze edilmesinde kullanılan fonksiyonlar…….. 22
Şekil 4.1 : Risk haritasının üretilmesinin şematik gösterimi…… 29
Şekil 5.1 : Ön-geri görünüm bölgeleri ve çalışma alanı..... 31
Şekil 5.2 : Yer kontrol noktalarının seçimi…….. 32
Şekil 5.3 : Yer kontrol noktalarının dağılımı ve karesel ortalama hata..... 33
Şekil 5.4 : Çalışma alanı sınırlarından kesilmiş görüntü…….. 34
Şekil 5.5 : Kullanılacak olan yükseklik modeli…… 34
Şekil 5.6 : Tespit edilen değişik çatı tiplerine birkaç örnek……. 35
Şekil 5.7 : Binaların maskelenmesinde kullanılacak olan vektör veri…….. 35
Şekil 5.8 : Yol aksları……... 36
Şekil 5.9 : Tampon atılmış yol aksları……..... 36
Şekil 5.10 : Sınıfların çıkarılmasında izlenecek yol……... 40
Şekil 5.11 : Dört parçaya bölünmüş çalışma alanı……..... 41
Şekil 5.12 : Birinci segmentasyon ……...…… 42
Şekil 5.13 : Seviye 1 tanımında kullanılan fonksiyon ve değerleri…… 43
Şekil 5.14 : Veri – arka zemin ayrımında kullanılan fonksiyon ve sonuçları…. 43
Şekil 5.15 : Bina – bina değil ayrımında kullanılan fonksiyon ve sonuçları…. 44
Şekil 5.16 : Yollar için kullanılan fonksiyon ve sonuçları……. 44
Şekil 5.17 : İkinci segmentasyon ..…… 45
Şekil 5.18 : Su için tanımlanan değerler ve sonuçlardan örnek bir alan…… 46
Şekil 5.19 : NDVI değerleri ve sonuçları……... 47
Şekil 5.20 : Üçüncü ve son segmentasyon……...…….. 47
Şekil 5.21 : Orman ve orman dışı bitki ayırımı ve sonuçları…….. 48
Şekil 5.22 : İğne geniş yaprak ayırımı ve sonuçları……... 48
Şekil 5.23 : Birleştirilmiş sınıflandırma sonuçları…….. 49
Şekil 5.24 : Belirlenen risk parametreler…… 51
Şekil 5.25 : Kaza yerleri, dönüşler ve üretilen kaza yerleri…… 51
Şekil 5.26 : Kullanılacak olan kritik tesisler ve isimleri…… 52
Şekil 5.27 : Hastane verisi, hastane veri seti ve etki faktörleri atanmış veri….. 53
Şekil 5.28 : Kaza yerleri için ham veri, veri seti ve faktörleri atanmış veri….. 54
Şekil 5.29 : Sayısal yükseklik modeli, eğim verisi ve faktörleri atanmış veri... 54
Şekil 5.30 : Nüfus verisi, veri seti ve etki faktörleri atanmış veri…….. 55
Şekil 6.1 : Risk analizi sonuçları…….. 58
Şekil 6.2 : 3 boyutlu risk analizi sonuçları……... 59

Şekil 6.3 **:** En riskli gruptaki yerler……..... 60
Şekil 6.4 **:** En riskli gruptaki yerlerin 3 boyutlu görünümü……. 60
Şekil 6.5 **:** En riskli yer……. 61
Şekil 6.6 **:** En riskli yerin 3 boyutlu görünümü…… 61

İSTANBUL BOĞAZI'NDAKİ TEHLİKELİ YÜK TAŞIMACILIĞININ ÖN VE GERİ GÖRÜNÜM SINIRLARINDA RİSK ALTINDA BIRAKTIĞI BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

ÖZET

İstanbul Boğazı stratejik öneme sahip dünyanın önemli suyollarından birisidir. Karadeniz ülkelerinin dünyaya açılmaları, artan ticaret hacmi, denizcilik teknolojisindeki gelişmeler sonucu Boğaz'dan geçiş yapan gemi sayısında ve gemilerin tonajlarında artışlar olmuştur. Boğazın kendine özgü, gemiler için sert dönüşleri barındıran girintili bir coğrafi yapısı vardır. Zorlu coğrafi yapıya, değişken atmosferik ve oşinografik koşullar ile boğazın her iki yakasındaki yoğun yerleşim ve yerel trafik de eklenince İstanbul Boğazı, gerek gemi geçişleri için gerekse kıyılarında yaşayan insanlar için oldukça tehlikeli bir suyolu haline gelmektedir.

Bu çalışmada, daha önceden yapılmış, boğazdaki gemi kazası riskini ya da riskli yerleri belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmaların tersine, kazanın etki alanı olarak deniz yerine kara seçilmiştir. Tehlikeli yük taşımacılığının boğaz ön ve geri görünüm sınırları içinde risk altında bırakacağı alanların tespiti için, geçmişte olan kazaların yerleri, gemilerin rota değişiklikleri, bölgedeki hastane, itfaiye merkezleri ve sağlık ocakları gibi kritik tesisler, arazinin eğimi ve kullanım sınıfları, bölgenin nüfusu ve bina sayısı dikkate alınarak risk analizi yapılmıştır. Analiz sırasında sözel, vektör ve raster veriler kullanılmış, farklı birim ve özelliklerde olan bu verilerin birbirleriyle uyumu sağlanmıştır. Bölgenin arazi kullanımı bilgisi 4m yersel çözünürlüklü Ikonos verisinin obje tabanlı sınıflandırması ile elde edilmiştir. Çalışma sonunda riski belirleyen faktörler bir araya getirilerek risk formülü bulunmuş ve bu formül dikkate alınarak riskli bölgeler tespit edilmiştir.

DETERMINATION OF AREAS LEFT UNDER RISK IN THE LIMITS OF FORESCENE AND BACKSCENE ZONE OF BOSPHORUS BY DANGEROUS LOAD CARRYING VESSELS

SUMMARY

With its strategic value, Bosphorus is one of the world's most important watercourse. According as Black Sea countries opening to world, increasing trade capacity and development of maritime technology; number of vessels passing Bosphorous and tonnage of vessels have increased. Bosphorous have a distinctive re-entrant geographic structure which has tough returns for vessels. When variable atmospheric and oceanographic circumstances, heavy settlement and local traffic on the each side of Bosphorus are added to hard geographic structure, Bosphorus is turned out to be a dangerous watercourse for both inhabitants of coasts and vessels passing through.

In this study, contrary to the studies made before to determine vessel crash risk along Bosphorus or risky places for crashing, land is chosen to determine areas that are going to be affected by crash incidence. For determination of areas left under risk by dangerous load carrying in the limits of forescene and backscene zone of Boshphorus, risk analysis is made considering locations of past crashes, changes in vessels' routes, critical facilities in the region such as hospitals, village clinics and fire stations, slope of the land, land use classes, population of region and number of buildings. Verbal, vector and raster data are used during the analysis and unision of these data, which have different union and characteristics, is ensured. Land use information of the region is obtained by object based classification of Ikonos data which has 4m spatial resolution. Finally risk formula is found by gathering the risk factors and risky regions are determined considering this formula.

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

İstanbul Boğazı geçmişten günümüze her zaman stratejik değere sahip olmuş dünyanın önemli suyollarından birisidir. Karadeniz ülkelerinin sıcak denizlere açılma yolu olan İstanbul Boğazı'ndan, S.S.C.B ayrıldıktan sonra kurulan devletlerin dünyaya açılmalarıyla artan gemi ihtiyacını karşılamak amacıyla, daha önceleri nehir taşımacılığında kullanılan standartları düşük gemilerin başta Karadeniz olmak üzere deniz taşımacılığında kullanılmaya başlaması boğazlardan geçen gemi sayısında artışa sebep olmuştur. Ayrıca denizcilik teknolojisindeki gelişmeler ve artan ticaret hacmine bağlı olarak gemi üretiminin hızlanması boğazlardan geçiş yapan gemi sayısını sürekli olarak arttırmaktadır. Ayrıca 1930'lu yılların sonunda 4.500 geminin geçiş yaptığı İstanbul Boğazı'ndan günümüzde yılda ortalama 55.000 gemi geçiş yapmaktadır.

Boğazın kendine özgü, gemiler için sert dönüşleri barındıran girintili bir coğrafi yapısı vardır. Zorlu coğrafi yapıya, değişken atmosferik ve oşinografik koşullar ile boğazın her iki yakasındaki yoğun yerleşim ve yerel trafik de eklenince İstanbul Boğazı, gerek gemi geçişleri için gerekse kıyılarında yaşayanlar için oldukça tehlikeli suyolu haline gelmektedir.

Dünya üzerinde tanker taşımacılığının yapıldığı benzer petrol noktaları bulunmaktadır. Fakat hiçbirisinde İstanbul Boğazı'ndaki gibi zorlu koşullar bulunmamaktadır.

İstanbul Boğazı için literatür araştırması yapıldığında kısaca özetleri aşağıda verilen çalışmalara ulaşılmıştır.

Kocaman (2006) İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda meydana gelen kazalara, sıcaklık, rüzgar, yağış, sis gibi atmosferik koşulların, akıntıların, Boğazın morfolojik yapısının etkisini incelemiştir.[1]

Koldemir (2004) yaptığı çalışmada İstanbul Boğazı trafiğinde seyir güvenliği olan bölgeleri tespit amacıyla, önceden meydana gelmiş olan kazaların verilerini

kaza nokta analiz metotları ile incelemiş ve güvenlik sorunu olan bölgeleri belirlemiştir. [2]

Topakoğlu (2004) İstanbul Boğazı'ndaki gemi kazalarıyla ilgili tarihsel, ampirik ve gelecekte olması beklenen kaza oranlarını bulmuş, olası bir petrol dökülmesi durumunda kirliliğin, ekolojik kaynaklardaki çevresel riskin, ekonomik zararlarını tespit etmeye çalışmıştır. [3]

Ors ve Yılmaz (2003) İstanbul Boğazı'ndaki kirlilik hareketinin belirlenmesi için, sığ su eşitliklerinin sınırlı eleman uygunluğunu hesaplayan akış alanlarını temel alan sayısal modelini sunmuşlardır. [4]

Karakaya ve diğ. (2003) İstanbul Boğazı'nda kontrol dışı etkenler olan akıntı, rüzgâr, sis, yağmur, kar yağışı, orkoz gibi doğa olaylarından hangisinin ve yılın hangi dönemlerinde diğerlerine oranla deniz kazalarında daha etkili olduğunu bulmaya çalışmışlardır. Çalışmada veri olarak, mevcut olan veriler, anket çalışması ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yardımıyla belirlemeye çalışmışlardır. [5]

Poyraz (1998) İstanbul Boğazı için gemi trafik hareketleri sırasında meydana gelebilecek gemi kazaları ve bunlara bağlı kriz niteliği taşıyan tehlikeli olayları değerlendirilmiştir. Boğaz, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile seyir için riskli bölgelerine ayrılmış, kriz yönetimi için önerilerde bulunulmuştur. [6]

Yapılan literatür araştırmaları değerlendirildiğinde İstanbul Boğazı konulu çalışmaların deniz üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Risk bölgelerini ve bu bölgelerdeki insan sayısını belirlemek olası bir kaza için gereken müdahalelerin yapılmasında oldukça önemlidir. Risk altındaki bölgelerin belirlenmesi içi bölgenin tehlikeye karşı hassasiyetinin belirlenmesi gerekmektedir. [7]

Bu çalışmada, yapılan önceki çalışmalardan farklı olarak, olası bir tanker kazasının sonuçlarının, İstanbul Boğazı'nda özel alt çalışma bölgesi olan ön – geri görünüm sınırları içinde en riskli yerler tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. İSTANBUL BOĞAZI'NIN ÖZELLİKLERİ VE MEVCUT DURUM

2.1 Deniz Trafiğinin Tarihsel Gelişimi

Boğazlar tarihin ilk dönemlerinden itibaren ekonomik ve askeri öneme sahip olmuşlardır. Türk Boğazları olarak tabir edilen İstanbul ve Çanakkale Boğazları'na sınırlar açısından baktığımızda, Türkiye sınırları içinde yer almalarından dolayı ulusal bir özelliğe sahiptirler. Fakat Karadeniz'e komşu devletlerin sıcak denizlere açılmada kullandıkları yollar oldukları düşünüldüklerinde boğazların uluslararası özellikleri de bulunmaktadır.

İstanbul fethi ile Türk Boğazları'nın kontrolü tamamen Osmanlı İmparatorluğu eline geçmiştir. Osmanlının dönemin süper gücü olduğu dönemlerde Boğazlar ve Karadeniz ile ilgili herhangi bir sorun olmamıştır.

Gerileme döneminin başlaması ile birlikte doğuda güçlenmeye başlayan Rusya, batıdaki güçlü diğer devletler İngiltere, Fransa ve Almanya için boğazların önemi artmış ve çıkar kavgaları yaşanmıştır. Bu evrede Türk Boğazları'nı doğrudan veya dolaylı etkileyen pek çok olay, gizli ve açık antlaşma mevcuttur. Siyasi, askeri ve ekonomik açıdan güçlü olan taraf Türk Boğazları ve Karadeniz'de daha çok hak talep etmiş dengeler değiştikçe roller de değişmiştir. [8]

Türkiye'nin boğazlardaki gemi geçişleri ile ilgili ilk uluslararası sözleşmesi 24 Temmuz 1923 tarihli Lozan Antlaşması'dır. Bu antlaşma ile boğazların egemenliğinin Türkiye'de olduğu kabul edilmiş, barış zamanında yükü ve bayrağı ne olursa olsun ticari gemilerin geçişi serbest bırakılmış, boğazlar silahsızlandırılmıştır. Geçiş sırasında kılavuzluk isteğe bağlı bırakılmıştır. Antlaşmanın kuralının denetimi adına ise Boğazlar Komisyonu kurulmuştur.

Lozan Antlaşması Türkiye'nin egemenliğine kısıtlama getirdiği için 20 Temmuz 1936'da Montreux Boğazlar Sözleşmesi yapılmıştır. Bu sözleşmede boğazların egemenliği Türkiye'ye verilmiş, boğazların silahlandırılabileceği kabul edilmiştir. Fakat Montreux Sözleşmesi'nde de tıpkı Lozan Antlaşması'nda olduğu gibi ticari

gemilerin tanımlanması yapılmamış, savaş gemisi haricindeki tüm gemiler ticari gemi olarak tanımlanmıştır. Kılavuz almak yine isteğe bırakılmıştır. [3,9]

1938 yılında 4500 geminin geçiş yaptığı İstanbul Boğazı'ndan, denizcilik teknolojisindeki gelişmeler, ham maddeye duyulan ihtiyacın artması, Romanya ve Bulgaristan'ın AB üyeliğine geçmesi, Ukrayna'nın bağımsızlığını kazanması, ticari eksenin Avrupa–ABD'den Orta Asya-Asya-Avrupa eksenine kayması gibi sebeplerle gemi tonajlarında ve boğaz geçişlerinde zaman içinde artışlar olmuştur. Yıllara göre boğazlardan uğraksız geçen gemi sayısı ve tonajlardaki artış Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Boğazlardan uğraksız geçen gemi sayısı ve tonajlardaki artış [10]

	1938 Yılı	**1960 Yılı**	**1996 Yılı**	**Artış**
Türk Boğazları'ndan Geçen uğraksız gemi sayısı	4.500	9.000	49.952	% 450
Geçen Gemilerin Tonalitosu	7.500	28.000	156.057	% 460

Gemi geçişlerindeki artışa yerel trafiğin etkisi de eklenince boğazlardan gemi geçişlerinin düzenlenmesi zorunluluğu doğmuştur. Bu kapsamda 1994 yılında ilk Türk Boğazlar Tüzüğü yürürlüğe girmiştir. Tüzük kapsamında ilk defa gemiler büyük gemi diye sınıflandırılmış, elverişsiz şartlarda durum düzelene kadar gemi geçişleri, tek taraflı veya tümden durdurulabilir hale getirilmiştir. Ayrıca Trafik Ayrım Düzenleri (TAD) oluşturulmuş ve bunları izleme zorunluluğu getirilmiştir. [3] Bu tüzükle beraber her iki boğazda deniz trafik istasyonları kurulmuş, alınan diğer teknik önlemlerle gemi kazalarında önemli ölçüde azalmalar görülmüştür. [11]

Boğazlarda hukuksal olarak yapılan son düzenleme, 1994 yılındaki ilk Boğazlar Tüzüğü'nün geliştirildiği ve halen günümüzde de geçerli olan 6 Kasım 1998 tarihli Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü'nün yürürlüğe sokulmasıdır.

Denizcilik Müsteşarlığı istatistikleri incelendiğinde 2006 yılında İstanbul Boğazı'ndan 54880 geminin geçiş yaptığı görülmektedir. Geçiş yapan gemilerden 10153 tanesi tehlikeli yük taşıyan gemilerdir. Bu sayı tüm geçişlerin %19'unu oluşturmaktadır. Boğazdaki seyri zorlaştıran şartlar ve gemi geçişlerindeki artış dikkate alınınca kaza olasılıkları artmaktadır.

2.2 İstanbul Boğazı'nın Özellikleri

İstanbul Boğazı'nın sınırları 01.05.1982 tarihinde yürürlüğe giren İstanbul Liman Tüzüğü'nde, kuzeyde Anadolu Feneri ve Türkeli Feneri'ni birleştiren hat ile güneyde Ahırkapı Feneri'ni Kadıköy İnceburun Mendirek Feneri'ne birleştiren hat arasında kalan deniz sahası olarak kabul edilmiştir. [12]

İstanbul Boğazı, orta hattından ölçüldüğünde ortalama 31 km uzunluğundadır. En geniş yerleri kuzeyde, Anadolu Feneri ile Türkeli Feneri arasında 3600 m, güneyde, Ahırkapı Feneri ile İnceburun Feneri arasında 3220 m'dir. Boğazın en dar yeri ise Anadoluhisarı ile Rumelihisarı arasında olup, 698 m'dir. İstanbul Boğazı'nın derinliği ana kanal boyunca 30 m ile 110 m arasında değişmektedir. En derin yer olan 110 m derinlik ile Kandilli açığındadır. Boğazda derinlikler genellikle, 30-60 m arasında değişmektedir. Bunun yanında, 30 m altında olan bazı mevkiiler de vardır. Kıyılardaki uzunluk Anadolu yakasında 35 km, Avrupa yakasında ise kıyının daha girintili çıkıntılı olmasından dolayı 55 km'dir. [13]

Boğazda çok karmaşık akıntı sistemi vardır. Karadeniz'de buharlaşmanın az olması, nehirler aracılığıyla Karadeniz'e büyük miktarda su eklenmesinden dolayı Karadeniz ile Marmara Denizi arasında seviye farkı bulunmaktadır. Tuzluluk miktarına bakıldığında nehirlerden gelen suların etkisiyle tuzluluk seviyesinin Karadeniz'de binde 18 olduğu görülmektedir. Buharlaşmanın daha çok olması ve sisteme eklenen su miktarının az olmasından dolayı Marmara'da tuzluluk oranı binde 20 ila 36 civarındadır. Tuzluluk, yoğunluk ve kütle değerlerinin sağlanabilmesi amacıyla Boğaz'da kuzeyden güneye doğru sürekli bir su akıntı olmaktadır. Karadeniz suları özelliğini taşıyan bu su akıntısı üst akıntıdır. Dipte ise tam tersi yönde, yani güneyden kuzeye doğru Marmara suları özelliğini taşıyan daha düşük debili bir dip akıntısı vardır. Bu akıntıya "kanal" adı verilmektedir. Kanalın suları kışın ılık, yazın ise çok soğuktur. Yılda birkaç defa lodoslu dönemlerde alt akıntı şiddetlenerek üst akıntıya baskın gelmektedir. Bu durumlarda güneyden kuzeye doğru akan "orkoz" adı verilen üst akıntı görülmektedir. [14]

Boğazdaki hâkim olan hava hareketi, kuzeydoğu –güneybatı doğrultusundadır. Hava hareketi en büyük şiddete Boğaz ekseni boyunca erişmektedir.

2.3 Seyir Koşullarını Etkileyen Faktörler

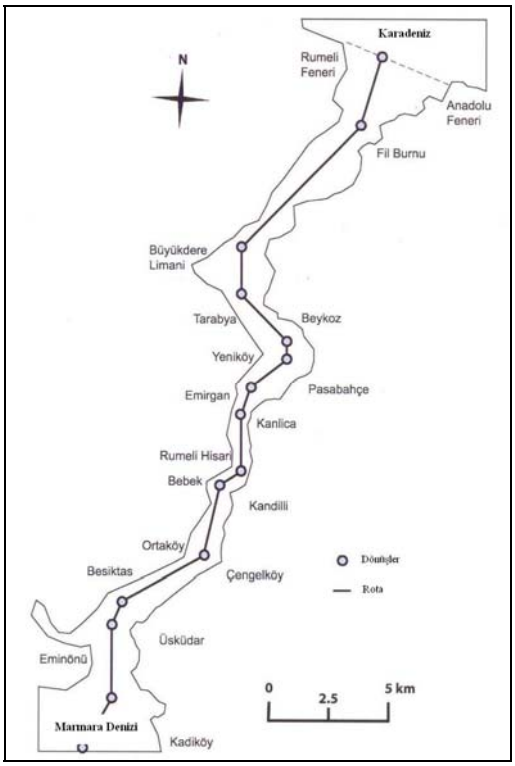
Dar ve tehlikeli suyollarından birisi olan İstanbul Boğazı, jeomorfolojik yapısı, iklim koşulları, akıntıları, bankları göz önüne alındığında gemi geçişlerini etkileyerek kazalara sebep olabilecek doğal engellere sahiptir. Ayrıca Boğaz'ın her iki yakasında yerleşimin olduğu düşünüldüğünde gemi seyirlerini etkileyebilecek insan yapımı engeller de mevcuttur.

2.3.1 Doğal Faktörler

Boğazdaki gemi geçişini etkileyen doğal faktörler, boğazın topografik yapısı, akıntılar ve atmosferik koşullardır.

2.3.1.1 Topografik Yapı

İstanbul Boğazı'nda kuzey-güney doğrultusunda ya da tersi yönde seyir yapan bir gemi, 12 kez rota değiştirmek zorundadır. Boğazın kıvrımlı yapısı yüzünden gemiler Kandilli Burnu'nun da 45º, Yeniköy (Köybaşı) Burnu açıklarında yaklaşık 80º ve Umur Bankı'nda 70º'den büyük açılı rota değişiklikleri yapılmaktadır. [15]
Şekil 2.1'de gemilerin dönüşleri verilmiştir.



Şekil 2.1 : Gemilerin dönüşleri [4]

Bu rota değişiklikleri, Yeniköy ve Kandilli Burunları'nda gemilerin arka taraflarını görmelerini engellemektedir. Ayrıca gemilerin baş ve arka taraflarının aynı anda farklı akıntılardan etkilenmesi gemilerin savrulmasına yol açabilmektedir. Özellikle uzun gemiler için bir başka sorun da Kandilli Burnu'nda yan yana geçiş için yeterli alanın olmamasıdır. [13]

Taş ya da mercan kayalıklardan oluşmuş, denizciler için tehlike yaratan sığlıklara bank adı verilmektedir. Boğazda bu banklardan bol miktarda bulunmaktadır. Bu banklar özellikle büyük gemilerin geçişleri sırasında tehlike oluşturmaktadırlar.
Avrupa yakasındaki en önemli banklar şunlardır;

- 10m 'den az derinliğe sahip Kuruçeşme Bankları
- Dimi Bankı
- 2,7–10m arası su derinliğine sahip Bebek Bankı
- Dikilikaya Bankları
- 1-10m derinlikteki Sarayburnu Bankları
- Ortaköy Bankı
- Yeniköy Bankı
- 3,5–5,5m su derinliğindeki Büyükliman Bankı'dır.

Anadolu yakasındaki banklar ise şunlardır;

- Kızkulesi Bankı
- 2,5m derinlikteki Anadoluhisarı Bankı
- 1,8–5,2m derinlikteki Güney Umur Bankı
- 2,7–8m arası derinliğe sahip Batı Umur Bankı
- 8,5m derinlikteki Kuzey Umur Bankı
- 1,5–3,7m arası derinlikteki Macar Bankı
- Poyraz Bankı
- İncirköy Bankı
- Baltalimanı Bankı
- Sarıyer Bank'ıdır. [3]

Boğazda ayrıca Salacak Mevkisi'nin 250m açığında Kızkulesi bulunmaktadır. Adanın etrafı kaya ve bankla çevrilidir. Boğazdaki bir başka ada ise Defterdar Burnu'nun 880m kuzeyinde bulunan Kuruçeşme Adası'dır. Etrafı Kuruçeşme bankları ile çevrilidir. Bunlardan başka Bebek Koyu'nda yer alan Bebek Feneri'nin

bulunduğu ada ve Rumelikavağı açığında yeralan Dikilikaya Adası boğazdaki diğer adalardır. [1]

2.3.1.2 Akıntı

Akıntı boğazdan gemi geçişini etkileyen önemli doğal faktörlerden birisidir. Karadeniz'in seviyesinin Marmara'dan yüksek olması sebebiyle normal meteorolojik koşullarda boğazda hâkim olan yüzey akıntı yönü kuzey-güney doğrultusundadır. Kuzeyden güneye inen bir gemi arkadan gelen akıntının etkisi altında kalmaktadır. Ayrıca koylara ve burunlara giren akıntının etkisiyle oluşan anaforlarında ana akıntı yönüne karışması ile gemilerin ön ve arka kısımları faklı yönde ve şiddette akıntılara maruz kaldıklarından sürüklenme veya savrulma ihtimalleri artmaktadır. Meteorolojik şartların değişmesi akıntı hızını 2–3 misli arttırmaktadır. Boğazlar Deniz Trafiği Tüzüğü'ne göre, gemilerin karaya göre hızı saatte 10 deniz milidir. Buna göre gemiler Boğaz'da akıntı hızına göre hız yapmak zorundadırlar. [15]

2.3.1.3 Meteorolojik Koşullar

Rüzgârın yönü ve şiddeti akıntıyı önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgârın yıldız ve poyrazdan kuvvetli esmesi durumunda, İstanbul Boğazı'ndaki yüzey akıntısı da 2–3 misli artarak, normal koşullarda 3–4 mil olana yerlerde maksimum 7–8 mile kadar çıkabilmektedir. Rüzgârın lodostan esmesi durumunda ise orkozlar oluşmaktadır. Boğazda en hâkim rüzgâr olan Poyraz diğer aylara göre en fazla Ağustos ayında etkili olmaktadır. Ters akıntıları oluşturan lodos ise en fazla Aralık ayı içinde etkili olmaktadır.

Gemi geçişlerini etkileyecek önemli meteorolojik koşullardan birisi de sistir. Sis ile birlikte görüş uzaklığı düşmekte ve gemilerin çevresini ve diğer gemileri görmesini zorlaştırmaktadır. Boğazda sisli gün sayısı sıcaklık ve yağışa paralel olarak kış ve bahar aylarında fazla, yaz aylarında azdır. Sis en çok Mart ayında görülmektedir. En iyi görüş, Kasım, Aralık ve Ocak aylarının akşam saatlerinde, diğer aylarda ise öğle saatlerinde olmaktadır. [1,15]

1998 Boğazlar Tüzüğü'nde yapılan düzenleme ile görüş uzaklığı 1 mil ve altına düştüğünde deniz trafiği uygun görülen tek yönde kapatılacak, tehlikeli yük taşıyan, derin su çekimli ve büyük gemiler boğaza giremeyeceklerdir. Görüş uzaklığı 0,5 mil ve altına düştüğünde ise boğaz trafiği her iki yöne de kapatılacaktır.[3]

2.3.2 Diğer Faktörler

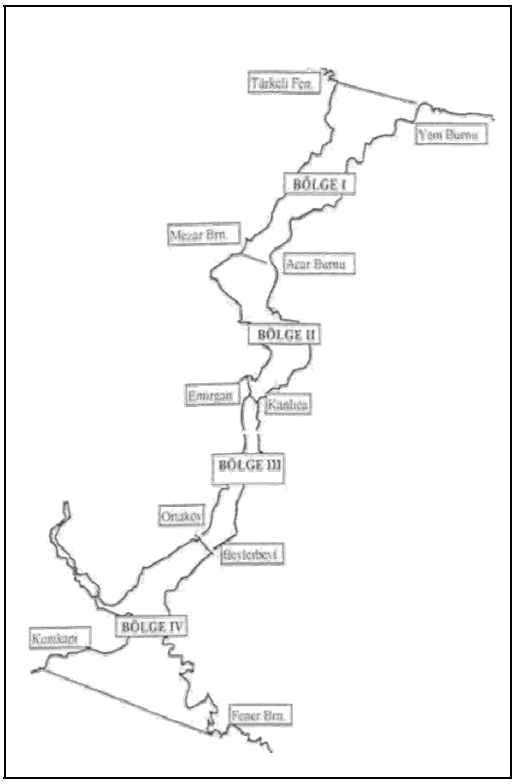
İstanbul Boğazı'nda kaza oluşturan faktörler içinde en önemli faktör insan faktörüdür. Gemiyi teknik olarak yöneten kişinin yetersizliği, fenerleri yanlış tanıması, derinliği, açıyı ve uzaklığı yanlış okuması gibi faktörler kaza oluşumunu etkilemektedir. Uykusuzluk, yorgunluk, dikkatsizlik vb. faktörler de gemi geçişlerini etkileyen diğer insani faktörlerdir. Ayrıca gemilerin seyir ve dümen kısımlarında meydan gelen arızalar, gemilerin yaşı gibi teknik faktörler de kaza olasılığını arttırmaktadır.

2.4 Boğazdaki Riskli Bölgeler

Boğazdaki seyri etkileyen koşullar göz önüne alındığında geçiş yapan bir geminin tüm boğaz boyunca aynı kaza riskine sahip olmadığı görülmüştür. Hangi bölgelerin daha riskli olduğunu belirlemek amacıyla uzman kurullarında İstanbul Boğazı dört alt bölgeye ayrılmıştır.

Her alt bölge birbirinin devamı olarak alınmış ve benzer özellikler göstermektedir. Yine uzman kurullarda boğazdan geçişleri etkileyeceği düşünülen parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler; kısıtlı görüş, hâkim rüzgâr frekansı, akıntı şiddeti, orkoz ve anafor koşulları, ortalama kanal genişliği, sığ su koşulları ve banklar, rota değiştirme derecesi, rota değiştirme sayısı, yerel trafik yoğunluğu, yetersiz seyir yardımcıları ve tarihsel kaza verileri olmak üzere 11 tanedir. Bu parametrelerin daha sonra alt bölge ayrımı yapılmadan, belirli koşulları sağlamış boğaz geçişi yapmış kaptanlarca değerlendirilmeleri istenmiştir. Değerlendirme sonuçları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile hesaplanmıştır.

AHP sonucunda İstanbul Boğazı'nda seyir koşulları açısından en riskli bölgesinin, Kanlıca – Emirgan ile Beylerbeyi – Ortaköy arasında çizilen hatların arasında kalan III. Alt bölge olduğu görülmüştür.. Diğer riskli alan ise Acar ve Mezar Burunlarını birleştiren çizgi ile III. alt bölgenin başlangıcı arasında kalan ve Beykoz – Paşabahçe koyunu da içeren II. alt bölgedir. [6]
Boğazdaki riskli bölgeler Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Boğazdaki riskli bölgeler [6]

2.5 İstanbul Boğazı'ndaki Önemli Deniz Kazaları

Boğazlardaki gemi trafiği her geçen yıl artmaktadır. Artan trafiğe, boğazın darlığı, akıntı ve atmosferik koşullar, gemilerin kılavuz kaptan almadan geçmeleri, bilgisizlik ve teknik arızalar gibi sebepler de eklenince kazalar kaçınılmaz olmakta, bu kazalar can kayıplarına ve çevre tahribatlarına yol açabilmektedir.

İstanbul Boğazı'nda meydana gelen önemli kazalarından bazıları ve sonuçları şöyledir;

- 1960 yılının Aralık ayında Yunan tankeri World Harmony, Yugoslav kuruyük gemisi Peter Zoranic ile çarpışmıştır. İki gemi mürettebatından aralarında kaptanların da olduğu toplam 20 kişi hayatını kaybetmiştir. Çatışma birkaç hafta boyunca söndürülemeyen petrol yangınına yol açmıştır.
- 1966 yılında M/T Lutsk and M/T Cransky Oktiabr adlı iki Sovyet gemisi çarpışmış, dökülen binlerce ton petrol boğazı kirletmiştir. Karaköy vapur iskelesi ve buradaki bir vapur yanmıştır.

- 1979 yılında Romen gemisi Independenta ile Yunan Evriali çarpıştı ve 43 kişi öldü. Independenta tankeri, 238m boyunda 94.600 ton petrol taşımakta idi. Dünyanın en büyük petrol dökülmesi kazalarından birisi olan bu olayda 43 denizci hayatını kaybetmiştir. Patlamanın ardından yangın günlerce devam etmiştir. Oluşan sıcaktan dolayı Haydarpaşa garının vitrayları erimiş, sıcaklık dalgası diğer ilçelerden de hissedilmiştir. Ekolojik tahribatın boyutu tahmin bile edilememiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Independenta kazası, 1979**.**

- 1988'de Ahırkapı'da sıvılaştırılmış amonyak gazı taşıyan Blue Star tankeri bir başka gemiyle çarpışmıştır. Şans eseri rüzgâr ters yönde eserek pek çok kişiyi ölümden kurtarmıştır.
- 13 Mart 1994'te Kıbrıs Rum Kesimi bandıralı Nasia petrol tankeri ile Yunan bandıralı Ship Broker adlı kuru yük gemisi çarpışmıştır Yaklaşık 20.000 ton petrol denize dökülmüştür.(Şekil 2.4)



Şekil 2.4 : Nassia kazası, 1994

- 1999'da Rus gemisi Volganeft lodosla oluşan dev dalgalara dayanamayıp ikiye bölündü. Kıç tankından 1.578 ton fuel oil Marmara'ya akmıştır. Kirliliği temizleme çalışmaları 3 yıl sürmüştür.

- Son olarak 14 Mart 2005'te Zeytinburnu açıklarında DD-1 adlı ro-ro gemisi batmış, suda yüzen 7 adet dolu LPG rüzgarın da etkisiyle karaya vurmuş, şans eseri herhangi bir patlama olmamıştır (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 : Karaya vuran LPG tankları

Tankerlerin karıştıkları bu kazalar dışında gemilerin sahildeki yalılara çarpması sonucu ölümlere ve maddi hasara sebep olan kazalar da olmuştur. Ayrıca Kasım 1991'de canlı hayvan yüklü Lübnan gemisi Anadolu Hisarı önlerinde batarak çevre kirliliğine sebep olmuştur. [3]

Her 7-8 dakikada bir geminin, her 50-55 dakikada bir tehlikeli yük taşıyan bir tankerin geçtiği Boğazlar'da, Uluslararası Deniz Savunmaları Enstitüsü'nün yaptığı araştırmada orta boylu bir LPG tankerinin patlaması sonucu 3 kilometrelik alanda yaşam tehlikeye girmektedir. Bununla birlikte, 20 kilometrelik bir alanda 8,5 şiddetinde deprem etkisi yapabileceği belirtilmiştir. Yine Denizcilik Müsteşarlığı'ndan yapılan bir açıklamada, amonyak gazı taşıyan bir tankerin kaza yapması durumunda, havada metreküpte 1,3 gram amonyak olması ve yarım saatten az solunmasının ölüme yol açtığı, bu oranın havada 3,7–7,5 metreküpe çıkması durumunda ani ölümlerin olabileceği belirtilmiştir. [16,17] Boğazın her iki yakasında yoğun yerleşimin olduğu düşünüldüğünde olası bir tanker kazasının sonuçları çok büyük boyutlarda olacaktır.

2.6 Kazaları Önleme Amaçlı Mevcut Sistem

Boğazlar'daki yüksek trafik yoğunluğu, tehlikeli yük taşımacılığı, artan gemi boyları, hassas çevre koşulları, zorlu atmosferik ve oşinografik koşullar göz önüne alınarak, trafik ayrım düzenleri içinde gemilerin seyir güvenliğini arttırmak, can, mal ve

çevreyi korumak üzere uluslar arası kurallara uygun Gemi Trafik Yönetim Ve Bilgi Sistemi (GTYBS) kurulmuştur.

Sistem radar cihazlarının yanı sıra, uydu ile konum belirleme, meteorolojik ve oşinografik algılayıcılar, kesintisiz gece ve gündüz yayın yapabilen kameralar, haberleşme cihazları, kayıt ve yeniden gösterim teçhizatı ve uygulama yazılımlarından ibarettir.

Sistemde 13 tane trafik gözetleme istasyonu ve 2 tane trafik kontrol merkezi bulunmaktadır. 8 trafik gözetleme istasyonu ve 1 trafik kontrol merkezi İstanbul Boğazı'ndadır. Sistem operasyona 30 Aralık 2003 tarihinde başlamıştır. [11]

2.7 Dünyada Benzer Petrol Geçiş Noktaları

Dünyada İstanbul Boğazı'na benzer başka petrol geçiş noktaları da bulunmaktadır. Aşağıda bunlardan en önemlileri kısaca anlatılmaktadır.

Hürmüz Boğazı, Basra Körfezi, Umman Denizi ve Hint Okyanusu arasında önemli bir bağlantı noktasıdır. Geniş bir kanal olmasına rağmen ulaşım geliş ve gidiş olmak üzere kullanılan iki tane 3 km'lik genişlikte kanaldan yapılmaktadır. Basra Körfezi'nden Asya, Batı Avrupa ve Amerika'ya ithal edilen tüm petrolün yaklaşık % 88'i Hürmüz Boğazından geçmektedir. Günde 15 milyon varil petrol geçişi yapılmaktadır. Kılavuz kaptan almak zorunludur.

Malacca Geçidi, Hürmüz Boğazı ile birlikte dünyanın en önemli boğazlarından biridir. Asya ile Avrupa arasındaki deniz ticaretine yön vermektedir. Yaklaşık 800 km uzunluğunda ve 50–320 km arası genişliktedir. Günde 600 yılda 50.000 gemi geçiş yapmaktadır. En uzun boğazdır. Dünya deniz ticaretinin yaklaşık %30'u, Japonya, Güney Kore ve Tayvan gibi ülkelere petrol ithalinin %80'i bu boğaz aracılığıyla yapılmaktadır.

Süveyş Kanalı, Akdeniz ile Kızıldeniz'i birleştiren 190 km uzunluğunda yapay bir suyoludur. Genişliği 70-125m arasında değişmektedir. Kanal yılda 25000 civarı gemiye ev sahipliği yapabilmektedir. Fakat ortalama değeri yaklaşık 14.000'dir. Gemiler 10-15'erli konvoylar halinde günde üç konvoy olacak şekilde kanaldan geçebilmektedirler. 300 ton üzeri gemiler kılavuz kaptan almak zorundadır.

Bab el- Mandeb Boğazı, Hint Okyanusu ile Kızıldeniz arasında stratejik bir bağlantı olup Süveyş Kanalı'na girişi kontrol etmektedir.

Panama Kanalı, Atlantik ve Pasifik Okyanuslarını birbirlerine bağlayan 64 km uzunlukta bir kanaldır. Minimum derinliği 12,5 m, minimum genişliği ise 91,5 m'dir. Kanaldan günde 35, yılda yaklaşık 13.000 gemi geçiş yapmaktadır. Kanal trafiğinin %10'luk kısmını petrol ürünleri taşıyan tankerler oluşturmaktadır. Kılavuz kaptan almak zorunludur.

İstanbul Boğazı ile dünya üzerindeki benzerleri kıyaslandığında hiçbir boğazın etrafında İstanbul boğazında olduğu kadar yoğun bir yerleşimin olmadığı görülmektedir. İstanbul Boğazı haricinde neredeyse hiçbirinde yerel trafik yoktur. Hürmüz Boğazı, Panama ve Süveyş kanallarında gemiler geçiş sırasında kılavuz kaptan almak zorundadır. İstanbul boğazında ise bu durum geçiş yapan geminin isteğine bırakılmıştır. [1,18]

3. UZAKTAN ALGILAMA VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

3.1 Uydu görüntüleri ve çözünürlük

Uzaktan algılama, arada herhangi bir fiziksel temas olmaksızın, platformlar üzerine yerleştirilmiş algılayıcılar ile cisimlerden yayılan ışık ve ısı enerjisinin kaydedilmesi ve analiz edilmesi bilimidir. Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan görüntüler, piksel adı verilen genelde şekli kare olan görüntü elemanlarının bir araya gelmesiyle oluşmuş dijital görüntülerdir.

Çözünürlük, genel tanımıyla algılayıcının yüzey üzerindeki birbirine çok yakın iki objeyi birbirinden ayırt edebilmesi yeteneği olarak adlandırılabilir. Mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal olmak üzere dört çeşit çözünürlük vardır. [19] Mekânsal çözünürlük**,** algılayıcı tarafından ayırt edilebilir en küçük detayın boyutunu gösterir. Örneğin 4m yersel çözünürlüklü bir görüntüde 4m'ye eşit ve büyük olan objeler algılanabilir. Spektral çözünürlük, algılayıcının kaydettiği elektro-manyetik spektrum içindeki dalga boyu aralıklarını göstermektedir. Radyometrik çözünürlük, toplanan verilerin kayıt edildiği dijital veri sayısıdır. Veriler bit ile gösterilir. Örneğin 11 bitlik bir görüntüde $2^{11} = 2048$ farklı gri tonu olmaktadır. Zamansal çözünürlük ise aynı alanın aynı görüş açısıyla ikinci kez algılanabilmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır.

Uydu görüntüleri uygun yöntemlerle işlenmedikleri sürece kullanıcısına görsellik dışında bir bilgi veremez. Farklı uygulamalarda kullanılacak olan görüntüler, çalışmanın amacı ve görüntülerin özellikleri dikkate alınarak seçilmeli ve bilgi üretmeye hazır hale getirmek için işlenmelidirler.

3.2 Geometrik Dönüşüm

Uzaktan algılama ile elde edilen veriler ham verilerdir. İşlenmemiş olan bu ham veriler, algılayıcı platformun uçuş yüksekliğinde, hızında ve tarama açısında meydana gelen değişiklikler, dünyanın dönüşü ve küreselliğine bağlı olarak

bozulmalara uğrarlar. Bu bozuklukların geometrik düzeltme işlemi ile düzeltilmeleri gerekmektedir.

Geometrik düzeltme için yapılması gereken üç işlem vardır.

1. Yer kontrol noktalarının seçilip koordinatlarının girilmesi.
2. Dönüşüm matrisinin hesabı ve test edilmesi.
3. Elde edilen yeni koordinat bilgileri ile görüntünün yeniden örneklenmesi.[20]

Dönüşüm işleminde yer kontrol noktalarının seçimi oldukça önemlidir. Kullanılacak kontrol noktalarının görüntü üzerinde keskin olarak ayırt edilebilen yerlerden seçilmesine ve görüntü üzerinde homojen olarak dağılmasına özen gösterilmelidir. Yer kontrol noktalarının ve uygun projeksiyon bilgilerinin girilmesinin ardından yeniden örnekleme ile geometrik olarak düzeltilmiş verinin yeni piksel değerleri hesaplanır. Bu hesaplama için en yakın komşuluk, bilineer enterpolasyon ve kübik katlama olmak üzere üç farklı yöntem vardır.

En yakın komşuluk yönteminde, geometrik düzeltmesi yapılmış görüntünün piksel değeri orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değeri atanarak bulunur. Bilineer enterpolasyon yönteminde piksellerin değerleri o piksele en yakın 2X2'lik matris şeklindeki dört pikselin ortalaması alınarak bulunur. Kübik katlama yönteminde ise 4X4 şeklinde bir matris kullanılarak piksellerin parlaklık değerleri hesaplanır. Üç yöntemin de kendi içinde avantaj ve dezavantajları vardır. Bu çalışmada, hesaplanma süresinin diğer yöntemlere göre daha kısa olması ve piksellerin orijinal değerlerinin korunması özellikleri dikkate alınarak en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. [21]

3.3 Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI)

Sağlıklı bitkiler elektro manyetik spektrumun yakın kızıl ötesi bölgesinde ışığı iyi yansıtmaktadırlar. Yeşil yapraklar 0,5 ile 0,7 mikron arasındaki bölgede (yeşilden kırmızıya) %20 veya daha az, 0,7 ile 1,3 mikron arasındaki bölgede (yakın kızıl ötesi bölge) yaklaşık olarak % 60 yansıma yaparlar. NDVI bitkilerin tespitinde, bitki yoğunluğunun belirlenmesinde ve bitkilerin zamansal değişim analizlerinde kullanılmaktadır.

NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red) formülü ile hesaplanmaktadır. Burada NIR: Yakın kızıl ötesi bandı, Red: Kırmızı bandı temsil etmektedir. [22]

3.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi görüntü üzerinde aynı özelliklere sahip objelerin gruplandırılması olarak tanımlanabilir. Sınıflandırma, esas alınan özelliklere göre piksel tabanlı veya obje tabanlı olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir.

3.4.1 Piksel tabanlı sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırmada görüntüleri oluşturan piksellerin spektral özellikleri esas alınmaktadır. Yaygın olarak kullanılan kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırmalar piksel tabanlı sınıflandırmalardır.

3.4.1.1 Kontrolsüz Sınıflandırma

Çalışılacak alana ait yeterli bilgi olmadığında ön bilgiler edinmek amacıyla kullanılan sınıflandırma yöntemidir. İşlemde pikseller sol üst köşeden sağ alt köşeye doğru analiz edilmeye başlanırlar. Pikseller kullanıcı tarafından belirlenen parametrelere göre iteratif olarak gruplandırılarak küme ortalama değerleri hesaplanır. Her iterasyonun sonunda ortalama küme değeri tekrar hesaplanarak bu yeni değerlere göre piksellerin atamasına devam edilir. Bu döngü kullanıcı tarafından belirlenen iterasyon sayısına ulaşıldığında veya sınıflara atanan piksellerde değişme olmayıncaya kadar devam eder. [21,23] Kümeleme, ISODATA en yaygın bilinen kontrolsüz sınıflandırma yöntemleridir.

3.4.1.2 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma da, çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnekleme alanları kullanılarak, piksel değerlerinin özellik dosyaları oluşturulur. Kontrol alanlarının örneklendiği özellik dosyalarının görüntü verilerine uygulanması ile her piksel hesaplanan uzaklık veya olasılık değerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. [24] En büyük olasılık, en kısa uzaklık, paralel kenar ve Mahalanobis uzaklığı olmak üzere dört yöntemi vardır.

3.4.2 Obje Tabanlı Sınıflandırma

Obje tabanlı sınıflandırmada geleneksel piksel tabanlı görüntü işleme yöntemlerinin aksine, temel işlem birimi bireysel pikseller yerine objeler veya segmentlerdir. Genel olarak obje tabanlı sınıflandırma işlem sırası, farklı çözünürlüklü segmantasyon (multiresolution segmantaion) ve segmentlerin bilgi tabanlı sınıflandırması

(knowledge-based classification) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Sınıflandırma işlemine segmentasyon ile başlanır. Segmentasyona başlanırken her bir piksel birbirinden ayrı bir obje olarak düşünülür. Sonraki işlemde, komşu olan objeler birbirlerine bağlanılarak daha büyük objeler oluşturulmaya başlanır. Kullanıcı tarafından belirlenen ölçek parametresi değerine ulaşıldığında segmentasyon işlemi bitirilir. Objeler birbirine bağlanırken esas alınan ölçü, komşu objeler arasındaki benzerliği tanımlayan heterojenlik kriteridir. Heterojenlik kriteri, spektral ve şekil özelliklerine (smoothness ve compactness) bağlıdır. [25,26]

Spektral heterojenlik, çalışmada kullanılacak olan yazılımda, her banttaki spektral değerlerin standart sapmaları ile her bandın ağırlıkları çarpımının toplamı olarak ifade edilmektedir.

$$h_{spektral} = \sum_{c} w_c . \sigma_c \qquad \textbf{(2.1)}$$

formülde;

$h_{spektral}$ = Spektral heterojenliği

w_c = Her bandın ağırlıklarını

σ_c = Her bandın standart sapmasını göstermektedir.

Şekil heterojenliği ise, ideal şekli tanımlayan iki farklı modeli dikkate alarak şekildeki değişim değerini tanımlamaktadır. Şekil heterojenliğini etkileyen alt faktörler düzlük (smoothness) ve sıklıktır (compactness).

Bu iki faktör için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$h_{compactness} = l / \sqrt{n} \qquad \textbf{(2.2)}$$

formülde;

h_{cmpct} = Sıklık faktörü

l = Objenin kenar uzunluğunu

n = Objeyi çevreleyen alanın kapsadığı piksel sayısını göstermektedir.

$$h_{smooth} = l / b \qquad \textbf{(2.3)}$$

formülde;

h_{smooth} = Düzlük Faktörü

l = Objenin kenar uzunluğunu

b = Objeyi çevreleyen alanın kenar uzunluğunu göstermektedir.

Düzlük ve sıklık değerleri kullanılarak segmantasyonun ana kriterlerinden birisi olan şekil kriteri aşağıda verilen formül ile bulunmaktadır.

$$h_{shape} = W_{cmpct}.h_{cmpct} + (1\text{-}w_{cmpct}).\ h._{smooth} \quad \textbf{(2.4)}$$

formülde;

h_{shape} = Şekil faktörünü

W_{cmpct} = Sıklığın ağırlığını

h_{cmpct} = Sıklık faktörünü

h_{smooth} = Düzlük faktörünü göstermektedir.

Segmentasyon sonuçlarını belirleyen iki ana faktörün birlikte kullanılmasını gösteren genel birleşim formülü (2.5)'te verilmiştir.

$$f = w.\ h_{spektral} + (1\text{-}w).\ h_{shape} \quad \textbf{(2.5)}$$

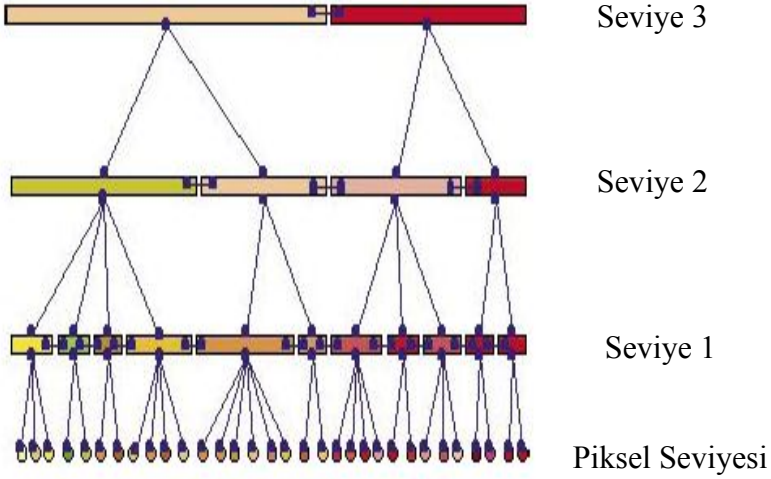
Formülde f, spektral ve şekil faktörlerinin birleşimini, w ise kullanıcı tarafından spektral özelliğine verilen ağırlığı göstermektedir. [25]

Segmentasyon işleminde dikkat edilmesi gereken iki önemli nokta vardır.

1. Objeleri birbirinden ayırt edebilecek mümkün olan en büyük ölçekte segmentasyon yapılmalıdır.
2. Spektral özellikleri mümkün olduğunca korunmalı ve şekil özellikleri de gerektiği kadar dikkate alınmalıdır. [27]

Segmentasyon bitirildikten sonra sıradaki işlem segmentasyon sonucunun sınıflandırmasıdır. Genellikle sınıflandırmadan kasıt, objelerin sınıf tanımlarına göre atanmalarının yapılmasıdır. Obje tabanlı sınıflandırma yaklaşımı sadece spektral özellikleri değil aynı zamanda şekil (shape), doku (texture), alan (area) ve konteks (contex) gibi özelliklerin de kullanılabildiği bir yaklaşımdır.

Yukarıda belirtilen bilgi tabanlı sınıflandırma aynı zamanda sınıf hiyerarşisi olarak da adlandırılmaktadır. Sınıf hiyerarşisi yapısında, obje özellikleri alt veya üst obje gruplarına kalıtım yolu aracılığıyla iletilebilmektedir. Şekil 3. 1'de kalıtımın iletilmesi gösterilmiştir



Şekil 3.1 : Kalıtımın iletilmesi [25]

Uygulamada, sınıflandırma işlemi üyelik fonksiyonları yöntemi (membership function classification) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Obje tabanlı sınıflandırmada ayrıca en yakın komşuluk yöntemi de (nearest neighbor classification) kullanılmaktadır.

En yakın komşuluk yöntemi, belirlenmek istenen sınıflara ait örneklemeler toplanarak yapılan sınıflandırmadır.

Üyelik fonksiyonları yönteminde ise objelere 0 ile 1 arasında değişen üyelikler verilerek yapılan sınıflandırmadır. 0 düşük üyeliği, 1 ise tam üyeliği temsil etmektedir. [25]

3.4.3 Piksel Tabanlı – Obje Tabanlı Sınıflandırma Karşılaştırması

Yüksek çözünürlüklü görüntülerde, ayırt edilebilirlik fazla olduğundan daha doğru obje dağılımları elde edilmektedir. Düşük çözünürlüklü görüntüde, mekansal çözünürlük nedeniyle, bir piksel (örn.30*30 m) içinde kalan farklı spektral özellikteki alanlar aynı özelliğe sahip gibi görünebilirler fakat aynı bölgenin yüksek çözünürlükteki görüntüsünde (örn.4*4 m) bu farklar ayırt edilebilir. Bu nedenle, düşük çözünürlükte bir görüntüde spektral sınıfları başarıyla ayıran piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri, yüksek çözünürlüklü görüntüde yeterli olamayacaktır. [28] Soruna çözüm olarak piksel tabanlı yöntemlerden farklı olarak; alan, konteks, şekil ve doku gibi diğer özellikleri de kullanabilen obje tabanlı sınıflandırma önerilebilir. İki yöntemin karşılaştırmasını kısaca aşağıdaki tabloda olduğu gibi gösterebiliriz.

Tablo 3.1: Sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması [26]

	Renk/spektral	Şekil	Alan/Boyut	Doku	Konteks
Piksel Tabanlı	+	-	-	-	-
Obje Tabanlı	+	+	+	+	+

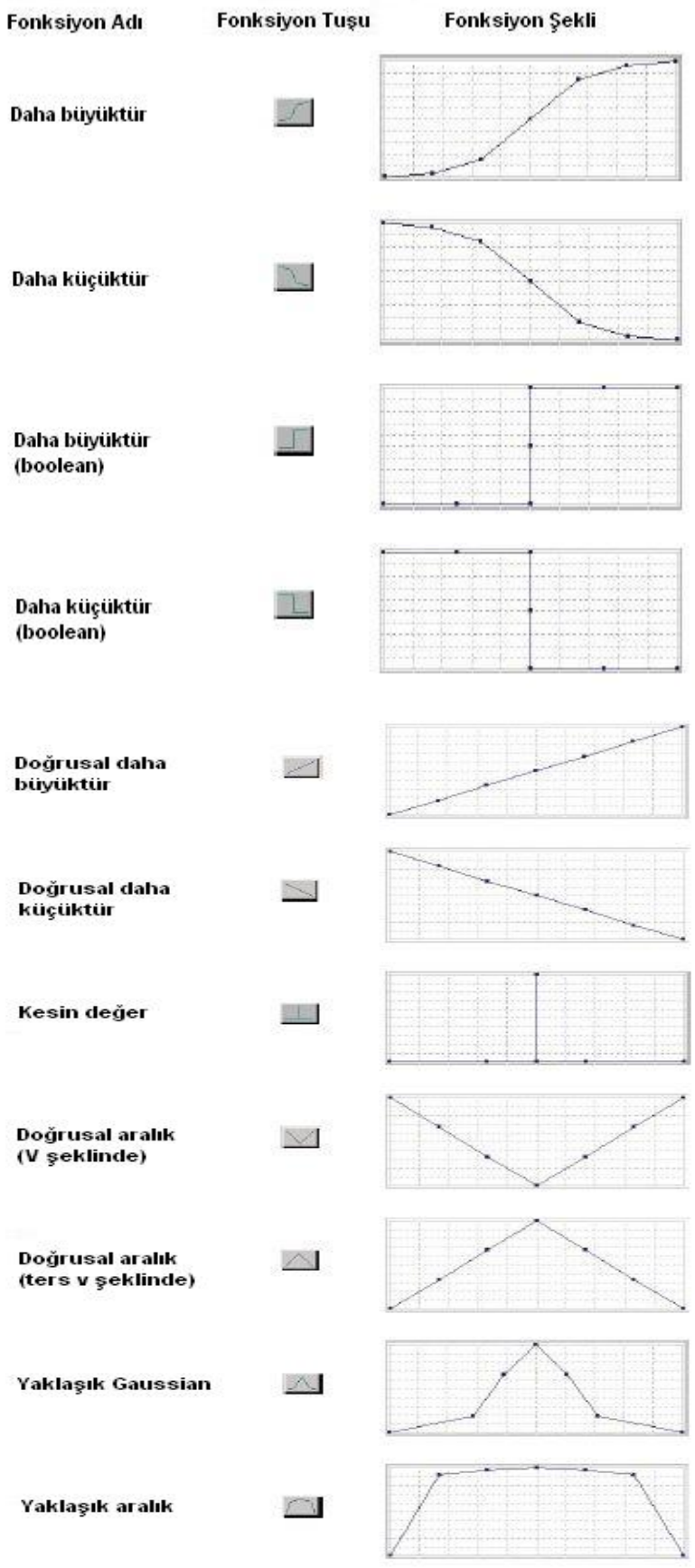
3.4.4 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık, sonucu kesin olmayan olayları hesaplamada kullanılan matematiksel bir yöntemdir. Bulanık mantığın temeli, olaylara doğru anlamına gelen 1 veya yanlış anlamına gelen 0 kesin değerlerini vermektense bu aralığı 0 ile 1 arasında dağıtmaktır.

Bulanık mantık kullanılarak yapılan sınıflandırmalarda üç ana aşama vardır.
İlk aşamada yapılan işlem, sınırları kesin olan sistemden bulanık mantığa geçiş işlemidir. Bu aşamada her özelliğe 0 ile 1 arasında değişen üyelik değerlerinin atanması yapılmaktadır.

İkinci aşamada, kullanılacak olan bulanık mantık kuralı formülize edilir. Bazı durumlarda bir sınıfı tanımlayabilmek için tek bir formül yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda birden fazla formül bir arada kullanılabilir.

Kurallar tanımlandıktan sonra üçüncü ve son aşamada ise tanımlanan kurallara göre objelerin sınıflara atanmaları yapılmaktadır. [25] Kuralların formülize edilmesinde kullanılan fonksiyonlar Şekil 3.2'de verilmişlerdir.



Şekil 3.2 : Kuralların formülüze edilmesinde kullanılan fonksiyonlar [25]

3.4.5 Sınıflandırmada Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, sınıflandırma işleminin doğruluğunu tespit etmek amacıyla sınıflandırma sonuçları ile doğru olarak kabul edilen coğrafi verinin karşılaştırılması işlemidir. Sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesi işleminde, sınıflandırılmış veri ile buna karşı gelen referans veri kullanılarak hata matrisi oluşturulur. Hata matrisi, bilinen referanslar ile bunlara karşılık gelen veriler arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Referans veriler matris sütununda, sınıflandırma sonucu elde edilen sınıflar ise matris satırında yer alır. [20] Hata matrisleri, kappa katsayısı ile istatistik olarak analiz edilebilmektedir. 0 ile 1 arasında değişen bu katsayı, hata matrisinin satır ve sütun toplamları ile köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanmaktadır. [29]

k değeri kappa katsayısını göstermek üzere,

$$k = \frac{P\,\mathrm{o} - P\bullet}{1 - P\bullet} \qquad \textbf{(2.6)}$$

ile hesaplanmaktadır.

$P\,\mathrm{o}$ değeri, hata matrisinin köşegeni üzerindeki elemanların toplamının, her bir satır veya sütundaki elemanların genel toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$P\bullet = \sum P\,a(i)P(i) \qquad \textbf{(2.7)}$$

$P\,a$ değeri, her bir sütun toplamının, tüm sütunlar toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir.

P değeri ise, her bir satır toplamının, tüm satırların toplamına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. [30]

4. RİSK ANALİZİ

4.1 Riskin Tanımı Ve Değerlendirilmesi

Risk, belirli bir zaman aralığında, gelecekte oluşabilecek potansiyel sorun veya tehlikelerden kayba ya da zarara uğrama olasılığıdır. Risk, benzer anlamda olan tehlike ile karıştırılmamalıdır. Tehlike, kurum ya da insanların yaralanması, zarar görmesi veya bunların bileşimi olabilecek zarar potansiyelli bir durumdur. Risk ise belirsizlik olarak ortaya çıkan ve tehlikenin derecesine verilen isimdir. Riskin iki temel bileşeni vardır. Bu bileşenler;

- Oluşma olasılığı ve
- Oluştuğunda nasıl etkileyeceği sorusunun cevabıdır. [31]

Bu çalışmada risk olarak kastedilen olay, boğaz geçişini yapan bir geminin kazaya uğradıktan sonra çevresine zarar vermesi durumudur. İstanbul Boğazı için yapılan çalışmalarda kazaların oluşma olasılığı olarak, 100 bin gemi geçişinde 46 tane çarpışma, 23 tane bindirme veya karaya oturma bulunmuştur. [32] Kazaların oluştuğunda çevresini nasıl etkileyeceği tamamen dinamiktir. Gemiler boğaz geçişleri sırasında, anlık olarak değişebilen akıntılar, rüzgârlar, anaforlar gibi kazaya sebebiyet verebilecek pek çok etkiye maruz kalmaktadırlar. Ayrıca geçen her geminin aynı tonajda olmayacağı ve farklı yükleri taşıdıkları düşünülürse olası bir kazada çevrelerini nasıl etkileyecekleri sorusunun cevabını vermek oldukça güçleşmektedir.

Riski azaltmak için öncelikle yapılması gereken, bir alanı ciddi şekilde tehdit eden tüm tehlikelerin tespit edilmesi ve hangilerinin risk olarak kabul edilebileceğinin belirlenmesidir. Tehlikenin değerlendirilmesinde; hangi tip tehlikelerin, ne sıklık ve şiddette oluşabileceği, toplumun bu tehlikelerden nasıl etkilenebileceği gibi soruların cevapları aranır.

Tehlikelerin değerlendirilmesinde beş adım vardır.

İlk işlem adımı tehlikelerin belirlenmesidir. Tehlikeler belirlenirken, toplumu tehdit eden tehlikelerin listesi oluşturulur. Tehlikeler önce doğal tehlikeler, teknolojik

tehlikeler, sivil ve politik tehlikeler gibi ana gruplara ayrılır. Daha sonra bu ana gruplar, deprem, çığ, erozyon, boğazdan geçen tankerlerin kaza tehlikeleri, nükleer kazalar, terör olayları gibi alt gruplara ayrılırlar.

İkinci adımda her tehlikenin özellikleri belirlenmektedir. Tehlikelerin özellikleri belirlenirken; tehlikenin sıklığı, büyüklüğü, şiddetinin derecesi, etki süresi, etki alanı, oluşma hızı ve önceden bir uyarı verip vermediği gibi bilgiler dikkate alınır.

Üçüncü adımda, ilk iki adımda toplanan bilgiler dâhilinde tehlikenin potansiyel sonuçlarını belirmek için toplum profili çıkarılır. Profil çıkarılırken, tehlike bölgesinin coğrafi özellikleri, mülkiyet bilgileri, altyapı özellikleri ve olası bir durumda müdahale yerleri ve faaliyetleri dikkate alınır.

Dördüncü adımda riskler karşılaştırılarak öncelikli riskler belirlenmektedir. Bu adımda;

- Bir tehlike anında potansiyel olarak risk altında olan nüfus, tesisler ve donanımlar gibi toplum unsurlarının belirlenmesi
- Şiddet derecelerin belirlenmesi
- Risk verilerinin toplumun genel risk profili ile birlikte değerlendirilmesi işlemleri gereklidir.

Risk altındaki unsurlar belirlenirken nüfus yoğunluğu ve hareketleri, topografya ve zemin özellikleri, okullar ve hastaneler gibi yoğun nüfus barındıran yapılar, karakol ve itfaiye binaları gibi önemli binalar, tehlikeli madde üreten ve depolayan yerler, kamu hizmet binaları, önemli tarihi ve kültürel binalar vb. dikkate alınmaktadır.

Tehlikeler vereceği zarara göre derecelendirilmelidir. Şiddet seviyesinin derecelendirilmesine için bir örnek Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Şiddet seviyesinin derecelendirilmesi [33]

Şiddet Seviyesi	Özellikler
Çok büyük	Birden fazla ölüm Tesislerin 30 gün veya daha uzun süre kapalı olması Mülklerin % 50'den fazlasının ciddi zarar görmesi
Kritik	Kalıcı sakatlanmalara neden olan yaralanmalar veya hastalanmalar Kritik tesislerin en az 2 hafta kapalı olması Mülklerin % 25'den fazlasının ciddi hasar görmesi
Sınırlı	Kalıcı sakatlık olmayan yaralanma ve hastalanmalar Kritik tesislerin 1 haftadan daha uzun süre kapalı olması Mülklerin %10'dan fazlasının ciddi zarar görmesi İlkyardım ile tedavi edilebilen yaralanma ve hastalanmalar
İhmal Edilebilir	Yaşam kalitesine minumum etki Kritik tesislerin 24 saat veya daha az kapalı kalması Mülklerin %10'dan daha azının ciddi zarar görmesi

Değerlendirmesinin beşinci ve son adımında ise kabul edilen riskler için en kötü durum senaryoları hazırlanır. Senaryoların hazırlanmasındaki amaç acil durum planlarının hazırlanması ve eldeki kaynakların yeterliliğinin araştırılmasıdır. Bu adımda alınan önlemler zararın azaltılmasına yönelik çalışmalarda büyük önem taşımaktadır. [33]

4.2 Risk Analizi

Risk analizi tehlike olasılığının belirlenmesi ve sonuçlarının modellenmesi için yapılan analizdir. İki temel risk analizi yöntemi vardır. Bunlar nicel (quantitative) ve nitel (qualitative) yöntemlerdir.

Nicel risk analizinde risk hesaplanırken sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Nicel yöntemde, tehlikenin olasılığı, şiddeti gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel yöntemler ile işleme sokulur.

Kullanılan temel formül; Risk = Tehdidin olma olasılığı X tehdidin etkisidir. Bu formülde olma olasılığına ve tehdidin etkisine değerler verilerek işleme sokulur. Çarpım sonucu ne kadar fazla ise, risk o kadar yüksektir.

Diğer risk analizi yöntemi ise nitel risk analizidir. Nitel risk analizi ile risk hesaplanırken nicel yöntemde kullanılan sayısal değerler yerine, yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanılmaktadır. Ayrıca nitel risk analizinde, tehdidin olma

ihtimali kullanılmamakta, sadece riskin etki değeri dikkate alınmaktadır. [34]**.** Örnek risk indeks tablosu, Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Örnek risk indeksi [35]

RİSK İNDEKS TABLOSU						
Tehlike	Sıklık	Büyüklük	Uyarı Zamanı	Şiddet	Planlama Değerlendirmeleri	Risk Önceliği
	Oldukça sık	Yıkıcı	Minimum	Yıkıcı		
	Sık	Kritik	6-12 saat	Kritik		
	Seyrek	Sınırlı	12-24 saat	Sınırlı		
	Nadiren	İhmal Edilebilir	24 saat ve üstü	İhmal Edilebilir		

Belirlenen tehlikelerin, sıklık, büyüklük, uyarı zamanı ve şiddeti sözel olarak tanımlanarak risk önceliği yüksek, orta ve düşük olarak değerlendirilir.

4.3 Risk Analizi Yöntemi

Tehlikeler ve olasılıkları belirlendikten sonra riskin modellenmesi gerekmektedir. Oluşturulan model olayları anlayabilme ve sonuçlarını tahmin edebilmeye yardımcı olacaktır. Model oluştururken aşağıda verilen işlem adımları takip edilir.

1. Adım: Çalışmanın amacının belirlenmesi.

Riskin tanımlanması.

2. Adım: Riskin detaylandırılması

Amaca ulaştıracak hedeflerin ve özniteliklerin

belirlenmesi ve ilişkilendirilmeleri.

3. Adım: Kullanılacak verilere karar verilmesi ve veri toplama/üretme yöntemlerinin

belirlenmesi.

4. Adım: Eldeki verilerden amaca yönelik yeni veri setlerinin üretilmesi.

5. Adım: Veri setlerinin yeniden sınıflandırılması.

Farklı birimlerde olan verilerin ortak birime getirilmesi

ve faktörlerinin belirlenmesi.

6. Adım: Analizin gerçekleştirilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi.

Ağırlıklandırma ve veri setlerin birleştirilmesi.

Sonuçların kontrolü, değişecek veriler varsa belirlenmesi. [36]

İşlemlere başlarken öncelikli olarak çalışmanın amacının ve analiz edilecek riskin belirlenmesi gerekmektedir. Risk oluşturan parametreler detaylandırıldıktan sonra kullanılacak olan verilere karar verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, uygulama bölümündeki modelleme için Arc GIS yazılımı içinde yer alan Spatial Analysis modülü kullanılmıştır. Modül, uygulamada piksel değerlerini esas alarak işlem yaptığı için kullanılacak verilerin raster formatında olması gerekmektedir. Raster haline getirilen verilerden, modül içindeki uygun işlemler ile veri setleri üretilmektedir. Veri setlerinin birimleri uzunluk, derece gibi birbirinden farklı birimlerde olabileceğinden yeniden sınıflandırma işlemi ile tüm veri setlerinin birimi aynı hale getirilmekte ve verilere piksel faktör değerleri atanmaktadır. Piksellere, faktörlerin atanmasındaki amaç, her pikselin aynı oranda sonuca etki etmemesidir. Örneğin kritik tesislerden olan hastaneler noktasal veri olarak düşünülürse, her hastaneye karşı gelen noktanın çevresindeki pikseller doğal olarak nokta merkezine daha yakın olacaktır. Eğer hastanelere uzaklık, analiz sırasında önemli bir parametre olarak alınacak ise, hastane merkezlerine yakın pikseller düşük faktörlü (1,2,3..gibi), uzak pikseller ise daha yüksek piksel faktörlü (10,9,8..gibi) olmalıdırlar. Tüm veriler için piksel faktörleri girildikten sonra, karşılaştırma matrisi oluşturulur ve riski oluşturan maddelerin birbirleriyle olan ilişkileri ağırlıklandırılmaktadır.

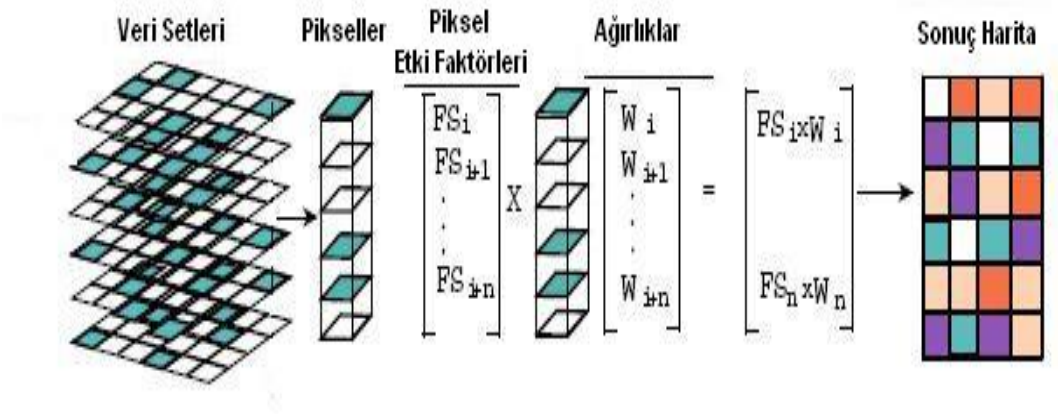
Karşılaştırma matrisi, riski belirleyen faktörlerin birbirlerine göre öneminin gösterildikleri köşegen bir matristir. Tablo 4.3'te karşılaştırma matrisi örneği verilmiştir.

Tablo 4.3: Karşılaştırma matrisi örneği [37]

	Eğitim	Hane Halkı	Güvenlik	İş Gücü	Nüfus Yoğ.
Eğitim	1	4	3	1	6
Hane Halkı		1	0,5	0,25	3
Güvenlik			1	0,33	5
İş Gücü				1	6
Nüfus Yoğ.					1

Matristeki kullanılan değerler eşit, önemli, çok önemli gibi anlamlara gelmektedir. Bu değerler, analizci tarafından parametrelerin birbirlerine göre olan önemini vurgulamakta kullanılır. Matris okunurken satırlardan okunmaya başlanmalı, satır ve sütunların kesişimi dikkate alınmalıdır. Örneğin Tablo 4.3'te hane halkının önemi çalışmada nüfus yoğunluğuna göre 3 kat iken, iş gücüne önemi 0,25 kattır. Yani iş gücü çalışmada hane halkının 4 katı önemlidir. Parametrelerin kendi içlerinde ağırlıklandırıldıktan sonra sütun toplamları bulunmuştur. Sütunlardaki her bir değer sütun toplamlarına bölünerek normalize edilmiş karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Normalize edilmiş matrsite her bir parametre için satır ortalaması alınarak o parametrenin sonuca hangi değer ile etkiyeceği belirlenmiştir. [37]

Uygulamada ağırlıklandırmalar bulunduktan sonra piksel faktörleri atanmış veri setleri, bu parametrelerin ağırlıkları ile çarpılmış ve sonuçlar toplanarak risk haritası üretilmiştir.
Sonuç haritasının üretilmesinin şematik gösterimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Risk haritasının üretilmesinin şematik gösterimi [38'den düzenlenmiştir]

5. UYGULAMA

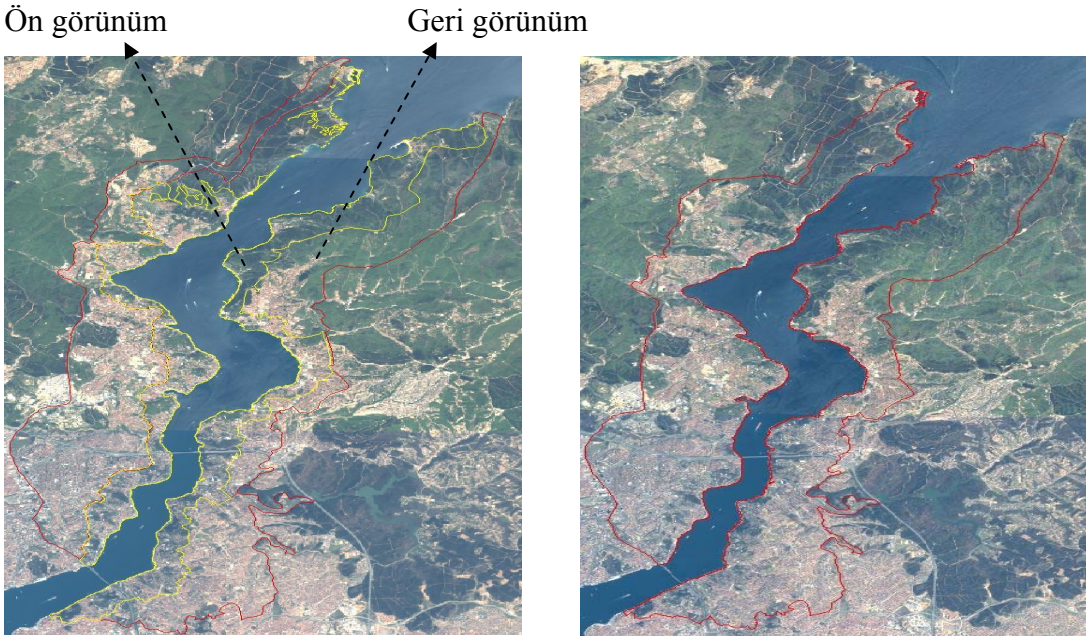
5. 1 Çalışma Alanı

Boğazlardan gemi geçişleri sürekli olarak artmaktadır. 2006 yılı verileri dikkate alındığında İstanbul Boğazı'ndan geçen her beş gemiden birinin tehlikeli yük taşıdığı görülmektedir. Boğazdaki topografik yapı, hakim hava koşulları, akıntılar ve anoforlar iki yaka arasındaki yoğun trafik göz önüne alındığında olası bir kaza riski artmaktadır. Çalışmada olası bir kazanın, kara üzerinde risk altında bırakacağı alanlar tespit edilmeye çalışılacağından, çalışma alanı belirlenirken, boğazın her iki yakasındaki yerleşimlerin sınırları incelenmiştir. İnceleme sonunda özellikle Avrupa yakasındaki yerleşimin sınırlarının boğaz ön-geri görünüm sınırlarına çok yakın olduğu görülmüştür. Çıkan sonuçların daha önceden belirlenmiş sınırlar dahilinde değerlendirilebilmesi adına, İstanbul için önem taşıyan boğaz ön-geri görünüm bölgesi alınmıştır.

Çalışma alanı resmi sınırları temin edildiğinde boğazın kuzey kısmında ön ve geri görünüm sınırları arasında küçük bir alanın vektör verisinin eksik olduğu tespit edilmiştir. Bu alan kıyı çizgisinden sayısallaştırılarak geri görünüm ile birleştirilmiş ve çalışma alanı içine dâhil edilmiştir.

Ön görünüm bölgesi, boğazdan geçişini yapan gemiden bakan bir kişinin görüş alanı içinde kalan bölge, geri görünüm bölgesi ise, ön görünüm bölgesinin bitiminden başlayıp arazi yüzeyi takip edildiğinde ulaşılan en yüksek yere kadar olan alan olarak tanımlanabilir. Kısaca geri görünüm, ön görünüm bölgesinin bitiminden bakan birinin görebildiği alandır.

Şekil 5.1'de resmi ön-geri görünüm sınırları ile düzenlenmiş çalışma alanı sınırları verilmiştir. Şekilde sarı çizgiler ile gösterilmiş alan içinde kalan bölge ön görünüm bölgesini, hemen bitiminden başlayan kırmızı çizgiler ile çevrilmiş olan alan içinde kalan yer ise boğaz geri görünüm bölgesidir.



Şekil 5.1 : Ön-geri görünüm bölgeleri ve çalışma alanı

5.2 Kullanılan Veriler

Günümüzde uydu görüntüleri sağladığı imkânlardan dolayı birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Geniş alanları tek seferde görebilme, yüksek konumsal doğruluk ve çözünürlük özellikleri sayesinde uydu görüntüleri risk analizleri için hem görsel olarak hem de altlık veri olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada uydu görüntüleri, arazi örtüsünün çıkarılmasında ve sayısal yükseklik modeli ile beraber çalışma alanının 3 boyutlu olarak algılanmasında kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli, vektör ve demografik veriler çalışmada kullanılan diğer verilerdir.

5.2.1 Uydu Görüntüleri

Risk analizi çalışmaları, arazi örtüsü hakkında detaylı ve güncel bilgilere ihtiyaç duyduğundan uydu görüntüleri bu tür çalışmalarda önemli bir veri kaynağıdır. Yapılacak olan analizin amacı dikkate alınarak, uydu görüntüsünün seçimi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, arazi kullanım sınıfları, riskli yerlerin bulunmasına etki eden parametreler içinde önemli yer tuttuğundan detaylı arazi kullanım bilgisine gereksinim duyulmuş ve Ikonos uydu görüntüsü kullanılmıştır.

Ikonos uydusu, pankromatik (1m yersel çözünürlük) veya multispektral (4m yersel çözünürlük) olarak algılama yapabilen uydudur. Radyometrik çözünürlüğü 11 bittir.

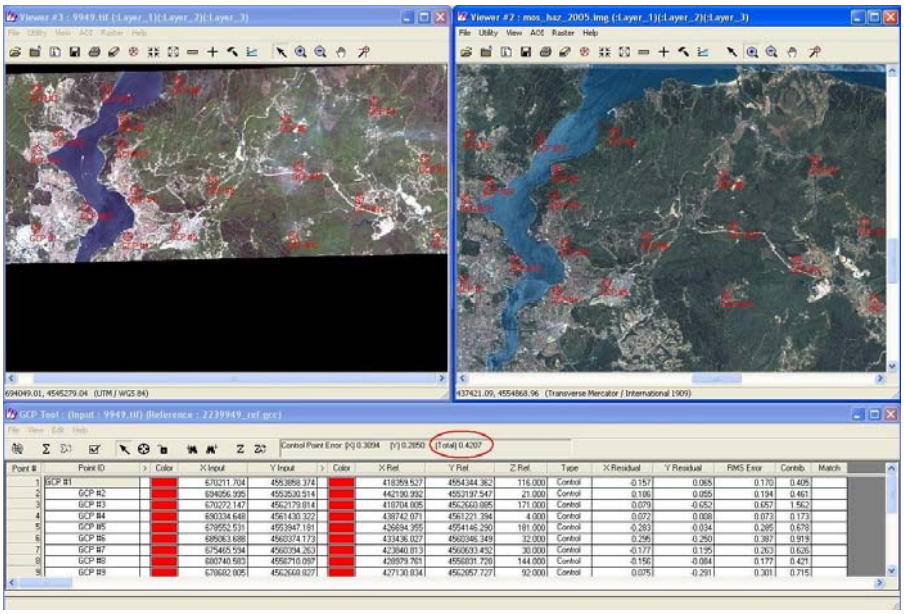
Multispektral olarak mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarda algılama yapabilmektedir. Zamansal çözünürlüğü 1–3 gün arasında değişmektedir.
Kullanılacak olan po_2239943 ve po_2239949 po id'li görüntüler 28.03.2006 tarihli, po_2239957 poid'si 27.04.2006 tarihlidir. Yersel çözünürlükleri 4m'dir. Görüntülerin geometrik dönüşümleri için referans olarak, 2005 yılına ait 1m yersel çözünürlüklü, pan-sharpened, Ed 50 datumlu, Ikonos görüntüsü kullanılmıştır.

Geometrik dönüşüm sırasında, çalışma görüntüsü ile referans görüntüsünde kolaylıkla görülebilecek yerlerden kontrol noktaları seçilmiştir. Seçilen yer kontrol noktalarına ait bir örnek Şekil 5.2'de verilmiştir. Soldaki görüntü dönüşümü yapılacak olan görüntü, sağdaki görüntü referans görüntüsüdür.



Şekil 5.2 : Yer kontrol noktalarının seçimi

Yer kontrol noktaları seçilirken, noktalar görüntüler üzerinde homojen olarak dağıtılmıştır. Dönüşümde karesel ortalama hatanın 1 pikseli geçmemesine özen gösterilmiştir. İşlemler sırasında Erdas Imagine 8.7 yazılımı kullanılmıştır. Yer kontrol noktalarının dağılımı ve karesel ortalama hataya ait bir örnek Şekil 5. 3'te verilmiştir.



Şekil 5. 3 : Yer kontrol noktalarının dağılımı ve karesel ortalama

Üç görüntüye ait yer kontrol noktaları sayısı ve dönüşümlerin karesel ortalama hataları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5. 1: Yer kontrol noktaları sayıları ve karesel ortalama hataları

POID	Yer Kontrol Nokta Sayısı	Karesel Ort. Hata (RMS)
po_2239943	14	0.56
po_2239949	20	0.42
po_2239957	18	0.35

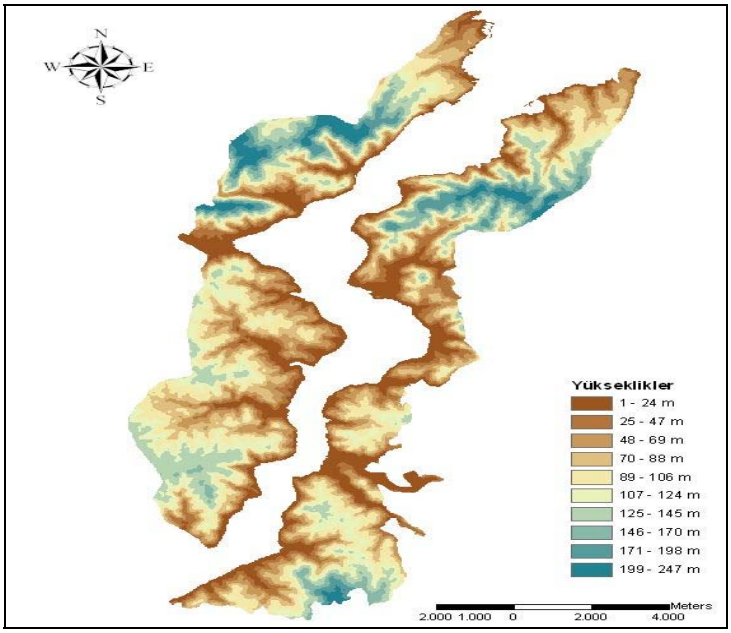
Dönüşüm için uygun nokta dağılımı ve karesel ortalama hata değerleri sağlandıktan sonra Bölüm 2.2'de belirtildiği üzere, piksellerin orijinal değerlerini bozmadığı göz önüne alınarak en yakın komşuluk yöntemiyle yeniden örneklemeleri yapılmıştır.
Geometrik dönüşümleri tamamlanan görüntüler, daha sonra kontrol olarak referans görüntü üzerinde açılarak yolların birbiriyle örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Kontrol işlemlerinden sonra üç görüntü mozaiklenerek çalışma alanı sınırlarından kesilip sınıflandırmaya hazır hale getirilmiştir.
Şekil 5.4'te çalışma alanı sınırlarından kesilmiş görüntü verilmiştir.



Şekil 5. 4 : Çalışma alanı sınırlarından kesilmiş görüntü

5.2.2 Sayısal Yükseklik Modeli

Çalışma alanının üç boyutlu olarak yorumlanabilmesi için yükseklik verisine ihtiyaç duyulmuştur. Yükseklik verisi olarak, SPOT uydusundan üretilmiş 20 m grid aralıklı sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Yükseklik modeli ayrıca kazadan etkilenecek yerlerin araştırılmasında eğim önemli olabileceğinden, risk analizi işlemleri sırasında kullanmak üzere eğim veri setinin üretilmesinde de kullanılmıştır. Şekil 5.5'te çalışmada kullanılan yükseklik modeli verilmiştir.



Şekil 5. 5 : Kullanılacak olan yükseklik modeli

5.2.3 Vektör Veriler

Sınıflandırma işlemine geçmeden önce çalışma alanına ait 1m çözünürlüklü görüntü aracılığıyla çıkarılabilecek sınıflar tespit edilmeye çalışılmıştır. Tespit sırasında çalışma alanında, farklı özelliklere sahip çatı tipleri ve yol türleri olduğu görülmüştür. Kullanılacak görüntülerdeki detay fazlalılığının, daha önceki Ikonos görüntülerini sınıflandırma tecrübeleri düşünüldüğünde, benzer özellikler gösteren sınıflar arasında karışmalara sebep olabileceği göz önüne alınarak, sınıflandırma doğruluğunu arttırmak için maskelemede kullanılmak üzere bina vektör verisine ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 5.6).



Şekil 5. 6 : Tespit edilen değişik çatı tiplerine birkaç örnek

Binaların maskelenmesinde kullanılmak üzere, 2005 yılında İBB Harita Müdürlüğü tarafından üretilmiş, 1/5000 ölçeğindeki hali hazır haritalardan bina tabakaları alınmıştır. Binaların güncelliğini sağlamak için bina tabakası görüntü üzerine açılarak eksik olan binaların uydu görüntüleri üzerinden güncelleştirilmeleri yapılmış ve sınıflandırmada kullanılacak hale getirilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : Binaların maskelenmesinde kullanılacak olan vektör veri

Çalışma alanında yine farklı tür ve genişliklerde yollar olduğundan çalışma alanında yol sınıfı için ön sınıflandırma yapılmış ve yol verileri üretilmiştir. Üretilen veri yakından incelendiğinde yollarda veri sürekliliğinin sağlanamadığı görülmüştür.

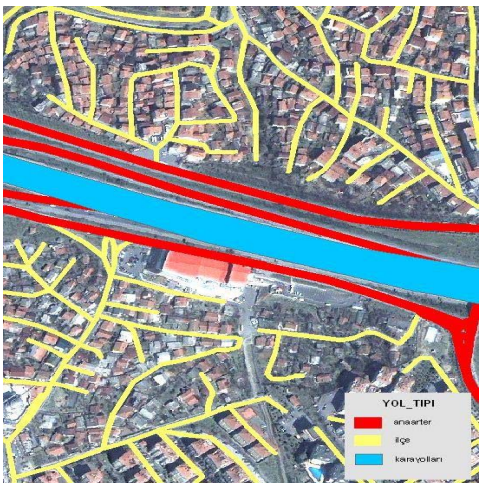
Bu amaçla İBB Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan yol aks'larını gösteren vektör veri temin edilmiştir. Gelen verideki yol türleri ve genişlikleri, 1m çözünürlüklü görüntü üzerinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda yollarda standart genişlik olmadığı görülmüş ve görüntü üzerinden ölçüler alınarak yol akslarına ortalama genişlikler verilerek tampon (buffer) oluşturulmuştur.

Vektör verilerin düzenlenmesi sırasında Arc Gis 9.1 yazılımı kullanılmıştır.

Şekil 5. 8'de temin edilen yol aksları verisi, Şekil 5. 9'da ise tampon atılmış yok aksları gösterilmiştir. Şekillerde mavi renk karayolunu, kırmızı renk ana arter ve bağlantı yollarını, sarı renk ise ilçe yollarını göstermektedir.



Şekil 5.8 : Yol aksları



Şekil 5.9 : Tampon atılmış yol aksları

Yol ve bina vektörleri düzenlendikten sonra CBS ortamında analizlerde kullanmak üzere, Türkiye Afet Bilgi Sistemi (TABİS) obje katalogunda yer alan kritik tesislere ait öznitelik ve vektör verileri temin edilmiştir .
Çalışma alanında verisi temin edilebilen kritik tesisler Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5. 2: TABİS obje kataloğunda yer alan kritik tesis örnekleri [39]

Kritik Tesis	Sayısı
Hastane	8
Diğer Sağlık Kurumu (Hızır acil, sağlık ocakları, tıp merkezi, dispanserler, poliklinikler)	32
Eczane	217
İtfaiye	5
Belediye Binaları	9
Market	580
Su Deposu (Hamidiye)	5
Okul (ilk-orta-yüksek öğretim)	182
İbadethane (cami, mescit, kilise, sinegog)	242

Kritik tesisler incelendiğinde, insanların toplu olarak bulunduğu okulların ve ibadethanelerin sayısının fazla olduğu görülmüştür. Bu kritik tesisler, insanların bulunduğu bir zamanda, olası bir tanker kazasının etki alanı içinde kaldığı düşünüldüğünde can kayıplarının artması muhtemeldir.

5.2.4 Sözel Veriler

Demografik veri olarak ön-geri görünüm sınırları içinde kalan mahalle ve köylerin nüfus verisi kullanılmıştır. Sınırları çalışma alanı dışına taşan mahalle ve köylerden çalışma alanı içine giren kısımları alınmıştır. Temin edilen nüfus verileri mahalle ve köy sınırlarına göre olduğundan kesilen alanlara denk gelen nüfusun hesaplanması gerekmiştir. Hesaplamalar için mahalle ve köylerin gerçek alan değerleri, nüfus verisi ve çalışma bölgesi içinde kalan alanları arasında enterpolasyon yapılmıştır.

Risk analizi sırasında nüfusla ilişkili olan bina sayısının kullanılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, mahalle ve köylerin çalışma alanı içinde kalan kısımlarında yer alan binaların sayıları tespit edilmiştir.
Tablo 5.3'te mahalle ve köylere ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 5.3: Mahalle ve köylere ait alan, nüfus ve bina sayıları

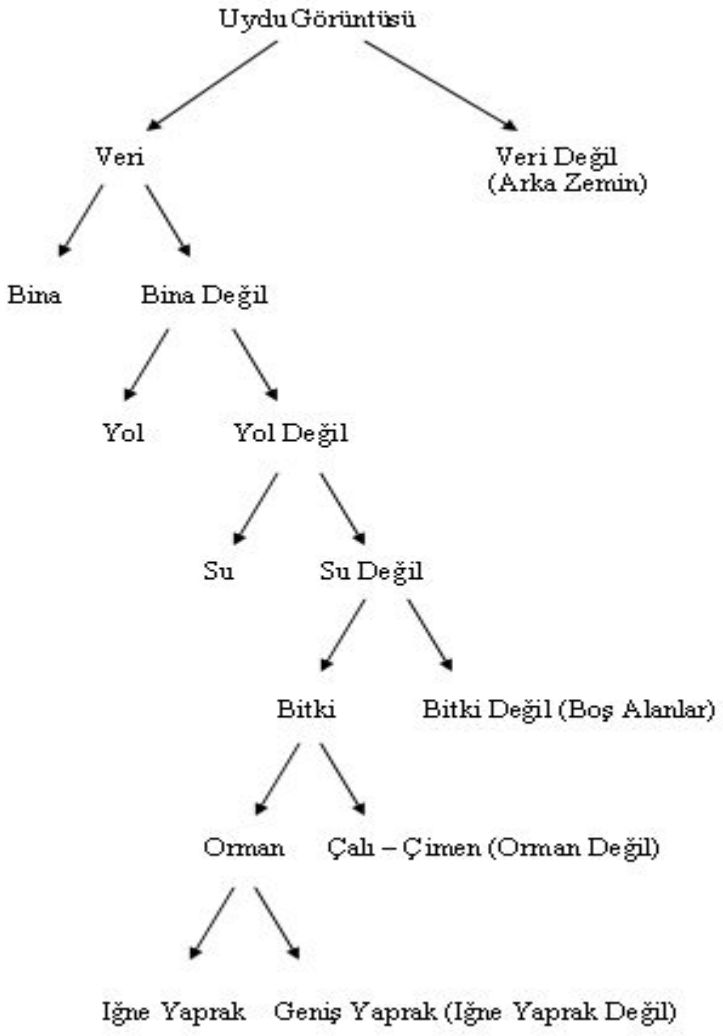
	Mahalle-Köy	Alanı km^2	Nüfusu	Bina Sayısı
1	Garipçe	3,91	333	166
2	Rumeli Feneri	3,49	631	522
3	Zekeriyaköy	2,33	1467	727
4	R.kavağı	4,49	4184	884
5	Yeni Mahalle	0,58	3632	743
6	Merkez-maden	4,90	12475	5860
7	Kocatas	0,45	3893	962
8	Büyükdere	1,18	9386	1928
9	Cayırbaşı	0,48	4966	969
10	PTT Evleri	0,56	560	440
11	Cumhuriyet	1,15	10635	1553
12	Kireçburnu	0,62	6591	948
13	Tarabya-F.evler	3,71	29363	4370
14	Camlitepe	1,42	12830	832
15	D.Şafaka-İstinye	3,07	15946	2494
16	Yeniköy	2,02	14442	2263
17	Poligon	0,67	5260	665
18	Pınar	0,89	9896	1487
19	Emirgan	1,26	8162	1382
20	Baltalimanı	0,79	6502	1133
21	Reşitpaşa	2,79	14580	2389
22	Rumelihisarı	1,07	10171	1354
23	F.Sultan Mehmet	1,07	13082	2756
24	Konaklar	2,61	17033	724
25	Levent	1,08	3352	1425
26	Akatlar	1,51	17106	1322
27	Etiler	1,22	11559	915
28	Bebek	1,22	6207	999
29	Kültür	0,74	4686	517
30	Nispetiye	1,04	12823	665
31	Arnavutkoy	0,41	5068	958
32	Levazım	0,76	5493	328
33	Ulus	0,59	6439	563
34	Kuruçeşme	1,01	3611	841
35	Ortaköy	0,57	6491	519
36	A.feneri	2,37	143	64
37	Poyraz	8,53	1060	369
38	Akbaba	2,10	1112	77
39	And. Kavağı	5,24	2675	578
40	Tokatköy	4,00	13728	2941
41	Camlıbahçe	0,50	5834	1053
42	Ortaceşme	0,83	7220	1519
43	Yalıköy	1,01	5678	1490
44	Merkez	1,51	5738	1235
45	Gümüşsuyu	1,04	3404	1756

46	İncirkoy	1,11	9320	2749
47	Paşabahçe	0,56	5605	851
48	Çiğdem	0,89	11537	1929
49	Soğuksu	0,07	157	222
50	Çubuklu	1,66	13478	2439
51	Kanlıca	1,32	4265	1030
52	Kavacık	1,35	14180	1811
53	And. Hisarı	0,99	2525	1060
54	Göksu	0,73	2805	966
55	Göztepe	0,91	1530	512
56	Yeni Mahalle	0,93	6298	1878
57	Kandilli	0,96	1194	618
58	Küçüksu	1,01	6499	995
59	Bahçelievler	3,00	28119	3991
60	Vaniköy	0,39	669	176
61	Emek	0,14	1001	250
62	Kuleli	1,13	8092	1091
63	Havuzbaşı	0,89	6291	928
64	Güzeltepe	0,51	7737	863
65	Yavuztürk	1,74	25990	3313
66	Hasippasa	0,44	3518	540
67	M.Akif Ersoy	0,52	9657	1093
68	Kirazlıtepe	0,57	11295	1445
69	Ferah	0,42	4239	322
70	Küplüce	1,19	16333	1912
71	Beylerbeyi	0,41	2450	456
72	Abdullah Ağa	1,11	2711	317
73	Burhaniye	0,98	6268	1062
74	Emniyet	0,56	6170	900
75	Kuzguncuk	0,62	4972	1068
76	Hacı Hesna Hatun	0,21	2838	91
77	İcadiye	0,16	6356	400
78	Hekimbaşı	0,17	886	59

5.3 Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemine tespit edilecek olan sınıfların belirlenmesi ile başlanmıştır. Tespit edilen sınıflar şunlardır; bina sınıfı, yol sınıfı, havuz, deniz ve göletlerin içinde bulunduğu su sınıfı, iğne ve geniş yapraklı olmak üzere iki orman sınıfı, çalı-çimen sınıfı ve görüntüde bunlar dışında kalanların yer aldığı boş alan sınıflarının çıkarılmasına karar verilmiştir. Sınıfların düzgün bir şekilde çıkarılabilmesi için Bölüm 5.2.3'te belirtildiği üzere, bina ve yollar için vektör verilerin maskeleme olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

Sınıflandırma işleminde sınıfların hangi sırada tespit edileceğine dair izlenecek yol Şekil 5.10'da verildiği gibi olacaktır.



Şekil 5.10 : Sınıfların çıkarılmasında izlenecek yol

İzlenecek yol kısaca şöyle açıklanabilir. Uydu görüntüsü öncelikle veri içeren kısım ve veri içermeyen arka zemin olarak iki kısma ayrılmıştır. Veri kısmı bina vektörü ile maskelenerek bina sınıfı elde edilmiştir. Binalar çıkarıldıktan sonra verinin kalan kısmı (bina değil) yol vektörü ile maskelenerek yol sınıfı çıkarılmıştır. Yol sınıfından geriye kalan veriden (yol değil), havuzları, denizi ve göletleri içeren su tabakası, uygun bulanık mantık fonksiyonu tespit edilerek elde edilmiştir. Su tabakasından sonra kalan veride (su değil) bitki indeksi uygulanacak ve bitki sınıfı ile boş alanların (bitki değil) ayrımı yapılmıştır. Daha sonra bitki sınıfı, uygun bulanık mantık kuralları ile orman ve çalı-çimen alt sınıflarına ayrılmıştır. En son olarak orman sınıfı

kendi içinde iğne ve geniş yapraklı olmak üzere iki alt sınıfa ayrılarak detaylandırılmıştır.

Sınıflandırmaya başlanmadan önce görüntülerin farklı tarihlerde olmasından dolayı yansıtım değerlerindeki farkların uygun bulanık mantık kurallarını tanımlarken zorluk çıkaracağı düşünülerek, çalışma alanı önce Asya ve Avrupa olmak üzere iki parçaya, daha sonra bu iki parçada yol çizgileri dikkate alınarak kendi içlerinde iki parçaya bölünmüşlerdir. Şekil 5.11'de verilen sınıfların tespitine ait işlem sistematiği bu dört parça için uygulanacaktır.



Şekil 5.11 : Dört parçaya bölünmüş çalışma alanı

Görüntüler hazırlandıktan sonra arazi kullanım sınıfları çıkarılmaya başlanmıştır. Sınıflandırmada genelden özele gidileceği için segmentasyon işlemlerinde büyük ölçek parametresinden başlanarak önce genel sınıflar, diğer segmentasyonlarda ölçek parametri küçültülerek kalan sınıflar elde edilecektir. Sınıfların çıkarılmasında kullanılacak olan bulanık mantık fonksiyonları e-cognition yazılımı içindeki standart fonksiyonlardır. Program fonksiyonlarına ek olarak bitki sınıfının tespitini kolaylaştırmak amacıyla NDVI fonksiyonu özel olarak eklenmiştir.

Uygulamada, obje tabanlı sınıflandırmanın çok ölçekli segmentasyon yapılabilme özelliğinden yararlanılarak üç farklı ölçek parametresi için segmentasyon yapılacaktır. Sınıfların tespitinde kullanılacak olan fonksiyonlar ve uygun değerleri Şekil 5.11'de gösterilen parçalardan Avrupa yakası üst parçası için geçerlidir. Diğer parçalarda sınıf tanımları için aynı fonksiyonlar kullanılmıştır. Fakat fonksiyonlara verilen değerler örneklerdekilerden farklı olabilmektedir.

Sınıflandırma işlemine, ölçek parametresi (scale parameter) olarak 50, şekil (shape) ve sıklık (compactness) özellikleri için 0,5 değeri başlanmıştır. Girilen bu değer kullanıcının görüntü üzerindeki objeleri ayırt edebilmesine göre seçilmiştir ve kullanıcıdan kullanıcıya farklılıklar gösterebilir.

Şekil 5.12'de girilen parametrelerle yapılan işlem sonucu görülmektedir. Sol taraftaki görüntü 50 ölçek parametresine göre yapılan segmentasyonu, sağdaki görüntü ise seçili objenin karşı geldiği alanı göstermektedir.

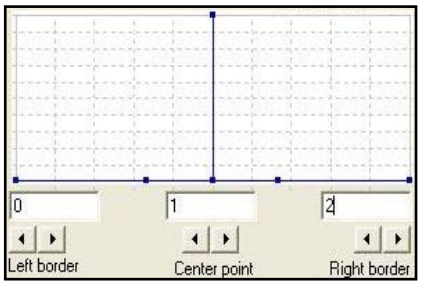


Şekil 5.12 : Birinci segmentasyon. Mavi çizgiler ayrılan segmentleri göstermektedir.

Segmentasyon yapıldıktan sonra ilk aşamada, sınıflandırma sonucunun her segmentasyon değeri için görüntülenebilmesi ve sınıf hiyerarşisini tanımlayabilmek amacıyla, seviye 1 (level 1) oluşturulmuştur. 1. aşamada tespit edilecek olan sınıflar bu seviyenin altına konularak, sonuçları kontrol edilecek, sonuçlardan emin

olunduktan sonra daha küçük ölçek parametresinde yapılacak olan diğer segmentasyonlara geçilecektir.

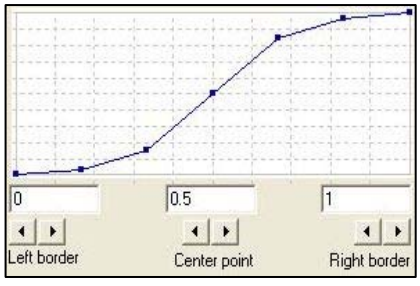
Seviyeleri tanımlamak için kullanılan fonksiyon, yazılımda hierarchy içinde yer alan level fonksiyonudur. Fonksiyonlara uygun değerler girilirken dikkat edilmesi gereken nokta, işlemlerde merkez noktaya girilen değerin kullanıldığıdır. Bu fonksiyonda seviye 1 olduğu için, sol ve sağ sınır değerleri merkez noktası 1 olacak şekilde keyfi olarak seçilmiştir. Kullanılan fonksiyon Şekil 5.13'te verilmiştir.



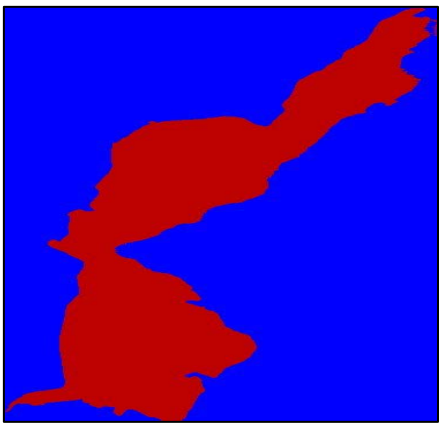
Şekil 5.13 : Seviye 1'in tanımında kullanılan fonksiyon ve değerleri

Uydu görüntüsünde veri ve arka zemin (background) ayırımı yapılarak sınıflandırmaya başlanmıştır. Ayırım yapılırken arka zeminin herhangi bir sayısal değer barındırmamasından (tüm değerleri 0) yararlanılmıştır. 1. seviye sonunda görüntüde veri – arka zemin ayrımı yapılmış ve bina, yol ve bu iki sınıf dışında kalan alanlar tespit edilmiş olunacaktır.

Mean1 görüntüsünde daha büyüktür fonksiyonu ile 0'dan büyük olan değerler alınarak veri kısmı seçilmiş, seçilen verinin ters fonksiyonu alınarak, arka zemin ayrımı (veri değil) bulunmuştur. Burada merkez noktaya girilen 0,5 değeri kullanıcıya göre farklılık gösterebilir. İşlem için kullanılan daha büyüktür fonksiyonu şekil 5.14'te gösterilmiştir.

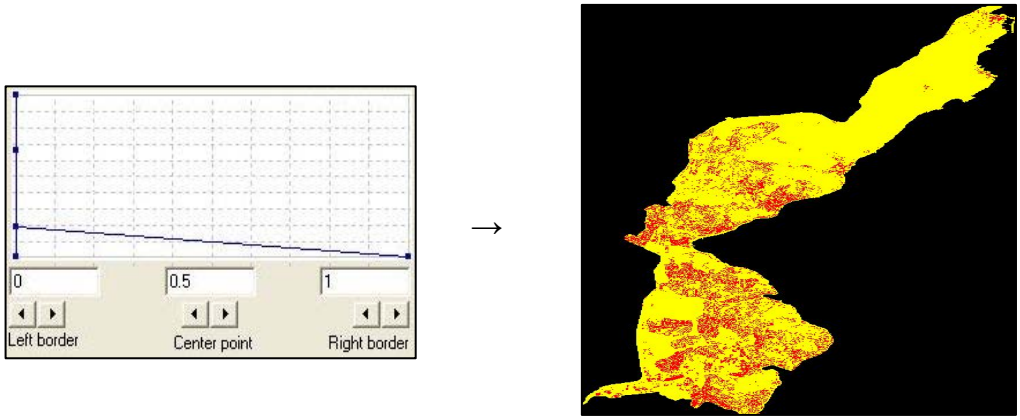


→



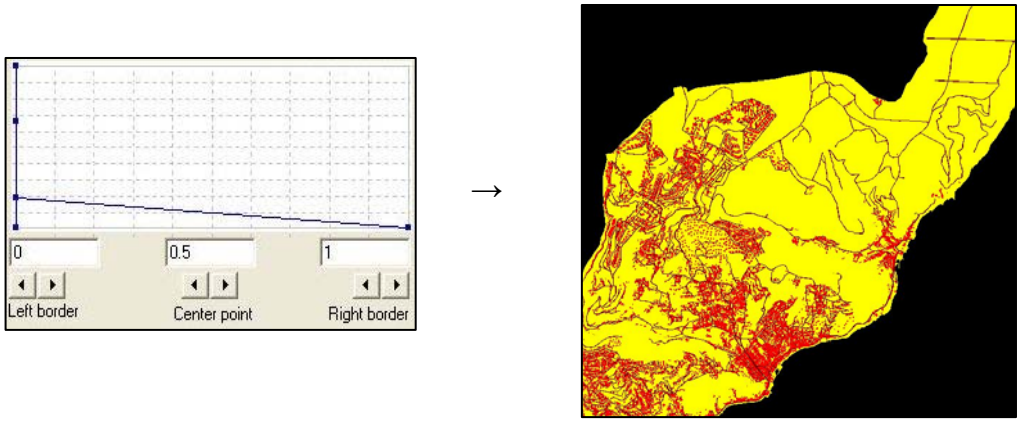
Şekil 5.14 : Veri ile arka zemin ayrımında kullanılan fonksiyon ve sonucu

Veri kısmı ayrıldıktan sonra vektör veriler bölümünde bahsedilen bina tabakası sınıflandırma işlemine sokulmuştur. Bina verisinin öznitelik bilgisine sahip olmasından dolayı fonksiyon olarak tematik özellikleri içinde barındıran Object ID özelliği kullanılmıştır. Daha sonra çıkan sınıfın tersi alınarak bina -bina değil ayrımı yapılmıştır. İşlem sırasında kullanılan fonksiyon ve sonucu aşağıda verilmiştir. Şekil 5.15'te kullanılan fonksiyon ve değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.15 : Bina – bina değil ayırımında kullanılan fonksiyon ve sonuçları

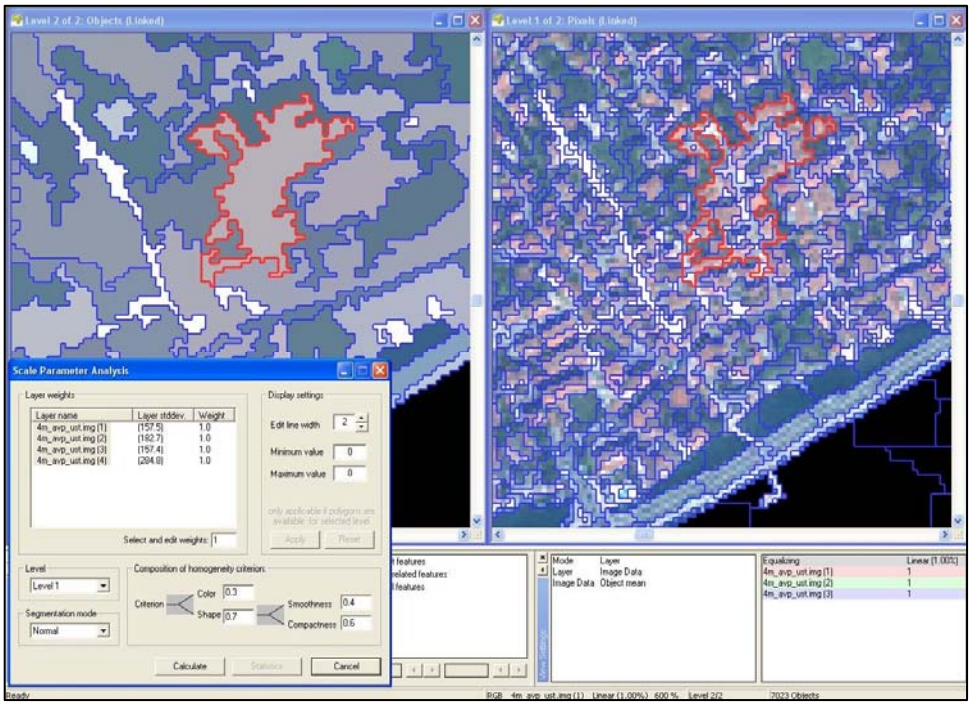
Bina sınıfı çıkarıldıktan sonra, yollar için de aynı mantıkla düşünülmüş bu kez Id özelliği kullanılarak yol sınıfı çıkarılmıştır. Yollar tespit edildikten sonra, değil fonksiyonu ile yolların tersi alınarak Şekil 5.16'teki sonuçlar bulunmuştur. Sonuçtaki sarı kısımlar, bina ve yol sınıfı haricinde geriye kalan sınıflardır.



Şekil 5.16 : Yollar için kullanılan fonksiyon ve sonuçları

Veri üzerinde yol ve bina sınıfları tanımlandıktan sonra bu seviyedeki işlemler bitirilmiş ve diğer sınıfların tespiti için daha düşük ölçek parametresinde segmentasyon yapılmıştır.

İkinci segmentasyon işleminde, ölçek parametresi olarak 10, şekil özelliği olarak 0,7 ve sıklık özelliği olarak 0,6 değerleri girilmiştir. 2. segmentasyon sonuçları Şekil 5.17'dedir.



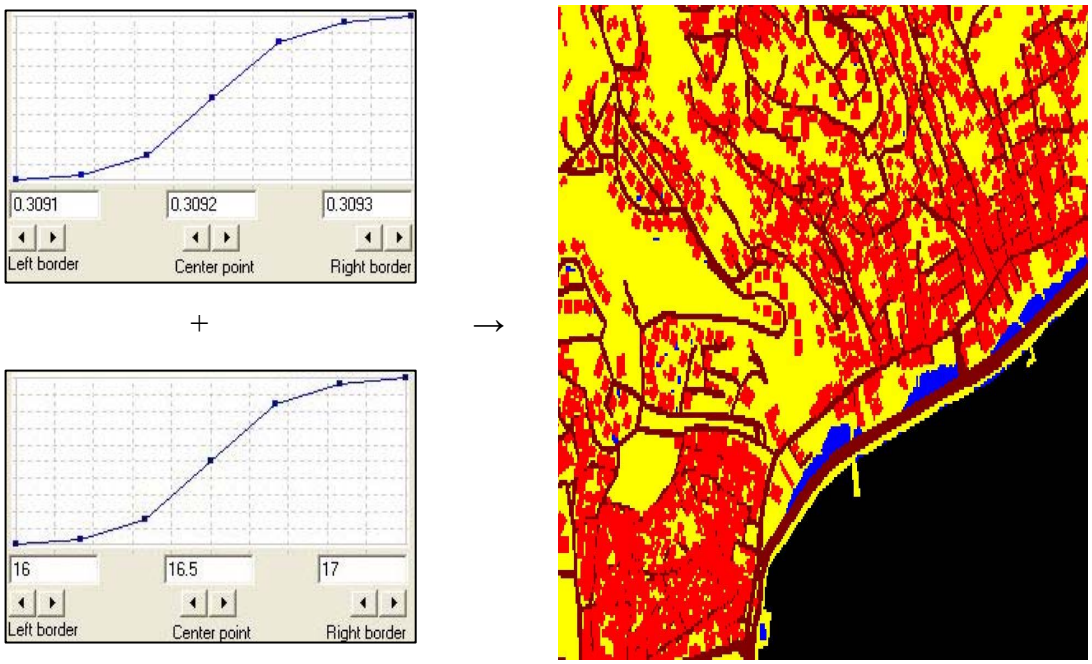
Şekil 5.17 : İkinci Segmentasyon

İkinci segmentasyon işleminden sonra seviye 2 oluşturulmuştur. Kullanılan yazılımında daha küçük ölçek parametresi ile yapılan segmentasyonun seviyesi (level) daha yüksek olmaktadır. Bu sebeple, daha önce yapılmış olan seviye1 deki ölçek parametre değeri yeni segmentasyonun ölçek parametresinden büyük olduğundan (50 > 10) seviye 1, içindeki sınıflar ile beraber seviye 2 ye taşınmış, yeni segmentasyon için seviye 1 oluşturulmuştur. Seviye 2 oluşturulurken Şekil 5.13'te verilen fonksiyon merkez değerinin 2 olmasına dikkat edilmiştir.

Yazılımın verdiği hiyerarşi özellikleri kullanılarak kalıtım yoluyla sınıflar yeni oluşturulan 1. seviyeye taşındıktan sonra diğer arazi kullanım sınıflarının çıkarılmasına devam edilmiştir.

Seviye 2'de, önceden çıkarılmış bina ve yol sınıflarına su ve bitki sınıfları eklenmiştir. Su sınıfının çıkarılması için ratio 2 görüntüsü ve Şekil 5.18'de verilen fonksiyonlar kullanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntülerde su ve gölge sınıfının karışması sorunuyla azda olsa karşılaşılmıştır. Su ile karışan yerler genellikle bina çevrelerindeki küçük alanlar olduklarından, tanımlanan fonksiyona ek olarak piksel

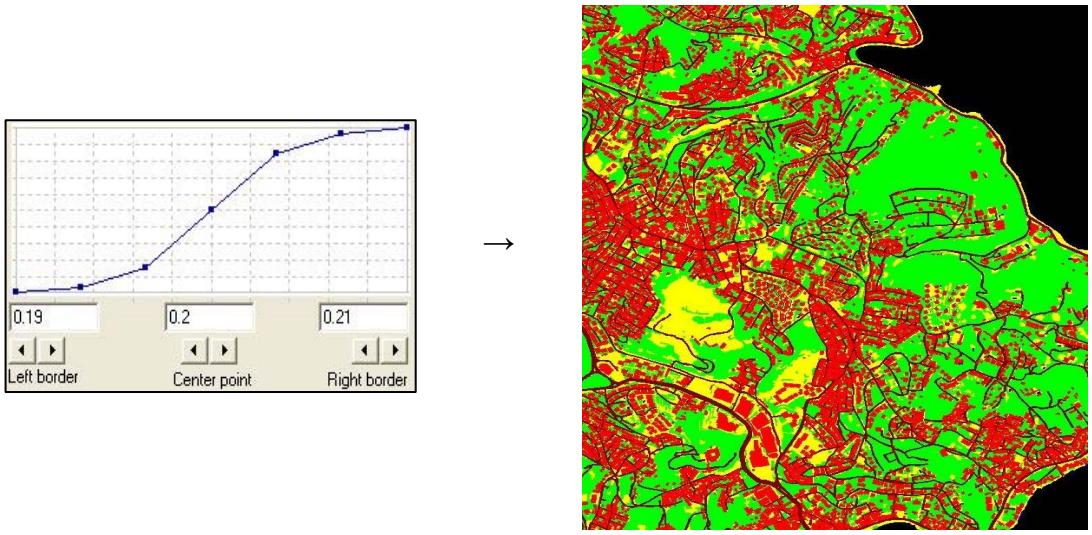
boyutunun 4m olduğu düşünülmüş ve alanı 4m X 4m = 16m^2'den büyük olan pikseller alan özelliği ile su olarak seçtirilmişlerdir. Yapılan işlem daha sonra kontrol edilmiş, düzelmeyen az miktardaki gölgeler, elle olması gereken sınıfa atanmışlardır. Şekil 5.18 de kullanılan fonksiyon değerleri ve su sınıfına ait sonuçlardan bir alan verilmiştir.



Şekil 5.18 : Su için tanımlanan değerler ve sonuçlardan örnek bir alan

Tespit edilen su sınıfı kontrol edilmiş birkaç yerde elle gereken düzeltmeler yapılmıştır. Daha sonra suyun tersi alınıp bitki sınıfına geçilmiştir. Bitki sınıfının tespiti için görüntünün çok bantlı olması özelliğinden yararlanılarak Bölüm 2'de bahsedilen normalize edilmiş bitki indeksi formülü programa özel bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır.

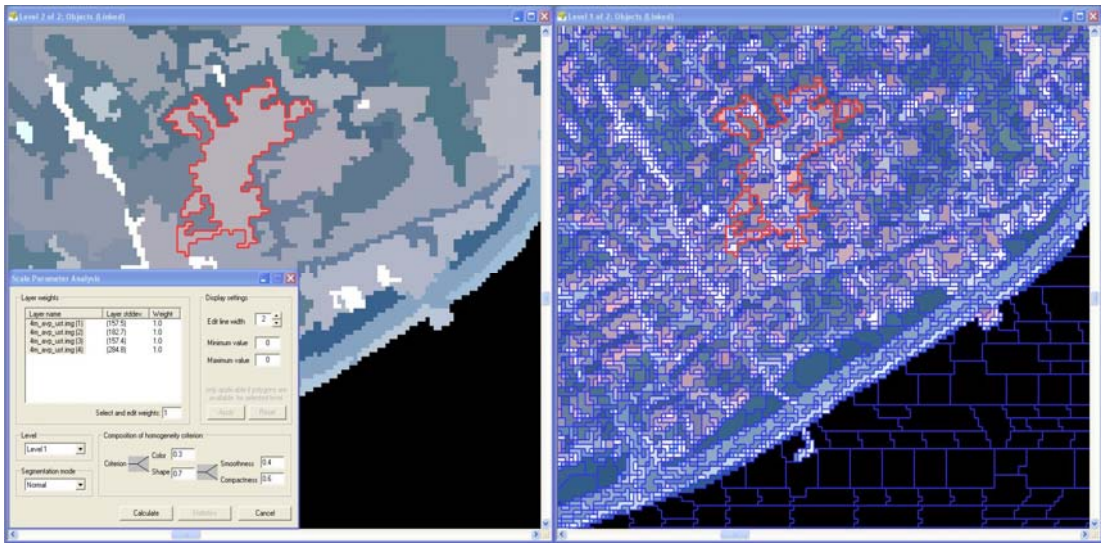
NDVI formülü uygulanmış, görüntü üzerinde referans veri eşliğinde bitki sınıfının tespitinde kullanılacak uygun değerler aranmış, 0,2 değerinin uygun olduğu görülmüştür. Bitki sınıfı tespit edildikten sonra bitki sınıfının tersi alınarak görüntü üzerindeki bitki dışı alan olan alanlar bulunmuştur. Bitki fonksiyonu için kullanılan formül, uygun değerler ve sonuçları tanımlanmıştır.
Kullanılan formül için uygun değerler ve sonuçları Şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.19 : NDVI değerleri ve sonuçları

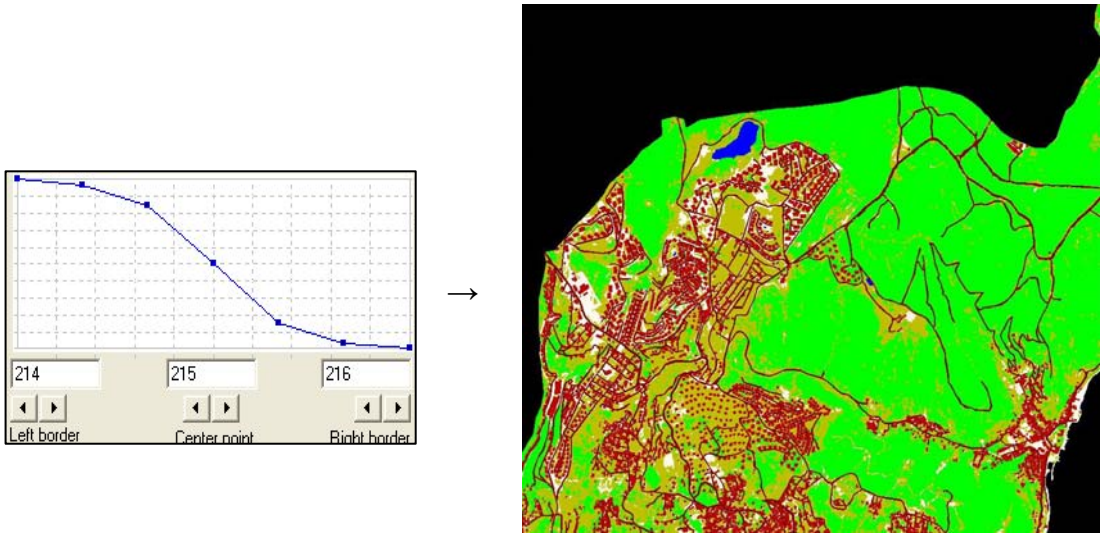
NDVI ile görüntüdeki bitki ana sınıfı tespit edildikten sonra bu sınıfın detaylandırılması için 3. ve son segmentasyon işlemi yapılmıştır. Segementasyon işleminden sonra seviye 3 oluşturulmuş, seviye 2 içindeki sınıflar ile beraber seviye 3'e, seviye 1'deki sınıflar ise içindekiler ile beraber seviye 2'ye taşınmışlardır. Yeni seviye 1 içine kalıtım yoluyla önceki seviyelerde yer alan bina, yol, su, bitki ve bitki değil sınıfları taşınmışlardır. Bitki sınıfı bu seviyede iken, önce orman ve orman dışı bitki sınıfı (çalı-çimen) olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Orman sınıfı tespit edildikten sonra sınıf, iğne yapraklı orman ve geniş yapraklı orman olmak üzere iki sınıfa ayrılmış ve sınıflandırma işlemi bitirilmiştir.

Üçüncü ve son segmentasyon için kullanılan parametreler ve sonuçları Şekil 5. 20'de gösterilmiştir.



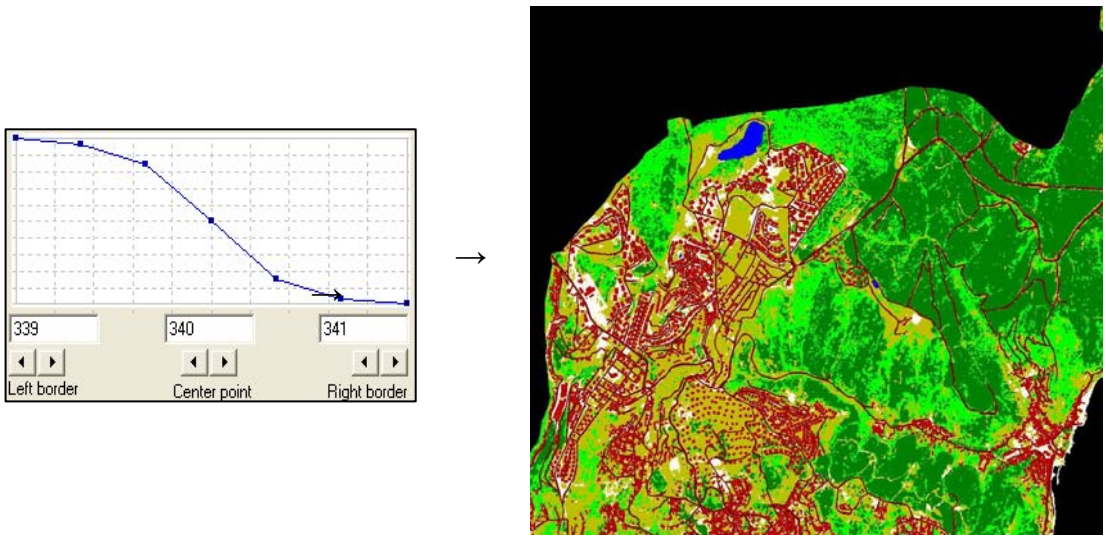
Şekil 5.20 : Üçüncü ve son segmentasyon

Orman sınıfının ayrılması için mean 1 görüntüsü ve daha küçüktür fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun tersi alınarak orman olmayan bitki sınıfı (çalı-çimen) belirlenmiştir. Kullanılan fonksiyon ve sonuçları aşağıda Şekil 5.21'de verilmiştir.



Şekil 5.21 : Orman – Orman dışı bitki (çalı-çimen) ayırımı ve sonuçları

Orman sınıfı tespit edildikten sonra son olarak iğne yaprak, geniş yaprak ayrımı yapılmış ve sınıflandırma işlemi bitirilmiştir. Orman sınıfının ayrımı sırasında parlaklık (brightness) görüntüsü ve daha küçüktür fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan fonksiyon ve orman sınıflarının ayrımı Şekil 5.22'te verilmiştir. Koyu yeşil alanlar iğne yapraklı ağaçları, açık yeşil alanlar geniş yapraklı ağaçları göstermektedir.



Şekil 5.22 : İğne- geniş yaprak ayrımı ve sonuçları

Sınıflandırma işlemi şekil 5.11'de gösterilen dört parça için ayrı ayrı yapılmıştır.

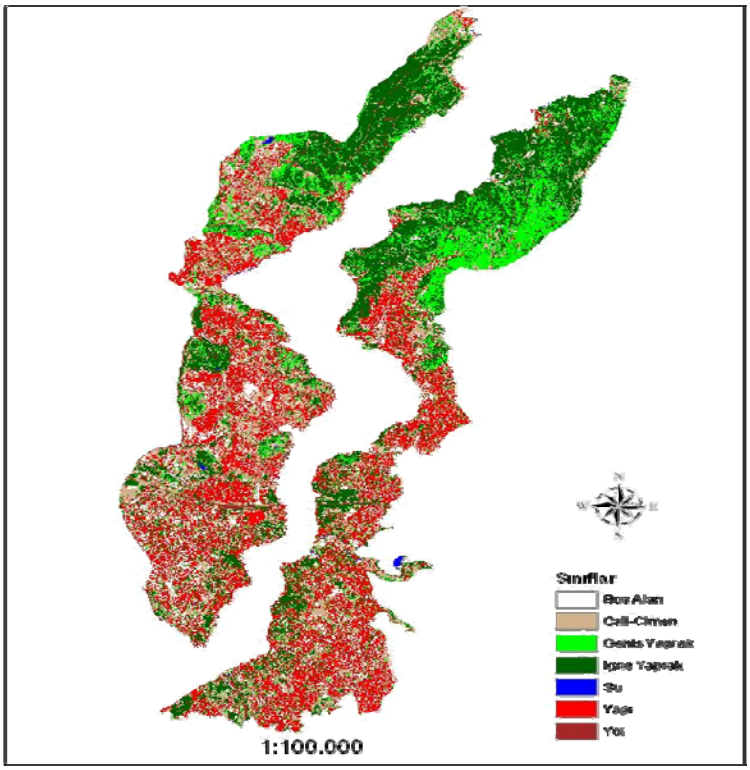
5.4 Sınıflandırma sonuçları ve doğruluk analizi

Sınıflandırma bitirildikten sonra yapılan işlemlerin ne kadar doğru olduğunu belirleyebilmek amacıyla doğruluk analizi yapılmıştır. Analiz sınıflandırma yapılan her bir parça için ayrı olarak yapılmıştır. Analiz işlemleri için, görüntü üzerinden her sınıfa ait yeterli sayıda örnekleme toplanarak yapılan sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarında Tablo 5. 4'te verilen doğruluk değerlerine ulaşılmıştır.

Tablo 5.4: Sınıflandırma yapılan dört parça görüntü için doğruluklar

	Genel Doğruluk	**Kappa**
Avp üst parça	% 93	% 92
Avp alt parça	%91	%89
Asya üst parça	%94	%93
Asya alt parça	% 93	% 92

Doğrulukların yeterli bulunması üzerine sınıflandırılan parçalar birleştirilmiştir. Birleştirilen parçalardan elde edilen sonuç Şekil 5.23'te gösterilmiştir. Sınıflandırma ile elde edilen sınıflar risk analizleri sırasında kullanılmıştır.



Şekil 5.23 : Birleştirilmiş sınıflandırma sonuçları

Birleştirilen 4 görüntüden sınıfların alanları belirlenmiştir. Belirlenen alanlar Tablo 5. 5'te gösterilmişlerdir.

Tablo 5.5: Sınıflandırma ile bulunun alanlar

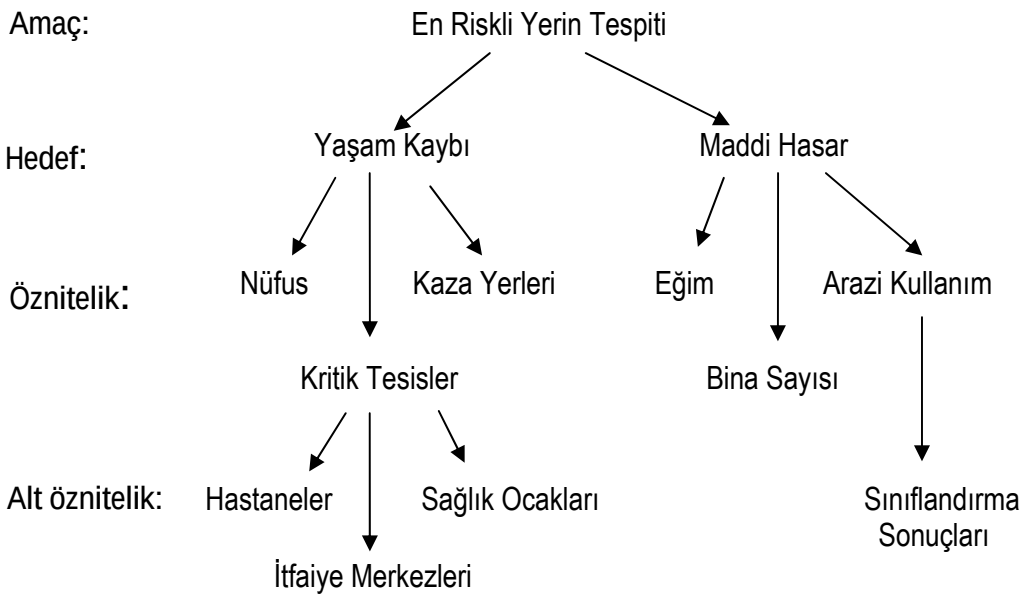
Sınıf Adı	Alanı (Hektar)
Bina	2168
Yol	1358
Su	21
Boş Alan	1248
Orman Dışı Bitki (Çalı-Çimen)	2082
İğne Yapraklı Orman	2990
Geniş Yapraklı Orman	1276

5.5 Risk Parametrelerinin Belirlenmesi

Risk analizini yapabilmek için öncelikle sonuçlara etkiyeceği düşünülen parametrelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda daha önce benzer bir çalışma yapılmadığı için referans bulunamamış, uygulamada tespit edilen risk parametreleri, mesleki bilgi ve mantık kuralları çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır.

Parametrelerin tespiti için öncelikle analizin amacının tespit edilmesi gerekmektedir. Uygulamadaki risk analizinin amacı boğaz ön-geri görünüm sınırları içinde girilecek parametrelere göre en riskli yeri bulabilmektir. En riskli yer bulunurken, yaşam kaybı ve maddi hasarın en yüksek olacağı yerin en riskli yer olacağı kabul edilmiştir. Yaşam kaybını etkileyecek parametreler olarak, mahalle ve köylerin nüfusu, kazanın yeri ve hastane, sağlık ocağı ile itfaiye merkezleri gibi tıbbi müdahale ve kurtarma işlemleri yapacak olan kritik tesislerin yerleri dikkate alınmıştır. Eğim, mahalle ve köy sınırları içindeki bina sayıları ve sınıflandırma ile belirlenen arazi kullanım sınıflarının maddi hasarı belirlemede kullanılabileceği düşünülmüştür.

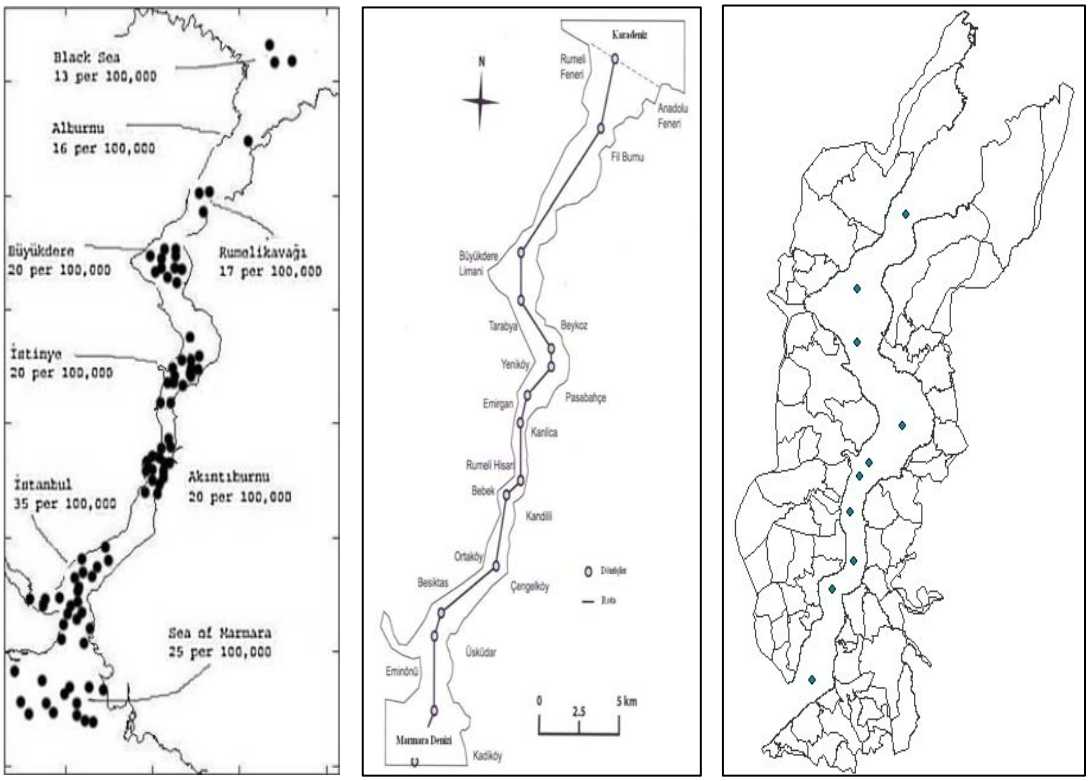
Risk analizi için kullanılacak olan parametrelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin gösterimi Şekil 5.24'te verilmiştir.



Şekil 5.24 : Belirlenen risk parametreleri

5.6 Verilerin Hazırlanması Ve Risk Formülünün Bulunması

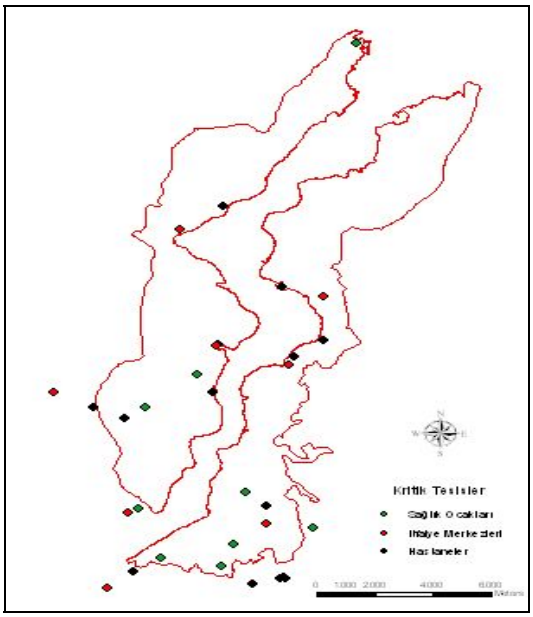
Kaza yerleri olarak kullanılacak veri, gemilerin boğaz geçişleri Şekil 5.25'te verilen dönüş yerleri ve kazaların işlendiği grafik veri dikkate alınarak belirlenmiştir. Kazaların işlendiği grafik veri ve hazırlanan kaza yerleri Şekil 5.25'te gösterilmiştir.



Şekil 5.25 : Kaza yerleri [40], dönüşler ve üretilen kaza yerleri

Nüfus ve bina sayısını gösteren veriler için ayrı ayrı mahalle ve köy alanlarının ağırlık merkezlerinde noktalar üretilmiştir. Daha sonra bu noktalar uydu görüntüsü üstüne açılarak yerleri kontrol edilmiş, yerleşim alanlarının üstüne gelmemiş olan noktalar kaydırılarak, tüm noktaların yerleşim merkezleri üstüne gelmesi sağlanmıştır. Bu noktalara daha sonra nüfus ve bina sayıları öznitelik olarak eklenmiştir.

Çalışma alanı sınırları içine giren kritik tesisler yine nokta verisi olarak temin edilmiştir. Veri incelendiğinde, çalışma sınırlarına çok yakın mesafelerde hastaneler, sağlık ocakları ve itfaiye merkezleri olduğu görülmüştür. Bu tesislerin de sonuca etki edebileceği düşünülerek işleme girecek olan kritik tesislere eklenmişlerdir. Çalışma alanı içinde kalan kritik tesisler ile sınırlara yakın olduklarından sisteme dâhil edilen tesisler ve bu tesislerin isimleri Şekil 5.26'da gösterilmişlerdir. Kırmızı renk itfaiye merkezlerini, yeşil renk sağlık ocaklarını, siyah renk hastaneleri göstermektedir.



Sayısı	HASTANELER	SAĞLIK OCAKLARI	İTFAİYE MRKZ.
1	Özel Çengelköy Hastanesi	Rumelifeneri Sağlık Ocağı	Samyer İtfaiyesi
2	Beykoz Çocuk Göğüs Hastalıkları Hastanesi	Bahçelievler Sağlık Ocağı	İstinye İtfaiyesi
3	Hattat Hastanesi	Adnan Odabaş Sağlık Ocağı	Beykoz İtfaiyesi
4	İsmail Akgün Devlet Hastanesi	Merakana Sağlık Ocağı	Çengelköy İtfaiyesi
5	Beykoz Devlet Hastanesi	Beşiktaş Beld. Sağlık Ocağı	Kavacık İtfaiyesi
6	Baltalimanı Kemik Hastanesi	Reşitpaşa Sağlık Ocağı	
7	İstinye Devlet Hastanesi	Kuzguncuk Sağlık Ocağı	Seyrantepe İtfaiyesi
8	SSK Paşabahçe Hastanesi		Beşiktaş İtfaiyesi
		Bella Sağlık Ocağı	Üsküdar İtfaiyesi
9	Büyük Çamlıca Hastanesi	İslambey Sağlık Ocağı	
10	Afiyet Hastanesi		
11	Levent Hastanesi		
12	Üsküdar Hastanesi		
13	Çamlıca Ömür Hastanesi		
14	Özel Çamlıca Hastanesi		

Şekil 5.26 : Kullanılacak olan kritik tesisler ve isimleri.

Çalışma alanı sınırları içinde 8 tane hastane, 7 tane sağlık ocağı ve 5 tane itfaiye merkezi bulunmaktadır. İsimleri verilen diğer tesisler sınırlara yakın olup çalışmaya dâhil edilenlerdir.

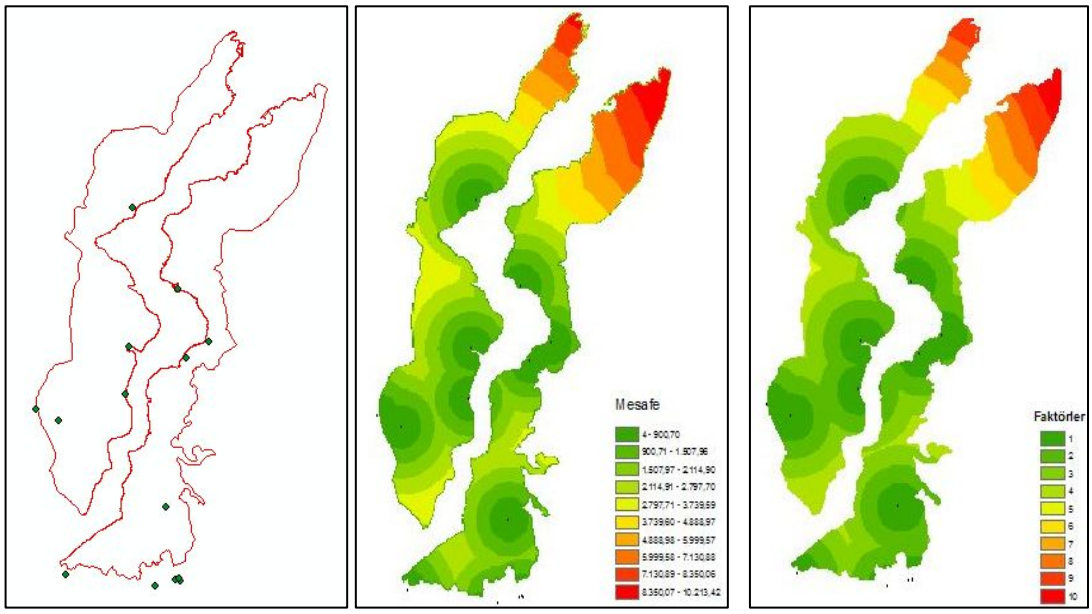
Kullanılacak olan ham veriler üretildikten sonra analiz işlemlerine başlanmıştır. Analiz işlemine gelene kadar olan işlem sırası kısaca şöyle özetlenebilir;
İlk olarak ham veriler veri setlerine dönüştürülmüştür. İkinci aşamada, uzaklık, derece, alan gibi farklı birimlerde olan bu veri setlerini birbirleriyle işleme

sokabilmek için yeniden sınıflandırma işlemi yapılarak hepsi aynı birime dönüştürülmüş ve kendi içlerinde etki faktörleri girilmiştir. Daha sonra işleme girecek olan 8 parametre kendi aralarında risk matrisi ile ağırlıklandırılmış ve son olarak, oluşturulan risk formülü ile etki faktörleri girilmiş olan veriler birleştirilerek sonuca ulaşılmıştır.

Tüm veri setlerinin üretiminde dikkat edilen en önemli nokta, hepsinin piksel boyutunun sınıflandırma sonuçlarıyla aynı olması, yani 4m olacak şekilde üretilmesidir. Sınıflandırma hariç her veri için kendi içinde 10 etki alanı oluşturulmuştur.

Kritik tesisler ve kaza yerleri için işlemlerde uzaklık esas alınmıştır. Kritik tesislere olan yakınlık can ve mal kaybını azaltacağından riskin derecesini düşürürken, uzak olması riskin derecesini arttırmaktadır. Uzaklığa bağlı olarak 10 farklı etki alanı üretilmiştir. Bu uzaklıklara, yukarıda belirtilen mantık dikkate alınarak en yakın mesafeye en düşük, en uzaktakine en yüksek değeri vermek suretiyle 1–10 arası etki faktörü değerleri verilmiştir.

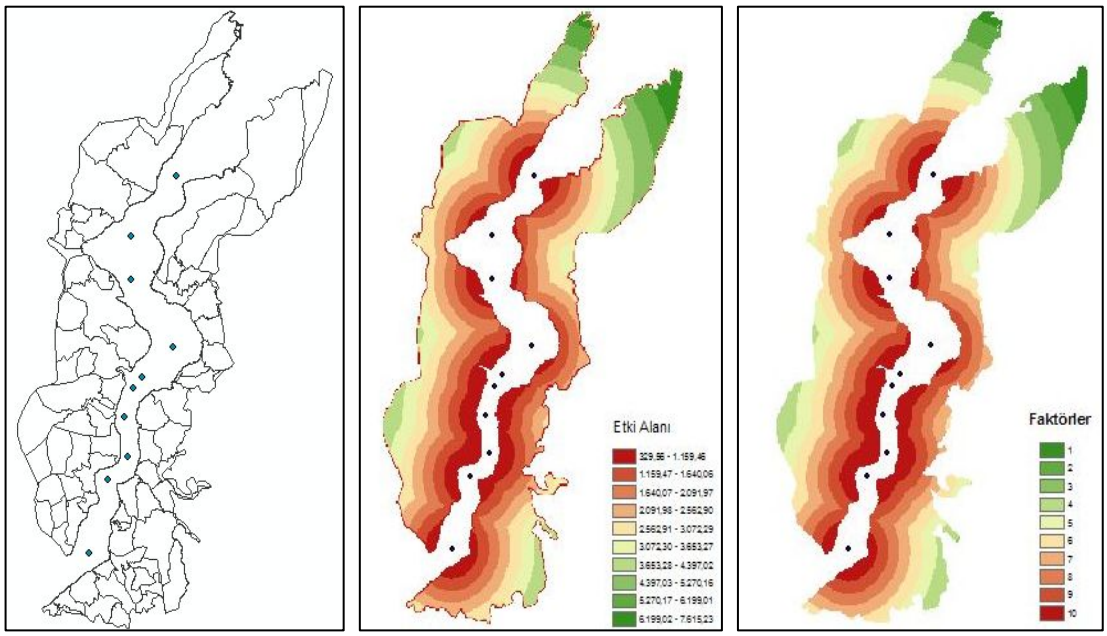
Şekil 5.27'de kritik tesislerden olan hastaneler için veri setini ve etki alanları gösterilmiştir.



Şekil 5.27 : Hastane ham verisi, hastane veri seti ve etki faktörü atanmış veri

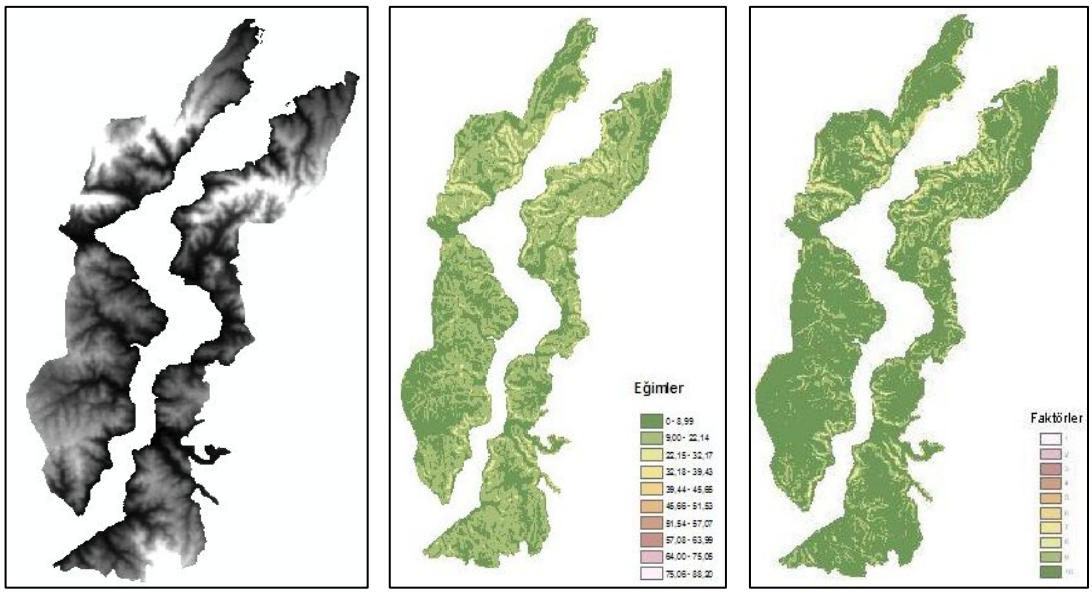
Şekilde kırmızı ile gösterilen yerler en riskli yerleri göstermektedir. Sağlık ocakları ve itfaiye merkezleri için de aynı mantık ile veri setleri oluşturulmuş ve faktörleri girilmiştir.

Kaza yerleri için ise tam tersi düşünülmüştür. Kaza yerine olan yakınlık riski arttırırken, uzaklık azaltmaktadır. Bu sebeple etki faktörleri verilirken, en yakın etki alanına 10, en uzaktakine ise 1 etki değeri verilmiştir. Şekil 5.28'de kaza yerleri için oluşturulan ham veri-veri seti ve verilen etki faktörleri gösterilmektedir.



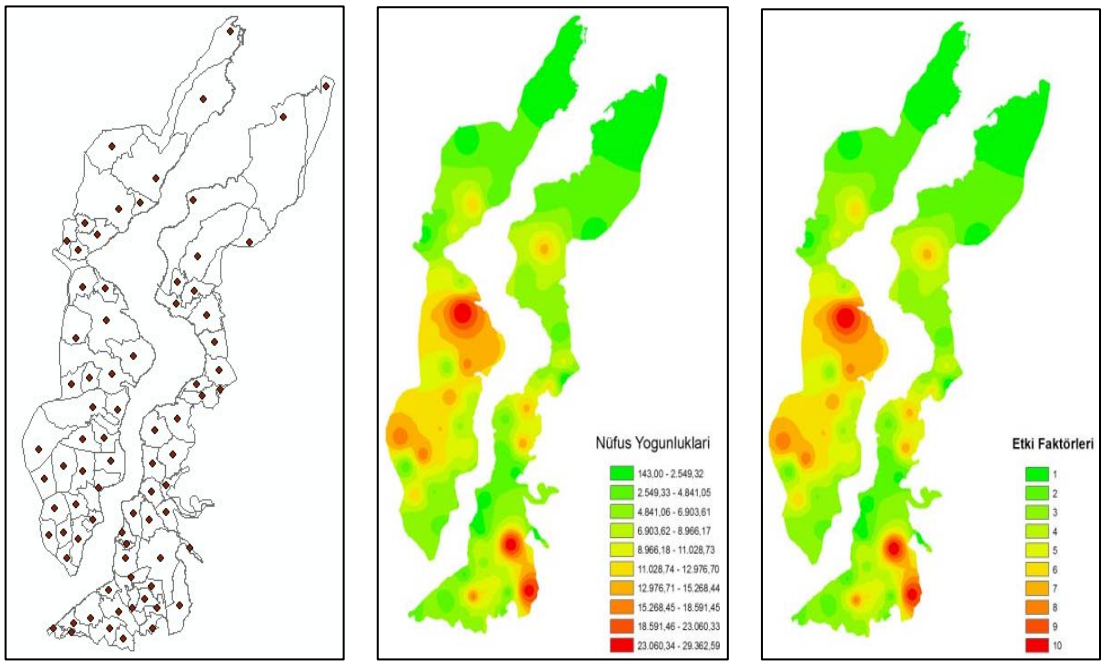
Şekil 5.28 : Kaza yerleri için ham veri , veri seti ve etki faktörleri atanmış veri

Sayısal yükseklik modeli kullanılarak eğim veri seti üretilmiştir. Eğim için etki faktörleri girilirken eğimin az olacağı yerde, kaza etki alanının daha geniş olacağı düşünülmüştür. Eğimi düşük olan yerlere daha yüksek etki faktörü atanmıştır. Eğim için ham veri, oluşturulan veri seti ve etki faktörleri Şekil 5.29'da verilmişlerdir.



Şekil 5.29 : Sayısal yükseklik modeli – eğim veri seti – etki faktörleri atanmış veri

Nüfus ve bina sayısı verisi için kullanılan programın ters ağırlıklı uzaklık (inverse distance weighted) enterpolasyon özelliği kullanılarak işlemler yapılmıştır. İşlemlerde, nokta merkezinde nüfusun yoğun, merkezden uzakta ise nüfusun az olması gerektiği dikkate alınmıştır. Nüfus bilgilerine göre aralıklar ve bu değerlere karşı verilen etki faktörleri Şekil 5.30'da verilmiştir.



Şekil 5.30 : Ham nüfus verisi – nüfus veri seti – etki faktörleri atanmış veri

Bina sayısı için de aynı mantıkla işlemler yapılmıştır. Sınıflandırma ile üretilen sonuçlar uygun formatta olduğu için herhangi bir işlem yapılmamıştır. Sadece kullanım sınıflarına kendi aralarında faktör değerleri girilmiştir. Verilen etki faktörleri Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6: Arazi kullanım sınıfları için etki faktörleri

Sınıf	Etki Faktörü
Bina	10
Yol	7
İğne Yapraklı Orman	5
Geniş Yapraklı orman	5
Çalı-çimen	3
Boş Alan	1
Su	1

Etki faktörleri verilirken nüfusu barındıran bina sınıfına en yüksek puan olan 10 puan verilmiştir. Yollar ulaşım için önemli olacağından ikinci en yüksek puan olan 7 verilmiştir. Daha sonraki sınıflar ise çalışmadaki önem sıralarına göre puanlandırılmışlardır.

Analiz işlemlerine geçebilmek için son olarak riski belirlediği düşünülen 8 faktör kendi içlerinde ağırlıklandırılmışlardır. Ağırlıklar verilirken, sonucu en fazla etkileyecek olan parametrenin kaza yerleri olduğu düşünülmüştür. Boğazdaki yerleşim göz önüne alındığında kuzeydeki yerleşimin az, güneyinde ise yerleşimin yoğun olduğu görülmektedir. Olası bir kazanın etkileri yerine göre çok fark edeceği için kaza yeri verisi diğer parametrelere göre daha fazla ağırlığa sahip olmalıdır.

Kaza yerinden sonra, can kaybını en fazla etkileyecek olan parametre olan nüfus verisi dikkate alınmış ve diğer parametreler ile kıyaslanmıştır. Kalan diğer 6 parametrenin de kendi içlerinde ağırlıkları verilmiştir. Oluşturulan matris Tablo 5. 7'de görülmektedir.

Tablo 5.7: Karşılaştırma matrisi

	Nüfus	Arazi Kullanım	Bina Sayısı	Eğim	Kaza Yerleri	Hastaneler	Sağlık Ocakları	İtfaiye Mrkz.
Nüfus	**1,0000**	4,0000	5,0000	3,0000	0,2000	4,0000	2,0000	3,0000
Arazi Kullanim	0,2500	**1,0000**	0,2500	0,5000	0,3333	4,0000	3,0000	3,0000
Bina Sayısı	0,2000	4,0000	**1,0000**	3,0000	0,2500	5,0000	3,0000	4,0000
Eğim	0,3333	2,0000	0,3333	**1,0000**	5,0000	3,0000	3,0000	3,0000
Kaza Yerleri	5,0000	3,0000	4,0000	0,2000	**1,0000**	6,0000	4,0000	5,0000
Hastaneler	0,2500	0,2500	0,2000	0,3333	0,1667	**1,0000**	4,0000	3,0000
Sağlık Ocakları	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,2500	0,2500	**1,0000**	0,3333
İtfaiye Mrkz.	0,3333	0,3333	0,2500	0,3333	0,2000	0,3333	3,0000	**1,0000**
Toplam =	7,8667	14,9167	11,3667	8,7000	7,4000	23,5833	23,0000	22,3333

Karşılaştırma matrisi köşegen bir matristir. Yani her sınıfın kendisi ile olan ağırlığı 1'dir. Matris okunurken, karşılaştırma için satırdaki değer ile sütundaki değerin kesişimi alınmalıdır. Örneğin nüfus, arazi kullanımına göre 4 kat önemlidir. Tersi olarak arazi kullanımının nüfusa göre önemi 0,25'tir. Matriste parametreler kendi içlerinde ağırlıklandırıldıktan sonra sütun toplamları bulunmuştur. Sütunlardaki her bir değer, sütun toplamlarına bölünerek normalize edilmiş karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Yeni matristeki satırların ortalaması alınarak her bir parametre için risk formülünde kullanılacak olan, diğer parametrelere göre ağırlığını gösteren değerler elde edilmiştir. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi Tablo 5. 8'de verilmiştir.

Tablo 5. 8: Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi

	Nüfus	Arazi Kullanim	Bina Sayısı	Eğim	Kaza Yerleri	Hastaneler	Saglik Ocaklari	İtfaiye Mrkz.	Satır Ortalaması
Nüfus	0,1271	0,2682	0,4399	0,3448	0,0270	0,1696	0,0870	0,1343	0,200
Arazi Kullanım	0,0318	0,0670	0,0220	0,0575	0,0450	0,1696	0,1304	0,1343	0,082
Bina Sayısı	0,0254	0,2682	0,0880	0,3448	0,0338	0,2120	0,1304	0,1791	0,160
Eğim	0,0424	0,1341	0,0293	0,1149	0,6757	0,1272	0,1304	0,1343	0,174
Kaza Yerleri	0,6356	0,2011	0,3519	0,0230	0,1351	0,2544	0,1739	0,2239	0,250
Hastaneler	0,0318	0,0168	0,0176	0,0383	0,0225	0,0424	0,1739	0,1343	0,060
Saglik Ocakları	0,0636	0,0223	0,0293	0,0383	0,0338	0,0106	0,0435	0,0149	0,032
İtfaiye Mrkz.	0,0424	0,0223	0,0220	0,0383	0,0270	0,0141	0,1304	0,0448	0,043
								Toplam =	1,0000

Hesaplamalar sonucu parametrelerin ağırlıkları aşağıdakiler olarak bulunmuştur;

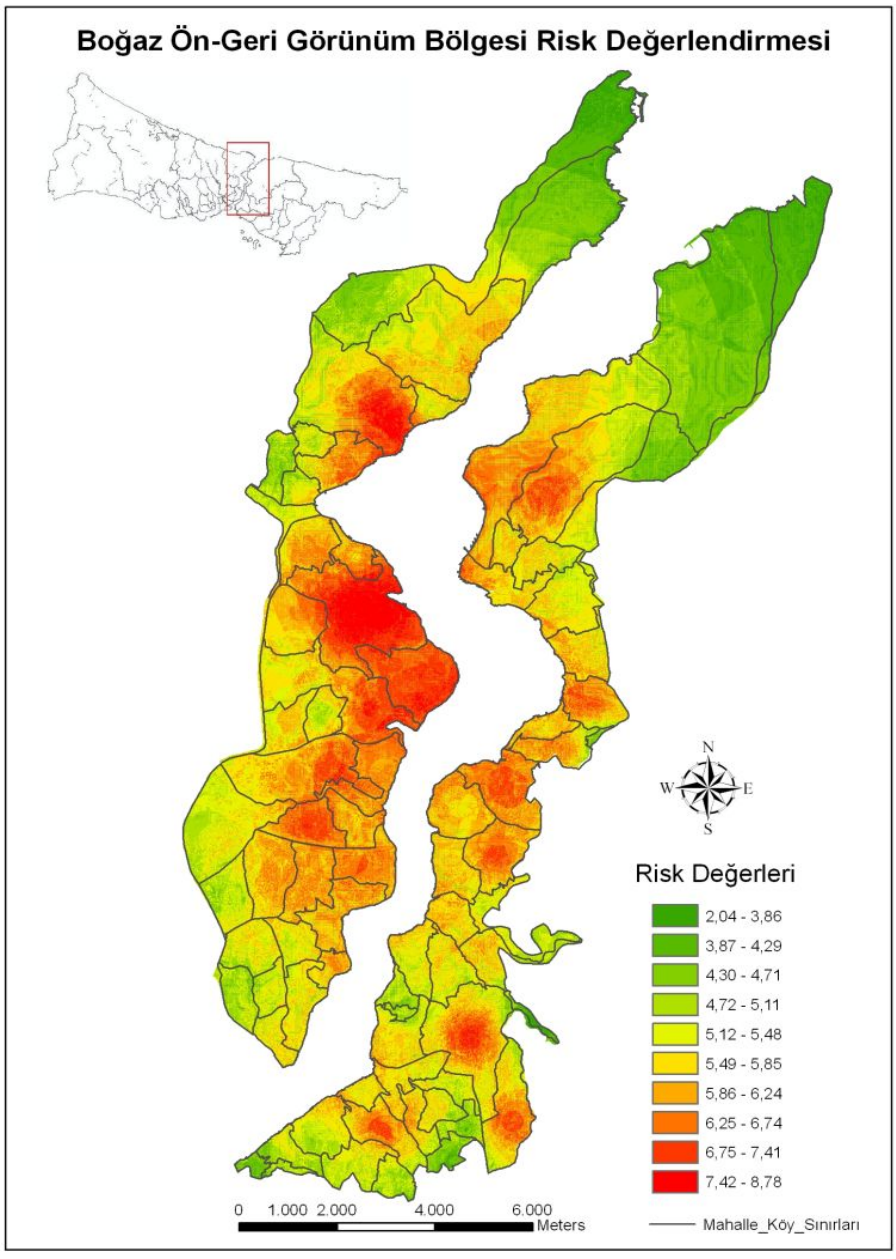
- Kaza yerleri : % 25
- Nüfus : % 20
- Eğim : % 17,4
- Bina Sayısı : % 16
- Arazi Kullanım: % 8,2
- Hastaneler : % 6
- İtfaiye Mrkz. : % 4,3
- Sağlık Ocakları : % 3,2

Her parametrenin ağırlığı bulunduktan sonra, her parametre kendi etki faktörlerinin girildiği grafik veri ile çarpılmış ve sonuçları birbirleriyle toplanmıştır. Oluşturulan risk formülü şöyledir;

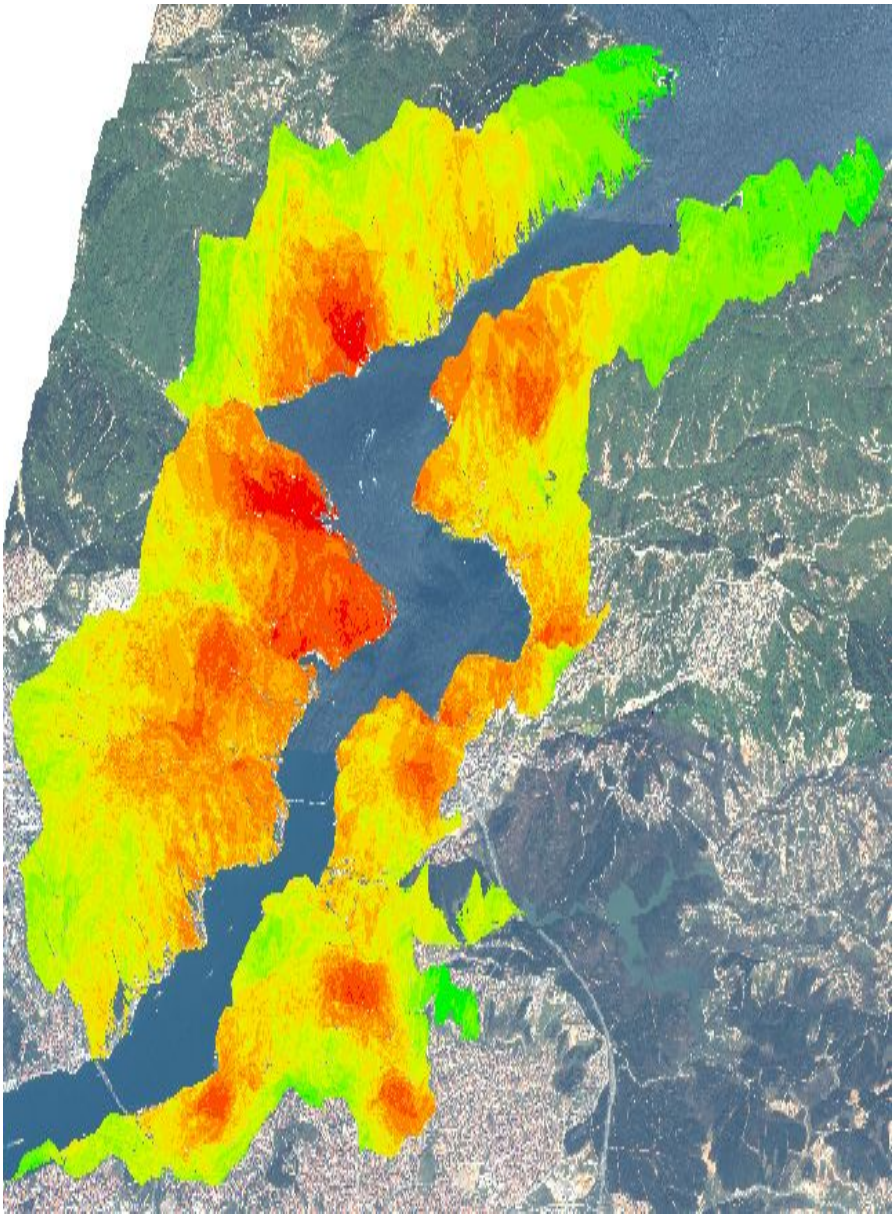
R= Kaza yerleri * 0,25 + Nüfus * 0,20 + Eğim * 0,174 + Bina Sayısı * 0,16
+ Arazi kullanım * 0,082 + Hastaneler * 0,06 + İtfaiye Mrkz * 0,043
+ Sağlık Ocakları * 0,032 **(5.1)**

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eşitlik 5.1'de verilen risk formülü uygulandığında, gemi kazalarının ön–geri görünüm bölgesi içinde risk altında bırakacağı alanlar tespit edilmiştir. Tespit edilen riskli alanlar Şekil 6.1'de, riskli alanların 3 boyutlu görünümü Şekil 6.2'de verilmiştir.



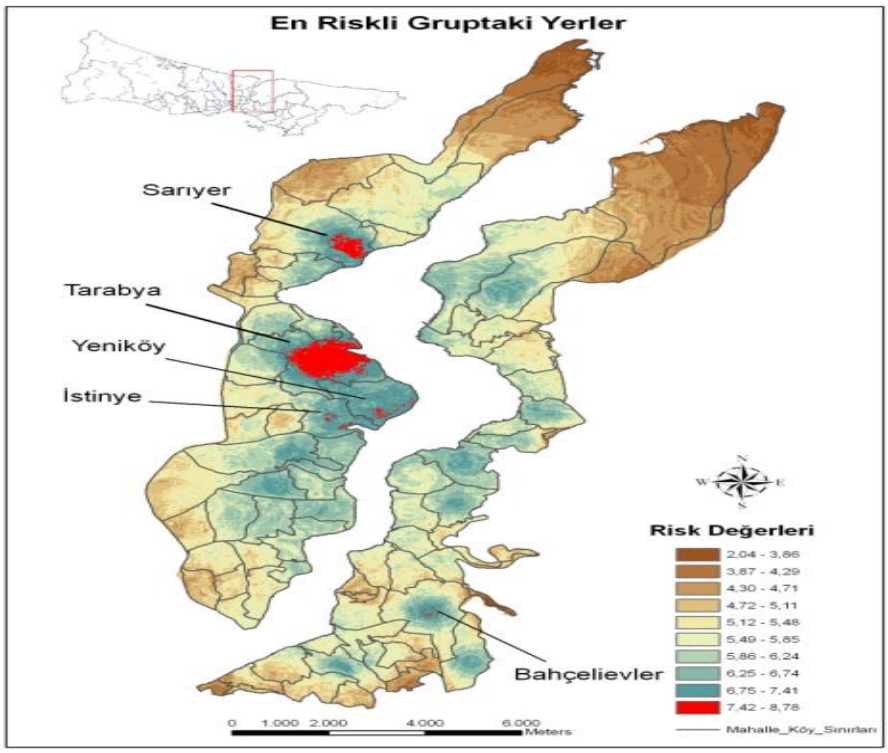
Şekil 6.1 : Risk analizi sonuçları



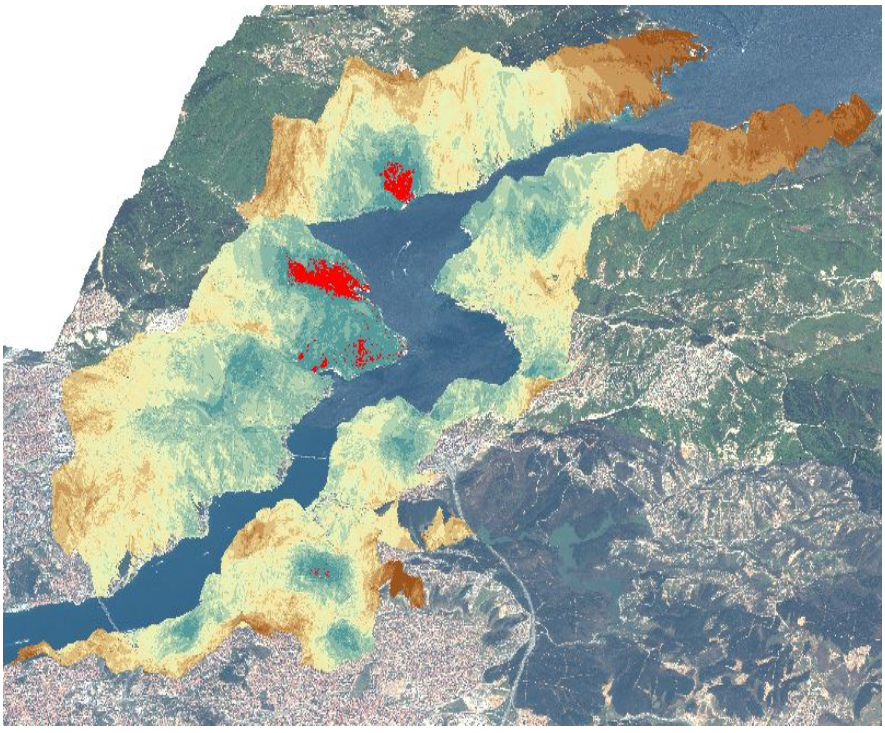
Şekil 6.2 : 3 Boyutlu risk analizi sonuçları

Üretilen sonuçlar değerlendirilmek üzere 10 gruba ayrılmıştır. Ayrım sonunda en riskli grubun 7,42 ile 8,78 puan arasında kalan grup olduğu belirlenmiştir. Bu grup içinde kalan yerler, Sarıyer ilçe sınırları içindeki Merkez ve Tarabya'dır. Yine aynı ilçe sınırları içinde kalan Yeniköy ve İstinye'de de en riskli grup değerlerini taşıyan yerlerin olduğu görülmüştür. Geri görünüm bölgesi değerlendirildiğinde ise, Üsküdar ilçe sınırları içinde yer alan Bahçelievler Mahallesi'ndeki küçük bir bölgenin bu risk grubunda olduğu belirlenmiştir. Yine Tarabya'da yer alan riskli alanların bir bölümünün geri görünüm sınırlarına taştığı görülmüştür.

En riskli grupta yer alan yerler Şekil 6.3'te, en riskli gruptaki içindeki yerlerin 3 boyutlu görünümü Şekil 6.4'te verilmiştir.



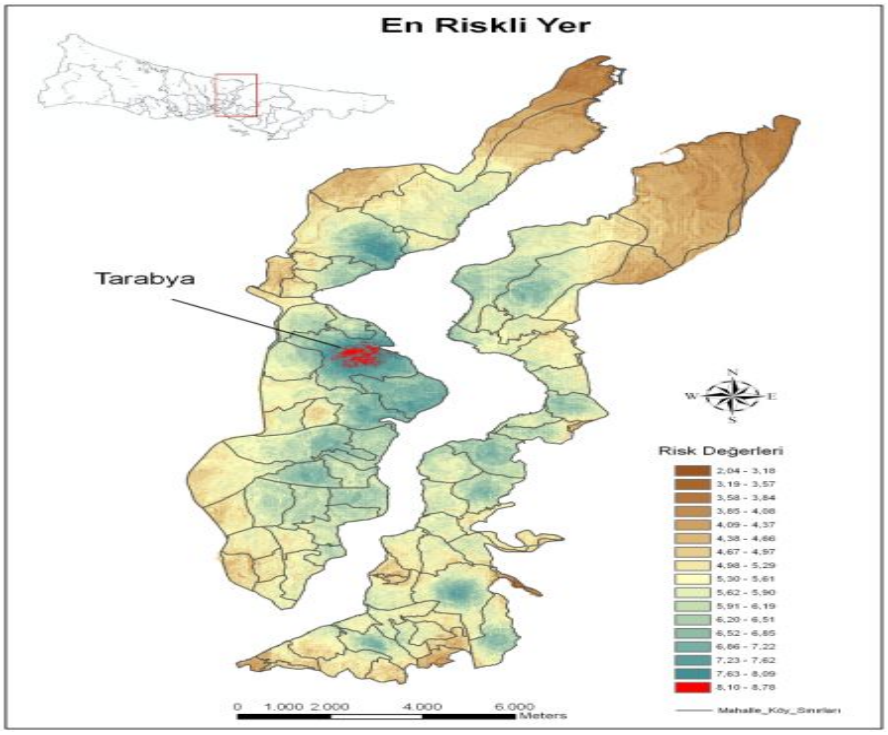
Şekil 6.3 : En riskli gruptaki yerler



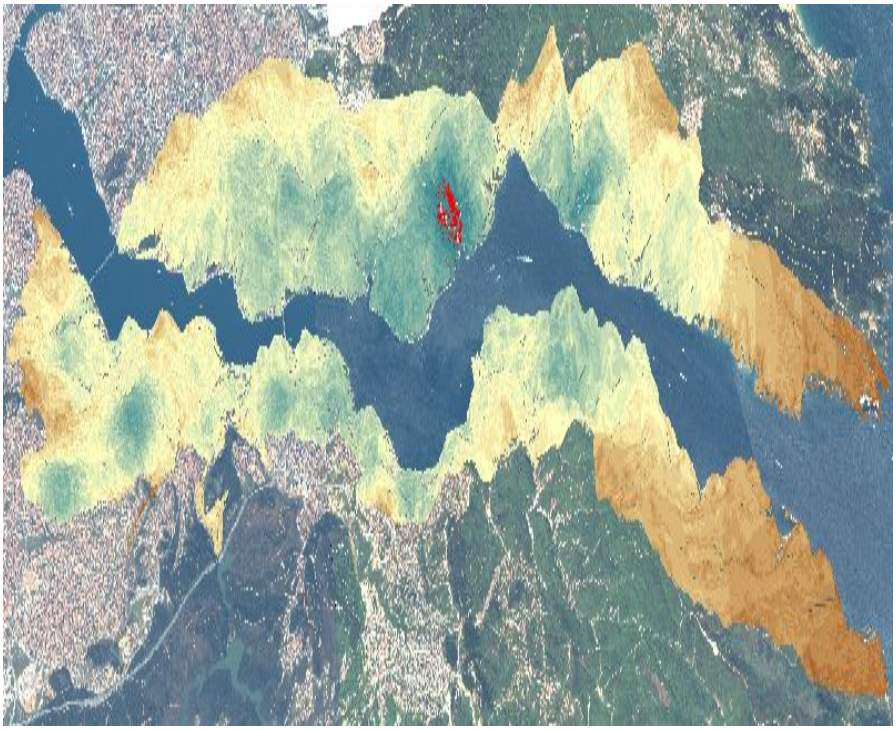
Şekil 6.4 : En riskli gruptaki yerlerin 3 boyutlu görünümü

Çalışma sonunda en riskli yerin tespiti için, grup sayısı arttırılarak risk değer aralıkları küçültülmüştür. Grup sayısını arttırma işlemi, piksellerin dağılımı belirli bir alan içinde kalana kadar devam ettirilmiştir. Risk değerleri 17 gruba ayrıldığında en

riskli yerin 8,10 – 8,78 puan ile Tarabya olduğu görülmüştür. Grupların değer aralıkları ve gruplandırma işlemi sonucu Şekil 6.5'te, en riskli bölgenin 3 boyutlu görünümü Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.5 : En riskli yer



Şekil 6.6 : En riskli yerin 3 boyutlu görünümü

Uygulamada, gemi kazalarının kara üzerinde risk altında bırakabileceği yerler tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlara etki ettiği kabul edilen faktörler mantık kuralları dâhilinde seçilmiş ve birbirleriyle ilişkilendirilmişlerdir.

Sonuca önemli etkisi olan kaza yerleri belirlenirken, kazaya sebebiyet verebilecek akıntı, rüzgâr gibi değişken doğal koşullar dikkate alınmamış, önceki kazaların yerleri ve gemilerin dönüşleri dikkate alınmıştır. İşlemler sırasında hastaneler, sağlık ocakları ve itfaiye merkezleri gibi kritik tesislerin kaza sonucu bir hasara uğramadan ayakta kaldıkları ve olaya müdahalede bulunabilecek durumda oldukları dikkate alınmıştır.

Boğazdan tehlikeli yük taşıyan gemi geçişlerinin İstanbul için risk oluşturduğu bilinmektedir. Riskin derecesini ve etki alanını belirleyen pek çok faktör vardır. Zararları azaltmak için bu faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Riske etkiyen faktör çok olunca, etkilerini belirleyebilmek için konusunun uzmanlarından oluşan bir kurul gerekli olmaktadır. Bu kurul içinde, denizciler, farklı disiplinlerden mühendisler, mimarlar, plancılar, itfaiyeciler, sağlık hizmetleri gibi alanlardan uzmanlar bulunarak birbiriyle etkileşim içinde olan risk faktörleri üzerine ortak çalışmalar yapmalıdırlar. Kurula sigorta şirketleri de katılarak riskin mali boyutu ve kaza sonrası mali işlemler için çalışmalar yapılmalıdır.

Anlık olarak değişebilen atmosferik ve oşinografik koşullar, kaza yerinin konumu, gemilerin taşıdığı yükler ve miktarları gibi pek çok etken olası bir kazanın sonucuna doğrudan etki etmektedir. Kara üzerinde de şartlar oldukça değişken olabilmektedir. Yazın sıcak günlerde insanlar Boğaz bölgesindeki nüfusu arttırmaktadır. Artan nüfus beraberinde can kayıplarında artışı da getirmektedir. Ayrıca kaza etki alanı içinde kalabilecek insanların toplu olarak bulundukları okullar, hastaneler ve ibadethane gibi yerlerin fazlalığı da sonucu olumsuz olarak etkileyecektir. Şartlar bu kadar değişken olunca, şartları sürekli olarak değerlendirebilecek bir sistem gerekmektedir. Sistemin girdilerinin ne olacağı yukarıda bahsedilen uzman kurul tarafından detaylarıyla tanımlanmalıdır. Benzer bir sistem kaza sonuçlarını anında canlandırarak kazalara etkin bir müdahale imkânı verebilmektedir.

Bölge içinde yer alan, kaza anında can ve mal kurtarmada hayati önem taşıyacak olan hastaneler, itfaiye merkezleri vb. yerler için kazadan etkilenmeleri durumuna karşın alternatif yerler belirlenmelidir.

Dünyada, petrol geçişlerinin yapıldığı İstanbul boğazı benzeri yerler bulunmaktadır. Fakat hiçbirisinin çevresinde bu kadar yoğun bir yerleşim yoktur. Tehlikeli yük taşıyan gemilerin geçişine engel olunamayacağına göre bu gemilerin geçişleri için denizcilik kuralları dikkate alınarak güvenlik uygulamaları arttırılmalıdır. Standartları düşük olan gemilerin daha çok kazaya sebebiyet verebilecekleri göz önüne alınırsa Boğazlardan geçiş yapacak olan gemilere belirli standartlar getirilmeli ve bu standartlara uyulmanın sağlanması gerekmektedir. Geçişler sırasında isteğe bağlı olan kılavuz kaptan alma yerine en azından tehlikeli yük taşıyan gemiler için kılavuz kaptan almak zorunlu hale getirilmelidir. Sürekli artan tehlikeli yük taşımacılığı boru hatları ile azaltılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] **Kocaman, Y.,** 2006. Türk Boğazlarında meydana gelen deniz kazalarına coğrafi faktörlerin tesiri, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

[2] **Koldemir, B.,** 2006. İstanbul Boğazı trafiğinde seyir güvenliği sorunu olan bölgelerin belirlenmesi için bir yöntem, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* **1,** 51-57.

[3] **Topakoğlu, L.,** 2004. İstanbul Boğazı'nda deniz yolu ile petrol taşımacılığının çevresel risk değerlendirmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[4] **Ors, H. ve Yılmaz, S. L.,** 2003. Oil Transport in the Turkish Straits System: a simulation of conyamination in the Istanbul Strait, *Energy Sources,* **25,** 1043-1052.

[5] **Karaya K., Yuluğkural Y., Aladağ Z.,** 2003. İstanbul Boğazı'ndan gemilerin emniyetli geçişinin analitik hiyerarşi prosesi (AHP) kullanarak analizi**,** *Yüksek Lisans Tezi,* Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

[6] **Poyraz, Ö.,** 1998. Gemi kazalarından doğan krizlerin kıyısal yönetimi ve Türk Boğazları bölgesine uygulaması, *Doktora Tezi,* İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] **Tezer, A. ve Gezici, F.,** 2001. Acil Durum Planlama Araçları, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İstanbul.

[8] **Bostan, İ.,** 2006. Beylikten İmparatorluğa Osmanlı Denizciliği, Kitap Yayınevi, İstanbul.

[9] **Turan, S.,** 2004. Geçiş ve seyir güvenliğinin sağlanmasına yönelik düzenlemeler ışığında Türk Boğazları, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* **4**, 63-75.

[10] **Göknil, G.,** 2004. İstanbul Boğazı'nda kurulması düşünülen gemi trafik kontrol sistemi için DGPS yöntemine dayalı bir öneri, 3. *CBS Günleri,* Fatih Üniversitesi, İstanbul, 6-9 Ekim.

[11] www.denizce.com/bogazlar1.asp

[12] **Atken, N. ve Gönençgil, B.,** 1998. İstanbul Boğazında deniz kazaları, *Türkiye Kıyı ve Deniz Alanları II. Ulusal Konferansı,* ODTÜ, Ankara, 22-25 Eylül.

[13] www.denizce.com/bogazlar1.asp

[14] www.sariyer.bel.tr/Sariyer_Rehberi/Semt_Semt_Sariyer/Merkez/Genel_Bilgi.aspx

[15] http://www.denizhaber.com/index.php?sayfa=yazar&id=11&yazı_id=100095

[16] http://www.aksam.com.tr/arsiv/aksam/2005/01/31/ekonomi/ekonomi5.html

[17] http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=6971

[18] **Rodrigue, J. P.,** 2004. Straits, passages and chokepoints a maritime geostrategy of petroleum distrubition, *Cahiers de Geographie du Quebec*, **48,** 357-374

[19] http://ccrs.nrcan.gc.ca/glossary/index_e.php?id=3000

[20] **Buhur, S.,** 2004. Islak alanların uydu verileriyle incelenmesi, *Lisans Tezi*, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

[21] Erdas Field Guide.

[22] http://www.csc.noaa.gov/crs/definitions/NDVI.html

[23] **Repeka, S. N.,** 2004. Comparing spectral and object based approaches for classification and transportation feature extraction from high resolution multispectral imagery, *MSc Thesis*, Mississipi State University, Mississipi.

[24] **Sarıkaya, Ö. V.,** 2006 Ikonos uydu görüntüsü ile Haliç'te su kalitesi analizi, *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[25] Ecognition User Guide 3.

[26] **Xiaoxia, S., Jixian Z. and Zhengjun L.,**2005. A comparison of object-oriented and pixel-based classification approachs using Quickbird imagery, *International Symposium on Spatio-Temporal Modelling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining, Data Fusion*, China, August 27-29

[27] Introduction to eCognition Version 4.0 notları.

[28] **Xiuying, Z. and Feng, X.,** 2005. Detecting urban vegetation from Ikonos data using an object-oriented approach, *International Geosicience and Remote Sensing Symposium*, Seoul, Korea, July 25-29.

[29] http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm

[30] **Musaoğlu, N.,** 1999. Elektro-Optik ve aktif mikrodalga algılayıcılarından elde edilen uydu verilerinden orman alanlarına ait meşçere tiplerinin ve yetişme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[31] Risk analizi ders notları.

[32] http://www.milliyet.com/2005/05/29/guncel/gun02.html

[33] **Sözel, S.,** 2001. Zararları Azaltma El Kitabı, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İstanbul.

[34] http://www.enderunix.org/docs/disabled/risk_analizi/

[35] **Türkoğlu, H. ve Yiğiter, R.,** 2001 Acil Durum Planlaması, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İstanbul.

[36] Arc GIS, Spatial Analysis Tutorial.

[37] **Kırlangıçoğlu, C.,** 2005. A new census geography for Turkey using geographic information systems: a case study on Çankaya district Ankara, *MSc thesis*, METU,Geodetic and Geographic Information Technologies, Ankara.

[38] **Yalçın, S., Reis, S. and Nişancı, R.,** 2002.Mass movement evaluation with geographical information systems: a case study form Gümüşhane region, *International Symposium on GIS,* İstanbul, September 23 -26.

[39] T.C. İçişleri Bakanlığı, Strateji Merkezi. Ulusal UAS –CBS- bazlı veri tabanı ve afet yönetimi odaklı karar destek sistemi standardının oluşturulması projesi.

[40] **Otay, N. E. And Özkan Ş.,** 2003. Stochastic Prediction of maritime accidents in the Strait of İstanbul, *Proc. 3rd Intl. Conf. on Oil Spills in the Mediterranean and Black Sea Regions*. Istanbul, 55-64.

ÖZGEÇMİŞ

Sançar Buhur 1980 yılında Edirne'nin Keşan ilçesinde doğmuştur. Lise öğrenimini, Behçet Kemal Çağlar Süper Lisesi'nde tamamlamıştır. 1999–2004 tarihleri arasında lisans öğrenimini İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde yapmış, bölüm ikincisi olarak mezun olmuştur. BİMTAŞ Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümünde uzman olarak çalışmaktadır.