

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE BİLGİ DİFÜZYONU YÖNTEMLERİ
YARDIMIYLA, TAŞKIN RİSK ANALİZİ YAZILIMININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aybike SARAL**

Anabilim Dalı : İletişim Sistemleri

**Programı : Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan
Algılama**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU

TEMMUZ 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE BİLGİ DİFÜZYONU YÖNTEMLERİ
YARDIMIYLA, TAŞKIN RİSK ANALİZİ YAZILIMININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Aybike SARAL
(705081015)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Temmuz 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Temmuz 2010**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Dursun Z. ŞEKER (İTÜ)
Prof. Dr. Fatmagül BATUK (YTÜ)**

TEMMUZ 2010

Annem ve Rahmetli Anneanneme,

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama programında gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında taşkın risk analizi gerçekleştiren bir yazılım geliştirilmiş ve çalışma alanı olarak da Ayamama Deresi seçilmiştir.

Çalışmada öncelikle tez danışmanlığımı üstlenen ve tezimin her aşamasında bilgi ve birikimi ile beni yönlendiren, benden hoşgörüsünü ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Veri temini konusunda bana yardımcı olan ve bilgi birikimini benimle paylaşan Araş. Gör. Orkan ÖZCAN'a, meteorolojik verilerin temini için Hasan ÖZDEMİR'e, jeoloji haritası için BİMTAŞ'a, arazi kullanım haritası için UHUZAM'a çok teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması sürecini yardımlarıyla ve güler yüzüyle kolaylaştıran değerli arkadaşım Muhammed Ali DEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitimim süresince bana her konuda tam destek veren aileme ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

Temmuz 2010

Aybike SARAL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	4
1.2 Literatür Özeti	6
2. MATERYAL.....	11
2.1 Çalışma Alanı.....	11
2.2 Kullanılan Veriler	12
2.2.1 Uydu görüntüleri	13
2.2.2 Topografik veri.....	14
2.2.3 Eğim özellikleri	15
2.2.4 Bakı özellikleri	16
2.2.5 Jeoloji özellikleri	17
2.2.6 Arazi kullanımı.....	19
2.2.7 Yağış	20
2.2.8 Hidrolojik toprak grupları.....	20
2.2.9 Nem içerikleri.....	23
3. YÖNTEM.....	25
3.1 Riskin Tanımı ve Değerlendirilmesi	26
3.2 Risk Analizi İçin Kullanılan Yöntemler	27
3.2.1 Çok kriterli karar verme yöntemi	27
3.2.1.1 Analitik hiyerarşi yöntemi	28
3.2.2 Bilgi difüzyonu teorisi	32
3.2.3 SCS-CN (Soil conservation service – curve number) yöntemi.....	35
4. AYAMAMA DERESİ TAŞKIN RİSKİNİN, TRA YAZILIMI İLE BELİRLENMESİ.....	39
4.1 Sistemin Kullanılabilmesi İçin Gereken Parametreler ve Yazılımlar	39
4.2 TRA (Taşkın Risk Analizi) Yazılımının Arayüzünün Tasarımı ve VB.NET Dilinde Geliştirilmesi	41
4.3 TRA (Taşkın Risk Analizi) Yazılımında Kullanılan Önemli Fonksiyonlar	54
4.3.1 AHP yönteminde kullanılan fonksiyonlar	54
4.3.2 Infodif yönteminde kullanılan fonksiyonlar	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ	75

KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
BD	: Bilgi Difüzyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	: Consistency Index
CN	: Curve Number
CR	: Consistency Rate
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
DEM	: Digital Elevation Model
INFODIF	: Information Diffusion
MCDA	: Multi Criteria Decision Analysis
RI	: Random Index
SCS - CN	: Soil Conservation Service – Curve Number
TRA	: Taşkın Risk Analizi
TÜMAS	: Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi
UKVA	: Ulusal Konumsal Veri Altyapısı

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar (1).....	2
Çizelge 1.2 : Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar (2).....	2
Çizelge 1.3 : Taşkın bilançosu.	3
Çizelge 2.1 : Eğri numaraları.	22
Çizelge 2.2 : Ayamama Deresi için CN değerleri.	22
Çizelge 2.3 : Yıllık ortalama bağıl nem Florya İstasyonu.	23
Çizelge 3.1 : Önem skalası.....	29
Çizelge 3.2 : 1-15 ölçeğinde rastgelelik indeks değerleri.	31
Çizelge 3.3 : Antecedent nem içeriği için belirlenen kategoriler.	36

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Afet Koordinasyon Merkezi istasyonlarına göre 7-10 Eylül 2009 tarihleri arasındaki günlük toplam yağışlar.....	5
Şekil 2.1 : Çalışma alanının konumu.....	11
Şekil 2.2 : Çalışmada kullanılan başlıca veriler ve yazılımlar.....	12
Şekil 2.3 : SPOT-5 uydu görüntüleri.....	14
Şekil 2.4 : Ayamama Deresi SYM.....	15
Şekil 2.5 : Ayamama Deresi eğim haritası.....	16
Şekil 2.6 : Ayamama Deresi bakı haritası.....	17
Şekil 2.7 : (a) Ayamama Deresi jeoloji haritası, (b) Jeoloji haritası lejantı.....	18
Şekil 2.8 : Ayamama Deresi arazi kullanım haritası.....	20
Şekil 2.9 : İstanbul için yıllık ortalama bağıl nem(%).....	23
Şekil 3.1 : TRA yazılımı AHP yöntemi akış şeması.....	32
Şekil 3.2 : TRA yazılımı InfoDif yöntemi akış şeması.....	35
Şekil 4.1 : ArcGIS kontrolleri.....	40
Şekil 4.2 : TRA arayüz ana formu.....	41
Şekil 4.3 : (a) TRA AHP Yöntemi, (b) TRA Infodif Yöntemi.....	42
Şekil 4.4 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi.....	42
Şekil 4.5 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıkların belirlenmesi.....	43
Şekil 4.6 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıklar.....	43
Şekil 4.7 : Tutarlılık analizi sonucu.....	44
Şekil 4.8 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Parametrelerin ağırlıklandırılması.....	44
Şekil 4.9 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Kriter ağırlıkları.....	45
Şekil 4.10 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Jeoloji için alt kriter ağırlıkları.....	45
Şekil 4.11 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Yükseklik için alt kriter ağırlıkları.....	45
Şekil 4.12 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Eğim için alt kriter ağırlıkları.....	46
Şekil 4.13 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Bakı için alt kriter ağırlıkları.....	46
Şekil 4.14 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Arazi kullanımı için alt kriter ağırlıkları.....	46
Şekil 4.15 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıklandırma sonucu (1).....	47
Şekil 4.16 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıklandırma sonucu (2).....	47
Şekil 4.17 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Oluşturulan risk haritası.....	48
Şekil 4.18 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Sınıflandırma.....	48
Şekil 4.19 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Sınıflandırılmış risk haritası.....	49
Şekil 4.20 : Özellik katmanına dönüştürme.....	50
Şekil 4.21 : Öznitelik Tablosu.....	50
Şekil 4.22 : Alan hesaplama.....	51
Şekil 4.23 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi.....	52
Şekil 4.24 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Verilerin listelenmesi.....	52
Şekil 4.25 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Analiz sonuçları (1).....	53
Şekil 4.26 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Analiz sonuçları (2).....	54
Şekil 4.27 : Ölçüt ve alt parametrelerin listelenmesi.....	54
Şekil 4.28 : (a,b) Ölçüt katmanlarının ağırlıklarının hesaplanması.....	55

Şekil 4.29 : Tutarlılık analizi kontrol.....	55
Şekil 4.30 : Tutarlılık analizi hesaplama.....	56
Şekil 4.31 : Tutarlılık analizi sonuç.....	56
Şekil 4.32 : (a, b, c) Harita oluşturma.....	58
Şekil 4.33 : (a, b, c) Raster – Feature çevrimi.....	59
Şekil 4.34 : Öznitelik tablosu değer okuma.....	59
Şekil 4.35 : Belirlenen sınıf sayısına göre sınıflandırma.....	59
Şekil 4.36 : Belirlenen sınıf sayısına göre renkleri ayarlama.....	60
Şekil 4.37 : Sınıflandırma.....	60
Şekil 4.38 : Öznitelik tablosuna “Area” alanının eklenmesi.....	60
Şekil 4.39 : Sınıflandırılmış bölgelerin alan hesabı.....	61
Şekil 4.40 : (a, b) Dosyadan veri alma fonksiyonu.....	62
Şekil 4.41 : Maksimum ve minimumun değer belirleme.....	62
Şekil 4.42 : Difüzyon sabitinin belirlenmesi.....	63
Şekil 4.43 : Yayılma fonksiyonu hesaplanması.....	63
Şekil 4.44 : (a,b) Olasılık değeri hesaplama.....	64
Şekil 4.45 : Sonuç değerinin yazdırılması.....	64
Şekil 5.1 : Ayamama Deresi taşkın risk haritası.....	66

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE BİLGİ DİFÜZYONU YÖNTEMLERİ YARDIMIYLA, TAŞKIN RİSK ANALİZİ YAZILIMININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, taşkın risk analizini, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ve Bilgi Difüzyonu (BD) yöntemlerini kullanarak gerçekleştiren bir yazılım tasarlanmıştır.

Yazılımda eğim, bakı, yükseklik, jeoloji ve arazi kullanımı olmak üzere 5 adet kriter değerlendirmeye alınmıştır. Bu kriterlerin, geliştirilen modelde kullanılabilmesi için, İstanbul'un Avrupa yakasının 2,5 metre çözünürlüklü SPOT-5 uydu görüntüsünden elde edilen sayısal yükseklik modelinden, Ayamama Deresi Havzası çıkarılmış ve bu SYM'den arazinin eğim ve bakı değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanına ait arazi kullanımı verisi ise 2,5 metre SPOT 5 uydu görüntüsünden elde edilmiş ve üzerinde program için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bütün bu veriler, programın Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodu ile risk analizi yapan kısmına girdi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen yazılımda çalışma bölgesi için taşkın duyarlılığı, bütün bu kriterler ve bu kriterlerin sahip olduğu alt kriterlerin ağırlıklandırılmasıyla hesaplanmıştır. 1975 yılından 2009 yılına kadar, her yılın günlük yağış verileri alınmış olup, bu verilerden SCS-CN metodu kullanılarak, programın, risk analizini gerçekleştirmek için kullanılan, ikinci yöntemi için gerekli olan günlük akım verileri elde edilmiştir. Bu günlük akım verileri programa parametre olarak girilmiş, taşkın risk analizi gerçekleştirilmiş ve kullanıcıya analiz sonucu rapor şeklinde sunulmuştur.

İki farklı yöntem kullanarak taşkın riskinin analizini gerçekleştiren TRA yazılımının, farklı karar problemlerinin risk analizini gerçekleştirmede etkili bir model olduğu ve risk analizi gerçekleştiren klasik yöntemlere göre daha hızlı ve daha gerçekçi bir sonuç ürettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Risk Analizi, AHY, BD, ÇKKV, SCS-CN.

A SOFTWARE DESIGN FOR FLOOD RISK ANALYSIS WITH THE HELP OF MULTI CRITERIA DECISION ANALYSIS AND INFORMATION DIFFUSION METHODS

SUMMARY

In this study, a software was designed for the flood risk analysis with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Information Diffusion(InfoDif) methods.

According to the software, five evaluation criterias were taken into account, which were slope, aspect, elevation, geology and land use. The Digital Elevation Model (DEM) of the Ayamama River Basin was acquired from the SPOT 5 satellite image with 2.5-meter spatial resolution, DEM of the European side of Istanbul and slope and aspect values of the study basin were extracted from this DEM with ArcGIS 9.3.1.

The land use and change detection of the Ayamama Creek was obtained by performing object-oriented nearest neighbor classification method by image segmentation on SPOT 5 image with 2.5-meter spatial resolution. These data were used as an input for the part of Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) method of this software. Criterias and their each sub criteras were weighted and flood vulnerability was determined with MCDA-AHP.

Daily flood data was collected between 1975 to 2009 years and the daily flood peak discharge was calculated with the method of SCS-CN. Moreover, these data were used as an input in the software for the part of InfoDif.

It has been seen that the TRA software which use two different methods for flood risk analysis, can be more effective, for achieving different decision problems, from classical methods and produce more faster and reliable results.

Keywords: Flood Risk Analysis, AHP, Infodif, MCDA, SCS-CN.

1. GİRİŞ

Taşkınlar kendi ülkemizde olduğu kadar tüm dünyada da, başta yaşanan çevre olmak üzere, insanların sosyal ve ekonomik hayatlarını etkileyen en önemli doğal afetlerden birisidir. Taşkınların ülkemizde yarattığı zararın en büyük nedeni, dere yataklarına verilen imar izni sonucu bu bölgede kurulan yerleşimin, dere yatağını kapatmasıdır. Bu durumda derenin, şiddetli yağış sonucunda, debisinin artmasıyla daralan yatağından taşması ve denize ulaşabilmesi için önüne çıkan yerleşimi sular altında bırakması kaçınılmazdır. İnsanoğlunun çevreyi, çıkarları doğrultusunda, tabiatın dengesini bozacak şekilde değiştirmesi yaşanacak felaketlerin ana kaynağını oluşturmaktadır.

Şiddetli yağış ve/veya kar erimesinden dolayı oluşan ve akarsu yatağında taşma gösteren akışa taşkın adı verilmektedir (Ağırlioğlu, 2007). Suların bulunduğu yerde yükselerek veya başka bir yerden gelip genellikle kuru olan yüzeyleri kaplamasına ise sel adı verilmektedir. Sel ve taşkın terimlerinin çoğu zaman eş anlamlı terimler olarak kullanılmasına karşılık, sellerin daha çok yukarı havzalarda ve yan derelerde ani olarak meydana gelen ve fazla miktarda katı materyal içeren yüksek su akışlarını, taşkınların ise daha çok vadi tabanlarında ve aşağı havzalarda meydana gelen ve sellere oranla daha küçük boyutlu materyal içeren yüksek su akışlarını ifade ettiği bilinmelidir. Ancak konuya ilişkin olarak dilimize yerleşmiş bazı teknik terimleri değiştirmemek için zaman zaman sel ve taşkın terimlerini eş anlamda kullanmak ve bu ikisi arasında kesin bir ayrım yapmamak anlam bütünlüğü açısından daha uygun görülmektedir (Parlak, 2006).

Günümüzde rastlanılan en yaygın taşkın oluşma sebebi; kuvvetli yağmur fırtınalarında drenaj sistemlerindeki yetersizlik sonucu, ana nehir kanallarının tamamen dolu olması ile meydana gelen taşmalar nedeniyle oluşan sellerdir. Dağlık bölgelerde ise seller, kar erimesi veya yağışla birleşen kar suyundan meydana gelmektedir Çok nadir olarak da barajların çökmesi ve taşmasından kaynaklanan sellere rastlanılmaktadır. Sel ve taşkınlar, ülkemiz de dahil olmak üzere dünyanın

birçok bölgesinde önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır (Onuşluel ve Harmancıoğlu, 2002).

Dünyadaki taşkın olaylarına bakılacak olursa, Çizelge 1.1’de görüldüğü üzere taşkınlar ve sonucunda can ve mal kayıpları en çok Bangladeş ve Çin’de meydana gelmiştir.

Çizelge 1.1 : Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar (1).

Ülke	Sebeep Olan Olay	Ölü Sayısı
Çin	1887 Sarı Nehir (Huang He) Seli	900.000 – 2.000.000
Çin	1931 Çin Selleri	2.500.000 – 3.000.000
Çin	1938 Sarı Nehir (Huang He) Seli	500.000–700.000
Çin	1975 Nina Tayfunu sebebiyle Banqiao barajının yıkılması	231.000 (86.000 kişi sel, 145.000 kişi sel sonucu hastalıklar nedeniyle)
Hindistan (Tamil Nadu Bölgesi), Tayland, Maldivler	2004 Hint Okyanusu Tsunamisi sonucu oluşan sel	230.000

Uluslararası Acil Afetler Veritabanı verilerine göre (Çizelge 1.2), dünyada 1900-2008 yılları arasında; toplam 2238 taşkın olmuş, 2 milyara yakın kişi etkilenmiş, 3 milyona yakın kişi hayatını kaybetmiş, 200 milyar dolar üzerinde zarar oluşmuştur.

Çizelge 1.2 : Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar (2).

Yıl	Taşkın Yeri	Taşkın Sayısı	Ölü Sayısı	Su Altında Kalan Alan(km ²)	Toplam Zarar(\$)
1953	Hollanda	1	1,800	Ülkenin çoğunluğu	1.900.000
1969-1981	ABD	32	1,185	-	206.000.000
1993	ABD	2		4 milyon	14.000.000
1997	Polonya	1	54	665.000	11.000.000
2003	Hindistan	1	67	117.900	43.000
2007	Çin	1	23	1.680	1.200.000
1900-2008	Dünya	2238	2.981.285	-	201 milyar

Türkiye’de, 1989-2005 yılları arasında meydana gelen taşkınların verdiği kayıpların dağılımı Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.3 : Taşkın bilançosu.

Yıl	Taşkın Sayısı	Ölü Sayısı	Su Altında Kalan Alan(Hektar)	Toplam Zarar(\$)
1989	10	1	9.500	1.900.000
1990	26	57	7.450	206.000.000
1991	23	23	15.770	14.000.000
1992	14	1	690	11.000.000
1993	2	-	60	43.000
1994	9	4	1.680	1.200.000
1995	20	164	201.100	1.100.000
1996	4	1	11.000	1.200.000
1997	1	-	1.390	60.000
1998	2	57	7.000	600.000
1999	1	3	-	-
2000	4	-	8.066	-
2001	6	8	43.297	85.312.500
2002	2	27	510	4.375.000
2003	21	7	64.200	-
2004	19	3	25.750	-
2005	33	14	13.855	69.689.000

Çizelgeden de görüldüğü üzere ülkemizde 1989-2005 yılları arasında toplam 197 sel ve taşkın olayı meydana gelirken, bu olaylarda 370 kişi hayatını kaybetmiştir. 411,318 ha tarım ve yerleşim alanını su basmış, 2 milyar dolarlık ekonomik kayba sebep olmuştur. 1989-2005 yılları arasında oluşan taşkınlarda en fazla can kaybı 1995 yılında yaşanmıştır. 1995'de meydana gelen 20 taşkında 201 bin 100 hektar alan su altında kalmış, 164 kişi hayatını kaybetmiştir. Tespit edilen zarar tutarı 1 milyon 100 bin dolar olarak hesaplanmıştır. 1998 yılındaki iki taşkında ise 600 bin dolar maddi zarar belirlenirken, 57 kişi hayatını kaybetmiştir. 2001 yılına kadar 1990, 1991 yıllarında 20'nin üzerinde taşkın olayı yaşanırken, 1997 ve 1999 yıllarında sadece birer taşkın meydana gelmiştir. 1995 yılında yaşanan 20 taşkının ardından, 2001 yılına kadar 5 yıllık sürede gerçekleşen toplam taşkın olayı 12 olmuştur. Bu taşkınlarda da 61 kişi yaşamını yitirmiştir (Eroğlu, 2006).

Oluşacak taşkınların belirlenmesi, risk analizlerinin yapılması, afet öncesi ve sonrası planlamaların yapılabilmesinde sahip olunan bilgi büyük önem taşımaktadır. Bilginin üretilmesi ve organize edilmesi, uzun süreç alan çalışmalar gerektirmektedir. Sel ve taşkın risk analizi oldukça karmaşık ve birçok meslek grubunu ilgilendiren bir konudur. Bugünün dünyasında bilgi teknolojileri kullanılarak taşkın analizleri yapabilen sistemler oluşturulabilmekte ve bu afetler için önceden bir değerlendirme yapılabilmektedir. Günümüzde, ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi bu konuda

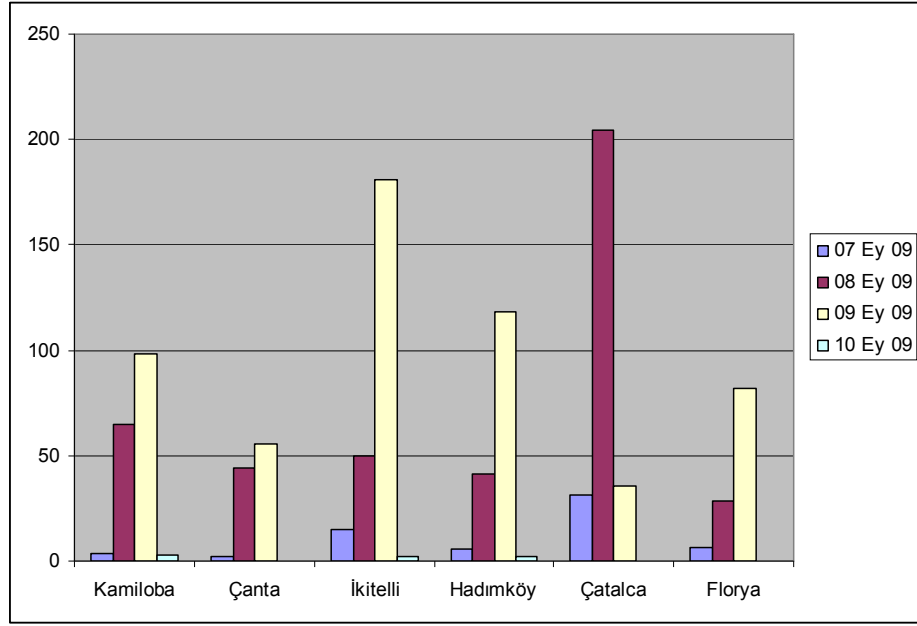
yapılan çalışmalar yavaş yavaş artmaktadır. Taşkınlar üzerinde yapılan bu çalışmalar genellikle DSİ Genel Müdürlüğü ve bölge müdürlükleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

1.1 Amaç ve Kapsam

İstanbul sadece günümüzde ya da yakın geçmişte değil 557 yıllık tarihi boyunca sellere maruz kalmış bir metropoldr. Osmanlı arşivlerinden edinilen bilgilerde, 450 sene önce, İstanbul dönemin en büyük sel felaketine maruz kalmış ve susuzluk çekmiştir. İçmesuyu kaynakları zarar görmüş ve pek çok köprü yıkılmıştır. Bu durumun oluşmasında rol oynayan derelerin başında Ayamama ve çevresindeki dereler gelmektedir (Safi, 2009).

İstanbul'da 2009 yılında meydana gelen, 31 kişinin yaşamını yitirdiği ve yaklaşık zararın 150 milyon euro (€) olduğu bildirilen sel felaketinde, Ayamama Deresi son 500 yılın üzerinde yağış almış, İstanbul, can ve mal güvenliğini tehlikeye düşüren sonuçlarla karşılaşmıştır (Demir, 2010).

Avamama Deresi bu felakette, taşkın düzlüğünde 100-150 m genişliğinde bir alanda 6-7 m yükselerek tır garajında bulunan araçları sürüklemek suretiyle can ve mal kaybına yol açmıştır. İstanbul İkitelli-Ayamama Havzası'nda yapılan etütlerde, bölge 7-8 Eylül tarihlerinde önemli miktarda yağış almış, 9 Eylül sabaha karşı havzaya çok şiddetli bir yağış dalgası gelmiş, toprağın doygun olması nedeniyle yağış büyük oranda yüzeysel akışa geçerek saat 07.30'da sel/taşkına neden olmuştur (şekil 1.1). 1982 tarihli hava fotoğraflarına göre hemen hemen hiç yapı bulunmayan Ayamama havzasının % 68'inin yapılaşmış olduğu, geri kalan %32'sinin ise askeri bölge olması nedeni ile yapılaşmaya konu edilemediği grlmştir. Yüksek yapılaşma oranı yağış-akış oranını yükseltmiştir. Ayamama Deresi Havzası, yukarı kısımda O3 (eski adıyla TEM) otoyolu ile bölünmüş olup, burada oluşan sel ilk aşamada otoyol dolgusunun yukarısında toplanmış, buradaki menfez büyük su kütlelerinin Ayamama Deresi'nin taşkın yatağına ulaşma hızını azaltmıştır. O3 otoyolunun aşağısında ise Basın Ekspres Yolu olarak adlandırılan yol, Ayamama Deresi'nin taşkın yatağı üzerinde bulunması nedeniyle mevcut kanal yukarıdan gelen büyük su kütlesini drene edememiş ve yolun iki tarafında eski taşkın yatağına kurulmuş binalar ve yerleşimler su altında kalmıştır (Hızal, vd., 2009).



Şekil 1.1 : Afet Koordinasyon Merkezi istasyonlarına göre 7-10 Eylül 2009 tarihleri arasındaki günlük toplam yağışlar.

Bu çalışmanın amacı, risk analizi yapan bir yazılım geliştirmektir. Yazılımda ana amaç kullanıcının rahatlıkla anlayabileceği bir arayüz tasarımı yapmak ve kullanıcının, geliştirilen sistemin dışında başka yazılımlara ihtiyaç bırakmadan, istenilen konularda (heyelan, çığ, taşkın, sel, deprem, kasırga, orman yangını, yanardağ patlamaları vb.) risk analizi yapmasını sağlamaktır. Yazılımda ön planda tutulan diğer bir konu ise, sistemin oluşturduğu harita ve raporların kullanıcı tarafından anlaşılabilir olmasıdır. Bunun için oluşturulan haritada gereken sınıflandırmalar kullanıcının isteğine bağlı olarak yapılmış ve sunulan raporlarda teknik terim kullanımı en aza indirgenmiştir.

Bir çok kurum, risk analizi ve yönetimi sürecinde, maliyetleri azaltmak ve süreci kolaylaştırmak için otomatikleşmiş ticari yazılımlar kullanmaktadır. Bunlardan bazıları;

BDSS (Bayesian Decision Support System): OPA isimli şirket tarafından geliştirilmiştir. Hem nicel, hem nitel yöntemleri kullanan bir araçtır (OPA, 1982).

RDK (Risk Developer Kit): Risk Geliştirme Aracı, Microsoft Office Excel için .Net ile üretilmiş bir araçtır. Palidase adlı şirket tarafından geliştirilmiştir. Monte Carlo simülasyon yöntemini kullanmaktadır (Paladise, 1987).

CRAMM: İngiliz hükümetinin tercih ettiği resmi risk analiz yönetimidir. United Kingdom Central Computer and Telecommunication Agency's tarafından 1987 yılında

geliştirilmiştir. Nitel yöntemlere (qualitative) dayanmaktadır. Karşı önlem seçme bölümü tamamen yazılım tarafından yapılmaktadır. Büyük bir açıklık ve karşı önlem kütüphanesi mevcuttur (Karabacak, 2006).

BUDDY SYSTEM: Countermeasures adlı şirket tarafından geliştirilmiştir. Nicel yöntemleri kullanmaktadır. Bu sistem risk analizi ve risk yönetimi olmak üzere iki safhadan oluşmaktadır. (Countermeasures, 1998).

ALRAM (Automated Livermore Risk Analysis Methodology): Lawrence Livermore ulusal laboratuvarı tarafından, Amerikan hükümeti için geliştirilmiştir. Nicel yöntemleri kullanmaktadır (Uslu, 2000).

ARES (Automated Risk Evaluation System): Air Force kriptoloji destek merkezi tarafından geliştirilmiştir. Nicel bir risk analiz aracıdır (Uslu, 2000).

COBRA: İngiliz danışmanlık şirketi tarafından ortaya konan bir risk analizi, danışmanlık ve güvenlik inceleme yazılımıdır. Nitel yöntemleri kullanan anket bazlı bir yazılımdır. COBRA risk analizi aracı modüler ve esnek bir yapıya sahiptir. COBRA 5 modülden oluşmaktadır. Bu modüllerin her biri kendi konusunda sorulardan oluşan bir ankettir. Yöntem sorulara verilen cevapları toplayıp, bu cevaplara göre bir risk analizi raporu hazırlamaktadır (Yaralıoğlu, 2004).

Bu çalışma kapsamında risk analizi yazılımı geliştirilirken, Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu yöntemleri kullanılmış ve Ayamama Deresi hem geçmişteki hem de günümüzdeki yaşadığı sellerden ötürü çalışma alanı olarak seçilmiş ve bu bölgede olası bir taşkının yaratacağı etki harita ve raporlar üzerinde gösterilmiştir.

1.2 Literatür Özeti

Bu çalışmada, risk analizini gerçekleştirebilmek için, yaygın olarak kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve literatürde risk analizi olarak yeni yeni kullanılmaya başlanmış olan Bilgi Difüzyonu yöntemleri kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi baz alındığında, literatürde bol miktarda çalışma olduğu görülmektedir. Bu bölümde, literatürdeki çalışmaların bazıları özetlenmiştir.

Sel ve taşkın risk yönetiminde MCDA yöntemi literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Eastman vd. (1995), CBS verileri ile çok amaçlı karar analizi yöntemlerini irdelemiş ve Nepal-Kathmandu Vadisi'nde tarımsal alanlarda halı endüstrisinin gelişiminin düzenlenmesi problemi üzerinde yöntemi incelemişlerdir. Elde ettikleri her sonucu birbirleri ile karşılaştırarak, çıkan sonuçların birbirinden farklı olduğunu belirlemişlerdir.

Penning Rowsel vd. (2003), sel risk analizi için AHP yöntemini irdelemiştir. Bu yöntemle olası bir selin yaşam riski, hata durumu, güvenilirlik, yerel sosyo-ekonomik etki, pozitif çevresel etkileri, negatif çevresel etkileri gibi konuları ele alınmıştır. Ayrıca selin oluşturacağı zararın azaltılmasında ağırlıklandırmanın duyarlık analizini yapan bir uygulama geliştirmişlerdir. Sonuçta elde edilen duyarlılık tüm kriterler için en yüksek ağırlığı vererek kontrol edilmiştir.

Brouwer ve Van Ek (2004) Hollanda'da, uzun dönemli sel risk yönetimi konusunu MCDA yöntemini kullandığı DEFINTE yazılımı ile ele almıştır. Bana E Costa vd (2004) Portekiz'deki alternatif sel ve taşkın kontrol önlemlerini değerlendirmeleri için MACBETH yaklaşımını kullanmışlardır. Sinha vd (2008), Kosi Nehri'nde CBS tabanlı sel risk analizini AHP yöntemi ile gerçekleştirmiş ve kriterler olarak nüfus yoğunluğu, aktif kanalların uzaklığı, yükseklik, arazi kullanımı, kültür ve geomorfolojik özellikler gibi bilgileri baz almıştır. Sonuç olarak AHP yönteminin sel risk analizi için etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

RPA (2004), sel risk analizi problemini AHP yöntemiyle incelemiş ve kriterler olarak; ekonomik, çevresel, sosyal ve maliyet gibi özellikleri kullanmıştır. Sonuç olarak birden fazla karar vericinin olduğu durumlarda ÇKKVY'de en çok zaman alıcı ve en çok tartışmaya yol açan kısmının, karar noktalarının ağırlıklandırılması olduğu ve üzerinde çok hassas olunması gerektiği vurgulanmıştır.

Tapsell (2007)'de CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerini sel risk yönetiminde kullandığı bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yaklaşım, sel risklerini finansal yönden değerlendirme, mekansal dağılımını gösterme ve kesin olmayan kriter değerleriyle mücadele edip bunların tüm sisteme etkileri gibi konulara cevap bulma yeteneğine sahip olarak geliştirilmiştir.

Buhur (2007)'de tehlikeli yük taşımacılığının boğaz ön ve geri görünüm sınırları içinde risk altında bırakacağı alanların tespiti için, geçmişte olan kazaların yerleri, gemilerin rota değişiklikleri, bölgedeki kritik tesisler, arazinin eğimi ve kullanım

sınıfları, bölgenin nüfusu ve bina sayısı dikkate alınarak risk analizi yapılmıştır. Çalışma sonunda riski belirleyen faktörler bir araya getirilerek risk formülü bulunmuş ve bu formül dikkate alınarak riskli bölgeler tespit edilmiştir.

Özcan (2008), Sakarya il sınırlarını da içine alan Sakarya Nehri alt havzasındaki taşkın risk analizini Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemlerinden faydalananarak gerçekleştirmiştir. Risk analizi çalışmasında, Hidrolojik ve Hidrolik model ile birlikte Çok Kriterli Karar Verme Analizi - AHY kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, uygulanan iki yöntemin karşılaştırılması yapıp sonuçlar değerlendirilmiştir. Buna göre, yapılan risk analizlerinde MCDA'dan alansal olarak daha yüksek risk değerleri elde edilmiştir. MCDA'da kullanılan kriterlerin yeterli olmaması ve bu kriterler arasındaki sınırlamaların, Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme'ye göre daha az olması, iki yöntemden elde edilen sonuçların farklılıklarının sebebi olarak sunulmuştur.

Öztürk (2009), Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA) kapsamında orta ve küçük ölçekli sel ve taşkın duyarlılık katmanlarının hazırlanması için, Çok Ölçütlü Karar Analizine (ÇÖKA) dayalı bir model tasarlamış ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında bir ÇÖKA arayüzünü geliştirmiştir. Bu modelde yağış, yükseklik, eğim, baki, alt havzaların büyüklüğü ve drenaj yoğunluğu olmak üzere toplam altı adet ölçüt değerlendirmeye alınmış ve ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde sıralama ve ikili karşılaştırma; ölçüt katmanlarının normalleştirilmesinde en büyük değere göre doğrusal ölçek dönüşümü; ÇÖKA için basit ağırlıklı toplam, analitik hiyerarşi ve sıralı ağırlıklı ortalama yöntemleri kullanılmıştır ve elde edilen sel ve taşkın duyarlılığı; çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere beş sınıfta değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmı olan Bilgi Difüzyonu yöntemi ise sel risk analizi için literatürde pek yaygın kullanılsada, genel olarak yaygın bir kullanıma sahiptir.

Huang Chongfu (1997)'de, bilgi difüzyonu yönteminin özelliklerini ve matematiksel olarak yöntemin nasıl kullanıldığını irdelemiş, iki örnek üzerinde de detaylı olarak açıklamıştır. 1999 yılında bu sefer bilgi difüzyonu yöntemini radar sinyallerini işlemek için kullanmıştır. 2002 yılında yayınladığı bir makalede bilgi difüzyonu tekniklerini (soft histogram, self-study regression, interior – outer set model) açıklamış ve bir örnek üzerinde doğruluklarını irdelemiştir. Aynı yıl, yayınladığı bir

başka bildiride, Infodif yöntemini ekili arazide oluşabilecek riskler üzerinde kullanmıştır. Ayrıca kendisi Bilgi Difüzyonu yöntemini sel risk analizi için ilk kullanan kişidir. L. H. Feng ile birlikte 2008 yılında yazdıkları bir makalede sel risk analizini Songhua Nehri Havzası için 25 yıllık afet etki oranları bilgilerini kullanarak gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, Bilgi Difüzyonu yönteminin veri sıkıntısı çekilen alanlarda risk analizi gerçekleştirmede geleneksel olasılık yöntemlerine göre daha iyi sonuç verdiği karşılaştırmalar şeklinde gösterilmiştir.

Bu yöntemi diğer kullananlar ise Lihua Feng ve Gaoyuan Luo'dur (Feng, L, vd, 2008). 2008 yılında yayınladıkları bildiride, Infodif yöntemini Qujiang Nehri için sel risk analizini belirlemede kullanmışlardır. Huang Chongfu'dan farklı olarak bildirilerinde Jinhua Hidrometrik İstasyonu'ndan elde ettikleri 26 yıllık akım verilerini kullanmışlardır. Bu çalışma sonucunda, yöntemin kısıtlı veri durumu söz konusu olsa bile oldukça kararlı analitik sonuçlar ürettiği gösterilmiştir ve yöntemin uygulanabilme açısından kolay olduğuna ve sonuçlarının rahatlıkla anlaşılabilir olduğuna değinilmiştir.

2. MATERYAL

2.1 Çalışma Alanı

Ayamama Deresi, İstanbul Avrupa yakasında, Esenler tarafından doğar, İkitelli’den geçip Mahmutbey ve Güneşli’ye varıp (Şekil 2.1), devamında Yenibosna’dan geçerek Ataköy’e ulaşır, oradan Marmara Denizi’ne dökülmektedir. Önemli bir bölümü Bahçelievler İlçesi’nde bulunan Ayamama Deresi, ıslah edilmekle birlikte çevreye verdiği korku ve zarar hala devam etmektedir. Günümüzde Ayamama Deresi’nin Ataköy’de kalan bölümünün üzeri, kapatılarak kullanılmaktadır. Ayrıca İkitelli Organize Sanayi Bölgesi de Ayamama Deresi Havzası’nda kurulmuştur (Einfalt, Keskin, 2010).

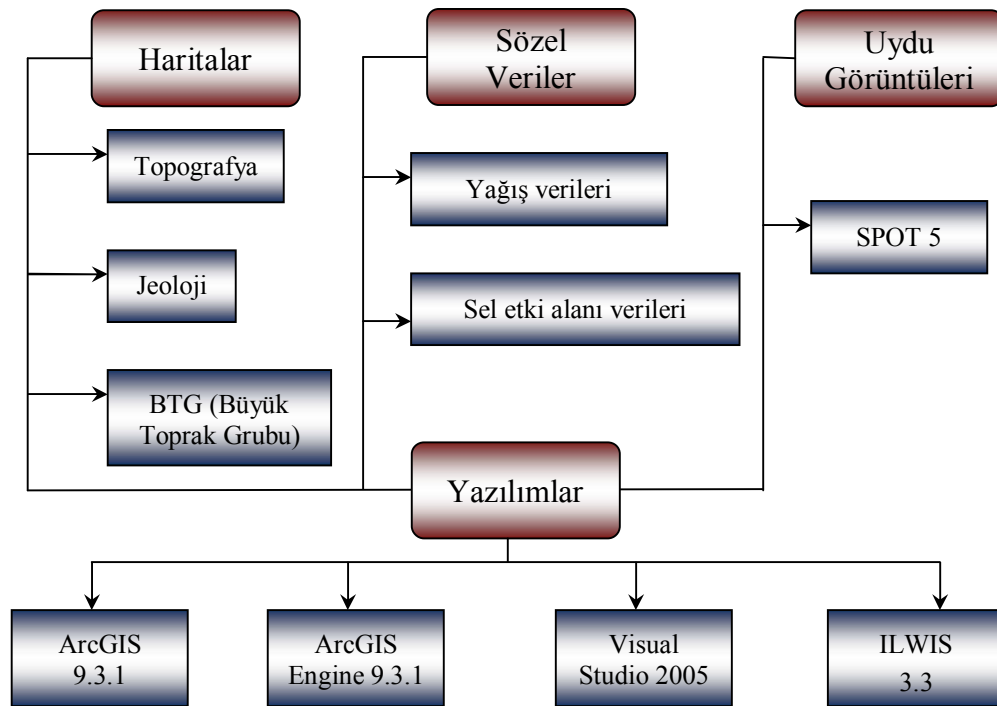


Şekil 2.1 : Çalışma alanının konumu.

Ayamama Deresi, 42 km uzunluğunda olup, 8 kolu bulunmaktadır. Derenin 8.5 kilometresi TEM ile E-5 karayolu arasında kalmaktadır. Dere Başakşehir'den itibaren sırası ile Bağcılar, Küçükçekmece ve Bahçelievler'den geçerek Bakırköy sınırları içerisinde Marmara Denizi'ne bağlanmaktadır. Dere yatağı üzerinde tamamen veya kısmen işgalli yapılar bulunmakta ve bu işgalli yapılar kısmen duvar veya yapı şeklinde olmaktadır. Hava fotoğrafları ve yerinde yapılan tespitlere göre derenin iki yakası boyunca tespit edilen yapı sayısı (duvar işgalleri dahil) 108 adet olarak belirlenmiştir. Yapılaşmanın yüzde 61'i TEM ile E-5 Karayolu arasında, yüzde 39'u ise TEM'in kuzeyinde yer almaktadır (İBB, 2009).

2.2 Kullanılan Veriler

Çok Kriterli Karar Verme ve Bilgi Difüzyonu yöntemlerini kullanarak risk analizi yapan yazılımda kullanılan başlıca veriler Şekil 2.2'deki gibidir.



Şekil 2.2 : Çalışmada kullanılan başlıca veriler ve yazılımlar.

Programın birinci bölümü olan AHP yöntemiyle taşkın risk analizi için; sayısal yükseklik modeli, bu sayısal yükseklik modelinden elde edilmiş eğim ve bakı haritaları, arazi kullanımı haritası, stragrafi ve yapısal jeoloji haritası olmak üzere beş adet veri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan ikinci yöntem olan Bilgi Difüzyonu yöntemi içinse, Ayamama Deresi'nin günlük yağış verileri, nem içerikleri, arazi kullanımı, hidrolojik toprak grupları ve bölgede oluşan geçmiş taşkınların oluşturduğu hasar alanı verileri kullanılmıştır. Günlük yağış verileri, nem içerikleri, hidrolojik toprak grubu haritası ve arazi kullanımı verileri Ayamama Deresi'nin akım değerlerini elde etmede kullanılmıştır. Hidrolojik toprak grupları verisi için büyük toprak grupları haritası kullanılmıştır.

TRA yazılımı geliştirilirken, Visual Studio 2005 ortamında VB.Net programlama dili kullanılmıştır. Yazılımın haritalama kısmı için ArcGIS Engine yazılım geliştirme aracı kullanılmıştır. Yağış verilerinden akım verilerinin elde edilmesinde yardımcı olarak ILWIS 3.3 yazılımı kullanılmıştır.

2.2.1 Uydu görüntüleri

Çalışma kapsamında analizlerin yapılabilmesi bölgenin topografyası ve arazi kullanım bilgisi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılarak çalışma alanının sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş, ayrıca sınıflandırılmış görüntülerden de arazi kullanım sınıfları alınarak girdi olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanının topografik özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, yapılan çalışmalarda en önemli altlığı oluşturan topografik modeller, 2,5 metre mekansal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüsünden elde edilmiştir. Arazinin sayısal yükseklik modeli de yine bu uydu görüntüsünden elde edilmiş ve oluşturulan bu SYM'den arazinin eğim ve bakı değerleri çıkarılıp, programda girdi olarak kullanılmıştır. Arazi kullanımı haritası 2,5 metre mekansal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüsünden elde edilmiş ve ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılarak gerekli düzenlemeler yapılarak programda girdi olarak kullanılmıştır.

SPOT 5 uydusu, 4 Mayıs 2002'de Guyana Uzay Merkezi'nden Ariane-4 roketi ile uzaya fırlatılan ve SPOT - 1, 2, 3, 4 uydularının devamı niteliğinde olup, güneş senkronizasyonlu yörüngeye sahip bir Fransız uydusudur. Uydu yörüngesinin yüksekliği ortalama 822 km, yörünge eğiklik açısı 98.7°, uydu ömrü 5 yıldır. Uydu dünya çevresinde bir turunu 101.4 dakikada tamamlamakta, yörünge periyodu 26 gün olup, bu süre sonunda tekrar aynı noktaya gelmektedir. Uydu iki adet 5 m çözünürlüklü pankromatik, üç adet 10 m çözünürlüklü multispektral ve bir adet 20 m

özünürlüklü kısa dalga kızıl ötesi algılayıcıya sahiptir. Pankromatik algılayıcıdan elde edilen 5 m çözünürlüğe sahip görüntünün ilave bazı yazılımlarla 2.5 m çözünürlüğe örneklenmesi yeteneğine de sahiptir (Şekil 2.3) (Spot, 2010).



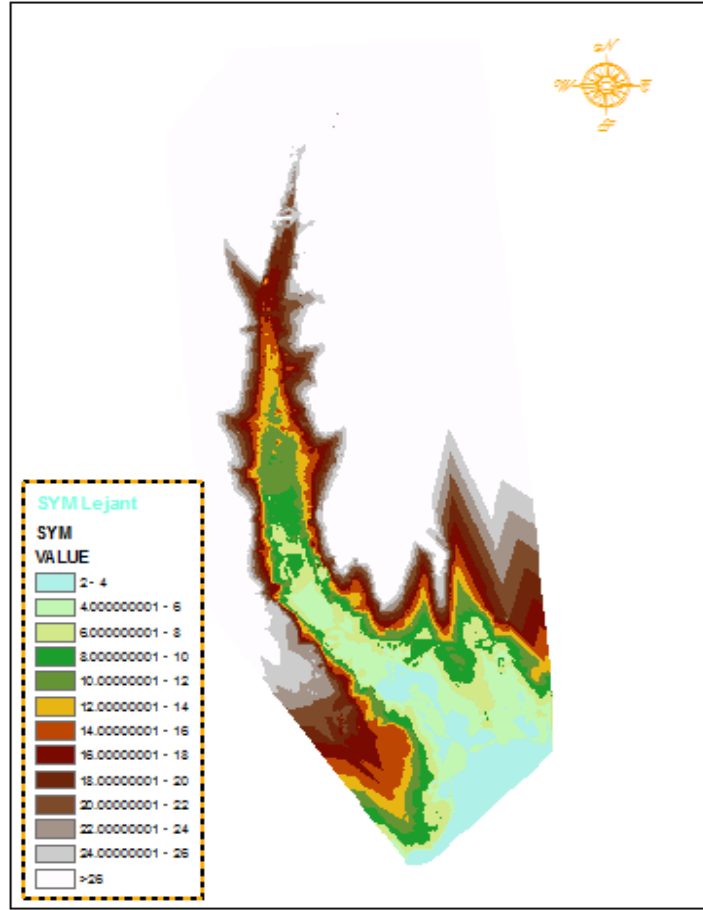
Şekil 2.3 : SPOT-5 uydu görüntüleri.

Uydu yörüngesi boyunca veya yan yana iki yörünge geçişi ile stereo görüntü alımı olanaklıdır. İki görüntü alımı arasındaki zaman farkı yaklaşık 90 saniyedir. Uydu algılayıcısı arazi üzerinde 60 km x 120 km’lik bir alanı aynı anda görüntüleyebilmektedir. Stereo görüntüleme yapabilmek amacıyla; öne, arkaya ve nadir doğrultusunda olmak üzere uyduda mevcut 3 algılayıcı ile aynı anda 3 ayrı görüntünün alımı olanaklıdır. SPOT-5 uydu görüntüleri; coğrafi bilgi sistemi oluşturulması, askeri uygulamalar, savunma hizmetleri, tarım, ziraat, haberleşme ağları, kentsel planlama, çevresel olayları izleme, orta ölçekli topografik harita ve ortofoto üretiminde kullanılmaktadır (Erdoğan, 2004).

2.2.2 Topografik veri

Yükseklik, yağış kayıplarını etkilemesi bakımından önem taşımaktadır. Yükseklik verilerinin elde edilmesinin zahmetli bir işlem olması nedeniyle klasik hidrolojik yöntemlerde yüzeysel akış kestiriminde çoğu zaman yükseklik bilgileri kullanılmamaktadır. Ancak, CBS ortamında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile akış haritalarının kombinasyonu, akış oranının belirlenmesi ve taşkın duyarlılığının belirlenmesinde etkin olarak kullanılabilir (Nyarko, 2002). Yükseklik, biriken yağış miktarını etkilemesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Görcelioğlu, 2003).

Programda kullanılan yükseklik girdisi için 2,5 metre mekansal özünürlüklü SPOT-5 uydu görüntüsünden arazinin sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.(Şekil 2.4)

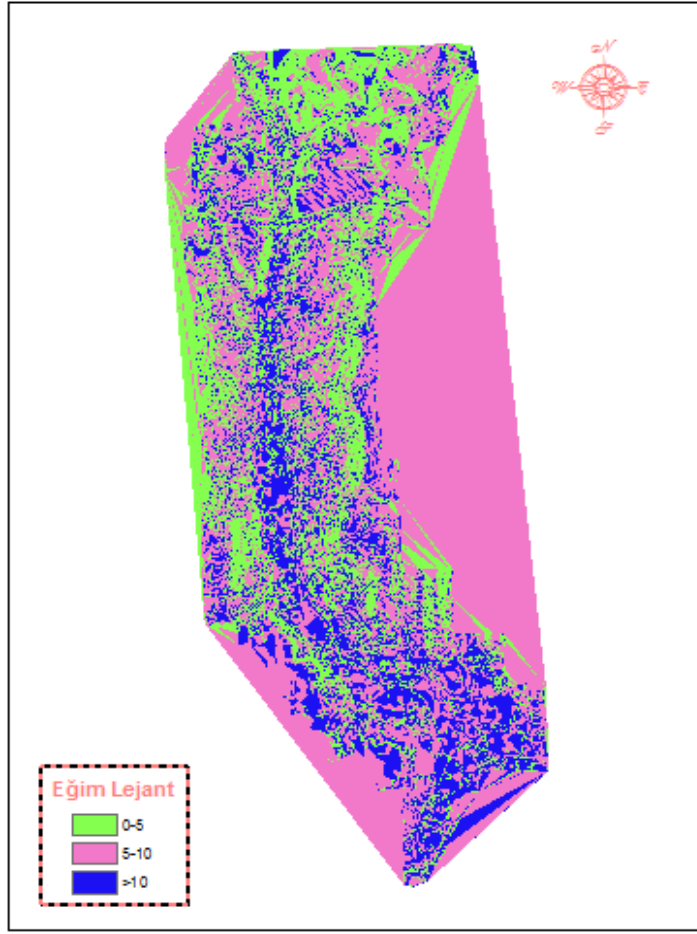


Şekil 2.4 : Ayamama Deresi SYM.

2.2.3 Eğim özellikleri

Yüzeysel akış, toprak nemi ve taban suyu tarafından akarsu akımına yapılan katkılar bakımından önemli bir faktördür (Görcelioğlu, 2003). Eğim, biriken yağış miktarını etkilemekte ve düşük eğimlerde taşkın süresi daha uzun olmaktadır (Özdemir, 1978). Bütün koşulların aynı olduğunu varsaydığımızda, eğimin fazla olduğu yerlerde, toprağın su tutma kabiliyetinin az olması nedeniyle, yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara oranla daha azdır. Bunun sonucunda akışa geçen su miktarı eğimin fazla olduğu alanlarda daha fazla olur. Bu alanlarda bitki örtüsünün de çok büyük önemi vardır. Bitki örtüsünün az olduğu yerlerde akarsuyun taşıdığı sediment miktarı daha fazladır (Özcan, 2008).

Programda kullanılan eğim girdisi için, arazi üzerindeki yükseklikleri vermesi nedeniyle SYM'den oluşturulan eğim haritası kullanılmıştır.(Şekil 2.5)



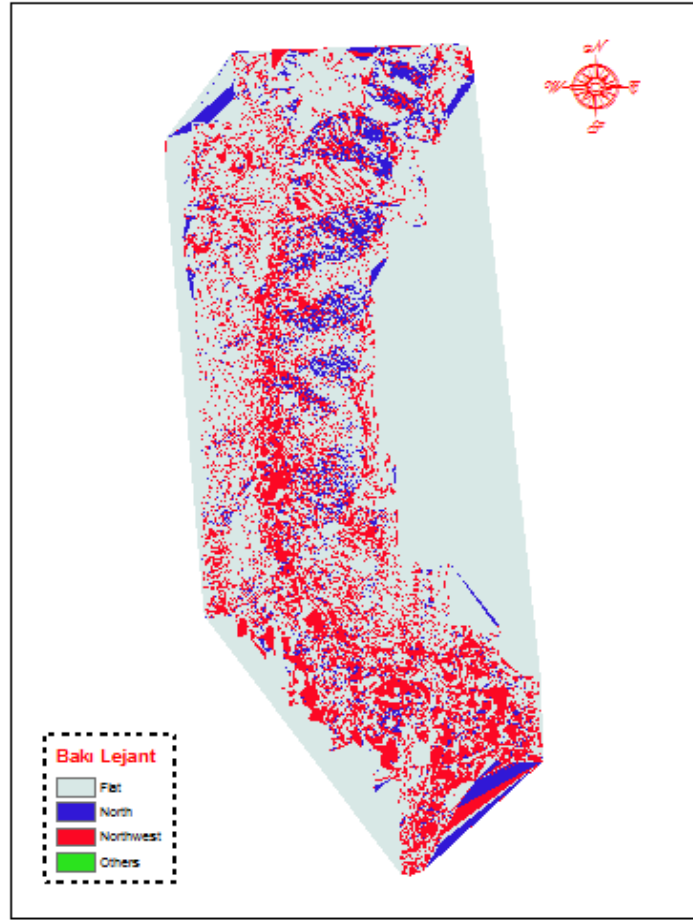
Şekil 2.5 : Ayamama Deresi eğim haritası.

2.2.4 Bakı özellikleri

Bakı, topografyanın kuzey ve güney yamaçlarındaki jeomorfolojisi üzerinde farklılık gösterir. Güneye bakan yamaçlarda, bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam su kaybı dediğimiz evapotranspirasyon oranı fazlalaşır, yani bu alanlardaki bitkilerde ani bir su ihtiyacı doğar. Bu nedenle bitki örtüsü bu kesimlerde daha seyrek olup, kuraklığa dayanıklı türlerden oluşmaktadır. Kuzeye bakan yamaçlarda ise topraktaki nem, yağıştan sonra uzun bir süre muhafaza edilmektedir. Bu alanlardaki bitki örtüsü ise hem daha fazla gelişir hem de toprak oluşumunu sağlar ve yüzeysel akışı azaltıcı etki oluşturur (Özdemir, 2007).

Yapılan çalışmada, havzanın sayısal arazi modelinden 8 farklı yön ve düz alanlardan oluşan bakı haritası üretilmiştir. Çok Kriterli Karar Verme Analizi uygulamasında bakı haritası, Ayamama Deresi ve yakın çevresindeki yönler yorumlanarak programda kullanılması için sadece Kuzey, Kuzeybatı ve Düz alanlar ele alınmış

kalan yönler bir arada toplanmış ve bu dört yöne ağırlıklar verilerek risk analizinde parametre olarak kullanılmıştır. (Şekil 2.6)

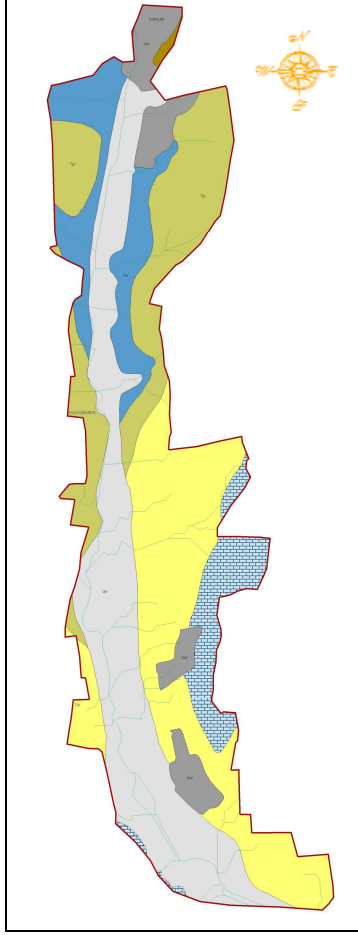


Şekil 2.6 : Ayamama Deresi bakı haritası.

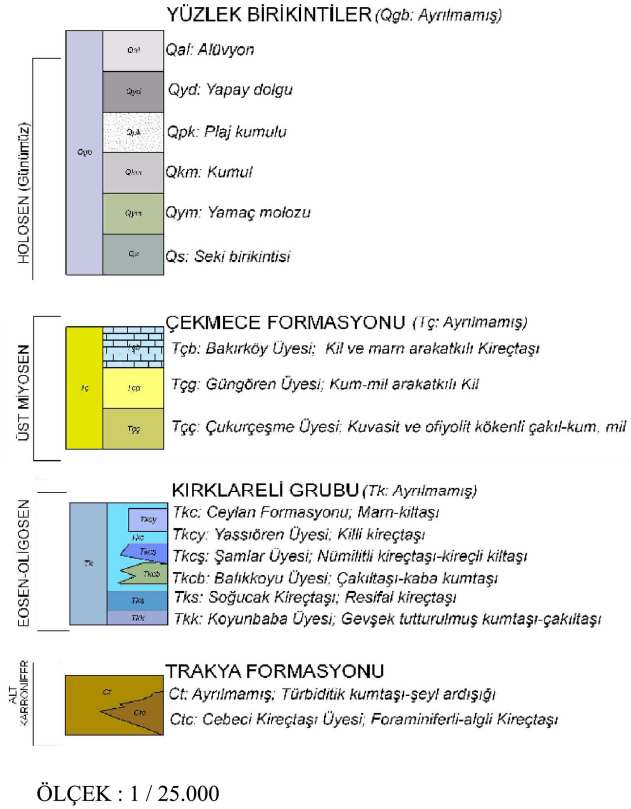
2.2.5 Jeoloji özellikleri

Jeolojik özellikler, taşkınların oluşmasında dolaylı bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, Ayamama Deresi için yapılan taşkın risk analizinde jeolojik özellikler bir katman olarak değerlendirilmiş ve uygulama kısmında yapılan risk analizinde kullanılmak üzere jeolojik haritadan faydalanılmıştır. BİMTAŞ'dan temin edilen arazinin 1/25.000 ölçekli stragrafi ve yapısal jeoloji haritası, ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılarak gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra katman olarak kaydedilmiştir. Yapılan çalışmada değerlendirilen bu jeolojik özellikler çalışmaya katkısı oranında, nehir yatağı odaklı ele alınmıştır.

Şekil 2.7 (a)'da Ayamama Deresi'nin içinde bulunduğu havzanın jeolojik özellikleri gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2.7 : (a) Ayamama Deresi jeoloji haritası, (b) Jeoloji haritası lejantı.

Şekil 2.7 (b)'de geçen ifadelerden Ayamama Havzası'nın sahip olduğu toprak gruplarını kısaca özetleyecek olursak;

Qal (Alüvyon): Geç kuaterner de İstanbul yarımadasında mevcut olan çeşitli akarsu ortamlarında depolanmış, gevşek blok-çakıl-kum-kilden yapılmış çökellerdir. Genelde çapraz tabakalı ve devresel çökeller şeklinde olup kalınlıkları ve kendilerini oluşturan malzeme çevrelerine ve akarsuların fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlıdır (Özalp, 2009).

Qyd (Yapay Dolgu): Bu tarz dolgular genelde katı – gevşek zemin özelliğinde olup dolgu kalınlıkları değişken özellik göstermektedir. Bu birim, kaya blokları, moloz, kum ve killi heterojen malzemeden oluşmakta olup, oldukça değişken jeoteknik parametrelere sahiptir (İskenderoğlu, 2002).

Tks: Soğucak kireçtaşı, Resifal kireçtaşı; beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta kalın katmanlı, bol fosilli bir yapıya sahiptir (Kaya, 1978).

Tçg: Güngören Üyesi, Kum mil arakatkılı kil; sarımsı, esmer - yeşil renkli marnlar ile bunlar arasında ince düzensiz tabakalı bir yapıya sahiptir. Killer içinde ayrıca bitki, sap, yaprak izleri, kum mercekleri gözlenmektedir (Özalp, 2009).

Tçç: Çukurçeşme Üyesi, Kuvasit ve ofiyolit kökenli çakıl – kum, mil; bu litolojiler birbiriyle aşınmalı yüzeylerle ilişkili mercekler şeklinde ve büyük ölçekli düzlemsel ya da tekne tipi çapraz tabakalıdır (Kaya, 1978).

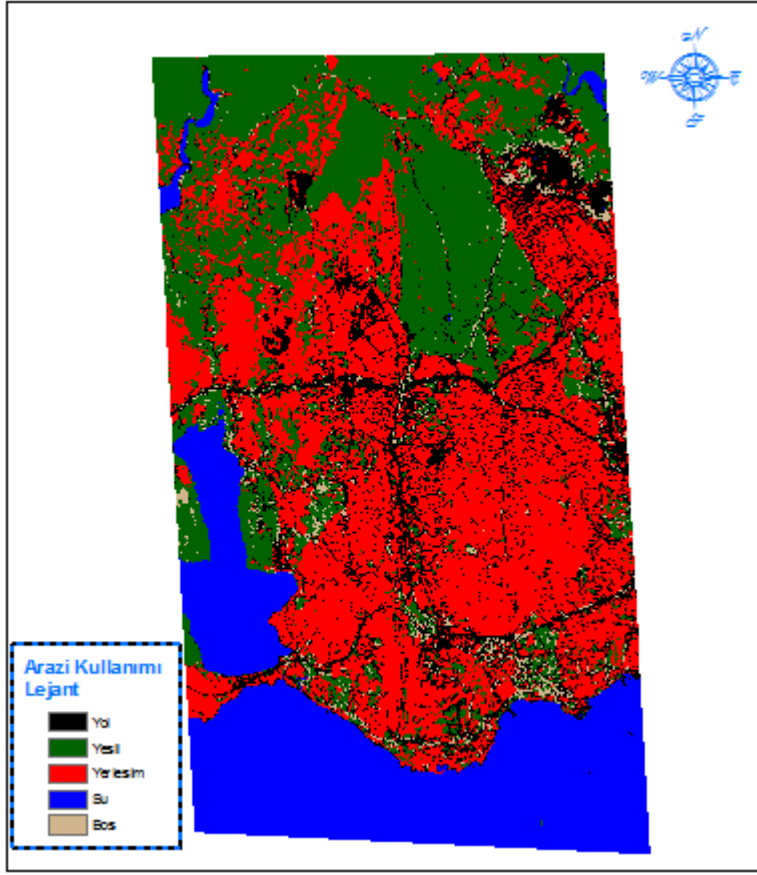
Tçb: Bakırköy Üyesi, Kil ve marn arakatkılı kireçtaşı ; beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince – orta arakatmanlı, bol fosilli bir yapıya sahiptir (Özalp, 2009).

2.2.6 Arazi kullanımı

Bir havzadaki arazi kullanım şekli, akarsu akımını doğrudan etkileyen bir faktördür. Arazi kullanımının insan eliyle kolayca değişikliğe uğratılabilen tek faktör olması, sel ve taşkın kontrolü bakımından önemini daha da arttırmaktadır (Görcelioğlu, 2003).

Arazi kullanımı haritası 2,5 metre mekansal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüsünden elde edilmiş ve ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılarak gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra katman olarak kaydedilmiştir. Arazi kullanımı haritası UHUZAM'ın yürüttüğü ISTABIS (İstanbul Afet Yönetim Bilgi Sistemi) projesinden temin edilmiştir.

Şekil 2.8'deki arazi kullanımı haritasında siyah alanlar yolları, yeşil alanlar orman, ağaç vb. gibi yeşil olan alanları, kırmızı olan alanlar yerleşim bölgelerini, mavi olan alanlar sulu bölgeleri, açık gri olan alanlar ise boş alanları temsil etmektedir.



Şekil 2.8 : Ayamama Deresi arazi kullanım haritası.

2.2.7 Yağış

Meteorolojik gözlemler kapsamında; yağış, sıcaklık, buharlaşma, nem, rüzgar vb. ölçümler yapılmaktadır. Bu çalışmalar DMI ve DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir (DSİ, 2003). Sel ve taşkınların belirlenmesinde genel olarak uzun yıllar ortalaması yıllık toplam yağış verileri kullanılmaktadır (Ulugür, 1972; Özdemir, 1978; Özer, 2008).

Bu çalışmada Ayamama Deresi için 1975 yılından 2009'a kadar Florya İstasyonu'ndan alınan, günlük yağış verileri kullanılmıştır. TRA yazılımında kullanılmak üzere bölgenin akım verileri hesabı için bu günlük yağış verilerine hidrolojik toprak grupları ve arazi kullanımından elde edilen CN değerleri Microsoft Office Excel'de uygulanmıştır.

2.2.8 Hidrolojik toprak grupları

Toprağın oluşmasında rol oynayan ayrışma, katılma, yer değiştirme, yıkanma ve dönüşme gibi olaylara yön veren ve oluşan toprağın karakterini ortaya koyan, iklim,

bitki örtüsü, engebelilik, ana madde ve zaman gibi etkenlerdir. Bu etkenlerin değişik kombinasyonlarla bir araya gelmesi ile değişik topraklar oluşmaktadır. Toprakların sınıflandırılması genel olarak, oluşumlarına ve kullandaki genel özelliklerine göre yapılmaktadır. Oluşuma göre ayrılan en küçük birim “Büyük Toprak Grubu” dur. Büyük toprak grupları da oluşumlarına göre, yerinde oluşmuş topraklar ve taşınmış materyal üzerinde oluşmuş genç topraklar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Taşınarak oluşmuş topraklar, aluvyal, koluvyal, hidromorfik aluvyal ve organik topraklar olarak sınıflandırılırlar. Haritalama birimlerinde, bu sayılanların dışında, çıplak kayalık ve molozlar, ırmak taşkın yatakları ve kıyı kumulları olarak karışık arazi tipleri de yer alır. Her grup, kullandaki önemli olan eğim, derinlik, bünye, tuzluluk, drenaj ve taşlılık gibi özelliklerine göre alt birimlere ayrılır (Anonim, 1973).

Bir toprağın ya da toprak grubunun hidrolojik özellikleri, su toplama havzasının hidrolojik analizinde temel bir faktördür. Eğer havzanın eğim ve bitki örtüsü bir yana bırakılırsa, topraklar hidrolojik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Topraklar hidrolojik yönden dört gruba sınıflandırılmaktadır (Öztürk, 2009; Özer, 1990).

Grup A (Düşük akım potansiyeli); bu tür topraklar nemli olsalar bile kum veya çakıl içeriklerinden dolayı yüksek geçirgenlik değerine sahiptirler. Bu topraklarda su taşınımı yüksek değerdedir.

Grup B; bu topraklar orta derecede geçirgenlik özelliklerine sahip olup, ince ve kaba içerikleri de orta derecedir. Bu tür topraklardaki su iletkenliği de orta düzeydedir.

Grup C; bu tarz topraklar yavaş geçirgenlik oranına sahiptir. Orta ince ve ince tekstür içerikleri orta derecede olup, geçirgenlikleri yavaştır. Su iletkenlikleri de düşük orandadır.

Grup D (Yüksek akım potansiyeli); bu topraklar çok düşük geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Yüksek kil içeriğine sahip bu topraklar yüzeydeki kil tabakasından dolayı su iletkenliği çok yavaştır (Özdemir, 2007).

Ayamama Deresi’nin hidrolojik toprak grupları için, bölgenin büyük toprak grupları haritası incelendiğinde, Ayamama Deresi havzasının yüksek yoğunluklu yerleşim bölgesi içinde kaldığı belirlenmiştir. Havzadaki yerleşim yerlerinin sahip oldukları toprak grupları türüne göre aldığı CN değerleri, o bölgenin alanı ile işleme sokulup elde edilen sonuç akım verilerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Akım verilerini elde etmek için kullanılan Yüzey Akış Eğri Numarası (CN), hidrolojik toprak grupları ve arazi kullanımı/örtüsü bilgilerine göre elde edilir. Çizelge 2.1’de arazi kullanımı değerlerine göre eğri numaraları verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Eğri numaraları.

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Hidrolojik Toprak Grupları			
	A	B	C	D
Yerleşim (Yüksek Yoğunluklu)	77	85	90	92
Yerleşim (Orta Yoğunluklu)	57	72	81	86
Yerleşim (Düşük Yoğunluklu)	48	66	78	83
Ticari Alanlar	89	92	94	95
Endüstriyel Alanlar	81	88	91	93
Açık Alanlar(park, çim saha, vb.)	39	61	74	80
Çayır, Otlak	30	58	71	78
Sık Orman, Koru	30	55	70	77
Seyrek Orman, Koru	43	65	76	82
Su/Sulak Alanlar	100	100	100	100

Ayamama Deresi için elde edilen CN değerleri Çizelge 2.2’deki gibidir.

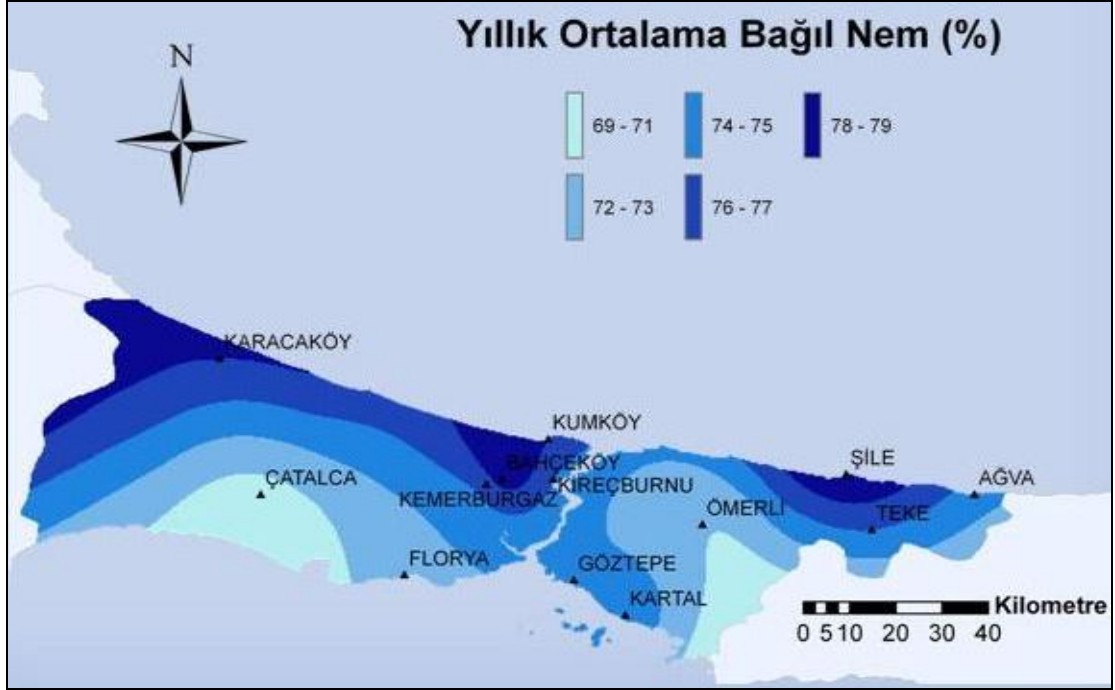
Çizelge 2.2 : Ayamama Deresi için CN değerleri.

Havza	CNI	CNII	CNIII
Ayamama Havzası	49	69.58	84.03

Elde edilen bu üç CN değeri, Microsoft Office Excel’de günlük yağış verilerinin değerine göre formülasyona alınmış ve günlük akım verileri elde edilmiştir. Bu günlük akım verileri içinden yıllık maksimum akım verileri hesaplanmış ve geliştirilen yazılımda kullanılmıştır.

2.2.9 Nem içerikleri

Nem, yüzeysel akışa geçen su miktarı üzerinde kısmen de olsa etki eden bir faktördür. Bu kapsamda çalışma alanının bağıl nem miktarı dikkate alınmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 : İstanbul için yıllık ortalama bağıl nem(%).

Bağıl nemin oranı ile buharlaşma arasında bir ilişki vardır. Gerçek nem oranı aynı kalsa dahi, sıcaklık arttığı oranda bağıl nem azalmakta, bu gelişim de buharlaşmayı arttırmakta ve sonuçta toprak nemi azalmaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005).

Çizelge 2.3'deki son dört yılın nem içerikleri TÜMAS'dan (Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi) temin edilmiştir.

Çizelge 2.3 : Yıllık ortalama bağıl nem Florya İstasyonu.

Yıl	Ay	Ortalama Bağıl Nem
2007	1-12	60.2
2008	1-12	72.2
2009	1-12	67.5
2010	1-4	73.7

3. YÖNTEM

Bu çalışmada risk analizi gerçekleştiren bir yazılım tasarlanmış ve bu yazılım, bu tez kapsamında taşkın risk analizi için kullanılmıştır. Geliştirilen yazılım genel bir risk analizi yazılımı olup, sadece taşkınlar için değil, her türlü doğal afetin (heyelan, çığ, taşkın, sel, deprem, kasırga, orman yangını, yanardağ patlamaları vb) oluşturacağı zararın tahmini veya herhangi bir karar verme probleminin çözümü için de kullanılabilmektedir. Herhangi bir programdan bağımsız çalışması yazılımın minimum gereksinimle kullanıcıya risk analizi yapma olanağı sağlaması ve bir paket program olarak herhangi bir bilgisayara kurulabilmesi yönünden kullanıcı dostu bir programdır.

TRA yazılımının arayüzü kullanıcının yeni bir programa adapte olma sürecini en aza indirmek için basit bir görsellikte hazırlanmıştır. Kişinin menülere ulaşması ve bu menülerdeki işlemlerin geçiş adımlarını anlaması, özellikle basitleştirilmiştir. Ayrıca yazılım geliştirilirken kullanıcının yapabileceği hatalar göz önünde bulundurularak, bu hatalara karşı gerekli uyarılar programa entegre edilmiştir. Böylelikle kişinin yanlış bir işlem yapma olasılığı azaltılmıştır.

Geliştirilen sistem risk analizini hem harita şeklinde hem de rapor şeklinde sunmaktadır. Sunulan harita, risk bölgesinin mekansal olarak incelenmesine ve kullanıcının isteğine göre sınıflandırılıp analiz edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Rapor olarak sunulan kısım ise haritalamadan farklı olarak kullanıcıyı, taşkın oluşabileceği süre konusunda bilgilendirmektedir.

TRA yazılımı, kullanıldığı platform ne olursa olsun, geleneksel hesaplama yöntemlerinden daha hızlı ve daha güvenilir olarak çalışmaktadır. Yazılımın üzerinde çalışacağı sistemlere göre yazılımın çalışma ve sonuç üretme adımlarını gerçekleştirme süreleri değişiklik göstermektedir.

Risk analizini gerçekleştirmek için TRA yazılımında kullanılan yöntemleri açıklamadan önce risk analizinin tanımının yapılması daha sağlıklı olacaktır.

3.1 Riskin Tanımı ve Değerlendirilmesi

Risk, belirli bir zaman diliminde, ileride oluşabilecek potansiyel tehlikelerden, kişinin, kurumun, bölgenin ya da bir ulusun kayba uğrama olasılığıdır. Günümüzde risk ile benzer anlamda olan tehlike kelimesi karıştırılmaktadır. Tehlike, insanların yaralanması, kurumların hasar görmesi ve bunların bileşimi olabilecek zarar potansiyelli bir durumdur. Risk ise, genel anlamıyla belirsizlik ortamında tehlikenin derecesine verilen isimdir. Riskin genel olarak iki temel bileşeni vardır;

$$\text{Risk} = f(\text{Olasılık, Etki}) \text{ (Gouldby \& Samuels 2005)}$$

- Belirli bir sonuca ulaşamama ya da istenmeyen bir olayın oluşma olasılığı,
- Yukarıdaki durumun oluşması durumunda, bu durumun beklenen sonuca etkisi (Buhur, 2007).

Risk analizi; riski oluşturan faktörlere ait sonuçların ve meydana gelme olasılıklarının değerlendirilmesini içerir. İçeriklerine göre iki temel risk analizi yöntemi vardır. Bunlar nitel (qualitative) ve nicel (quantitative) yöntemlerdir.

Nitel risk analizinde, risk hesaplanırken nümerik değerler yerine az, orta, çok gibi tanımlayıcı ifadeler kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntemde tehdidin olma ihtimali kullanılmamakta, sadece riskin etki değeri dikkate alınmaktadır (Atilla, 2005).

Nicel risk analizinde ise, risk hesaplanırken sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemde, tehlikenin olasılığı, şiddeti gibi değerlere (1, 2, 3 ... gibi) sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel yöntemler ile işleme sokulur (Atilla, 2005).

Risk analizi çalışmaları, yapıldığı dönemin şartları için geçerlidir. Aslında doğal afetler uzun zaman süreçleri içinde tek başına ortaya çıkmazlar. Bu olaylar, yer sistemleri ve sosyal sistemler arasındaki etkileşimin ortaya çıkardığı kompleks olaylardır (Cutter, 1996). Risk analizi çalışmaları yapıldığı döneme ait olduklarından, gelecekte yapılacak çalışmalarda sosyal sistem ve yer sistemindeki değişimlere bağlı olarak tekrardan ele alınmalıdır (Özdemir, 2007).

Bu çalışmada risk olarak kastedilen olay, Ayamama Deresi'nin olası bir taşkınla çevresine zarar vermesi durumudur.

Söz konusu bölgede, bugün resmi rakamlara yansıyan büyük sel felaketlerinin ilki 1949 yılında olmuştur. Sırasıyla 1959, 1973, 1977, 1982, 1983, 1988, 1995, 2001,

2002, 2005, 2006 ve 2009 yıllarında meydana gelen taşkın felaketlerinde 200'den fazla insan ölmüştür. Geçmiş yılların maddi zararları tam olarak hesaplanamamıştır (Safi, 2009).

Taşkınlar oluştuğunda çevresini nasıl etkileyeceği tamamen dinamiktir. Bu nedenle olası bir taşkında çevrenin nasıl etkileneceği ve ne kadar insan hayatının tehlikeye gireceği ve taşkının ne kadarlık bir maddi kayba yol açacağı konusunda, kesin olmamakla birlikte, yaklaşık bir tahmin yapılabilir.

3.2 Risk Analizi İçin Kullanılan Yöntemler

Taşkınlar birçok bölge ve ülkede ekonomik ve sosyal hayatı etkileyen önemli doğal afetlerden biridir (CEOS, 2003). Taşkınları anlamak ve etkilerini ortaya koyabilmek için değişik bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin, taşkın analizinde kullanımına bağlı olarak, kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bir modelin sahip olduğu sınırlamaları başka bir model giderirken, o modelin kullanımına bağlı sıkıntıları bir diğeri çözebilmektedir (Özdemir, 2007).

Bu çalışma kapsamında Ayamama Deresi'nde oluşabilecek herhangi bir taşkında civardaki yerleşim yerlerinin ya da ekili arazinin ne kadarının etkilenebileceği problemini çözmek için iki yöntem kullanılmıştır. Bunlar; Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi ve Bilgi Difüzyonu yöntemleridir. Ayrıca yağış verilerinden akım verilerini elde etmek için SCS-CN yöntemi kullanıldığı için, bu yöntemin metodolojisi bu bölümde açıklanmıştır.

3.2.1 Çok kriterli karar verme yöntemi

Günümüzde bilimin ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak karmaşık yapıdaki problemlerin çözümünde tek ölçütlü analizlerin yeterli olmadığı bilinmektedir. Tek ölçütlü analizlerde en önemli varsayım, modeldeki diğer ölçütlerin etkileri sabit kabul edilerek ve her yinelemede sadece bir ölçütün (faktörün) incelenmesidir. Ancak, gerçekte olaylar ve objeler sadece tek bir faktörün etkisi ile değil, çok sayıda iç ve dış faktörün ortak etkisi ile oluşmakta ve karmaşık bir yapı göstermektedir. Bu nedenle olaylar ve objeler çok değişkenli yorumların ortaklaşa etkilerine göre tanımlanmalıdır (Aydın vd, 2009).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri’ni kullanmaktaki amaç, alternatif ve parametre (kriter) sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir. (Öztürk, 2009).

CBS ile entegre edilebilen birçok “Çok Kriterli Karar Verme” yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler;

- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method)
- Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process)
- Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Simple Additive Weighting Method)
- Bulanık Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Fuzzy Additive Weighting Method)
- Bulanık Mantık İşlemi (Fuzzy Aggregation Operation)
- Değer/Fayda Fonksiyonu Yaklaşımı (Value/Utility Function Approach)
- İdeal Nokta Yöntemi (Ideal Point Method) - Örn: TOPSIS
- Sıralı Ağırlıklı Ortalama (Ordered Weighted Average) şeklindedir.
- Uyum Yöntemi (Concordance Method) - Örn: ELECTRE (Öztürk, 2009).

Yapılacak çalışmada taşkın riski; havzanın sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, jeolojik özellikler, toprak ve arazi kullanımı olmak üzere altı adet parametreye bağlı olarak gerçekleştirilecektir.

3.2.1.1 Analitik hiyerarşi yöntemi

AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir. AHP bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörlerin karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Yaralıoğlu, 2004).

Kısacası AHP, karar vericinin; tüm alternatifleri tüm kriterler altında değerlendirerek, göreceli önemlerine göre ikili karşılaştırmalar yapmasına dayanmaktadır (Aydın vd, 2009).

Herhangi bir karar verme probleminin AHP ile çözüme ulaştırılabilmesi için izlenmesi gereken adımlar aşağıda tanımlanmıştır.

Adım 1 : Karar verme problemi tanımlanır.

Karar verme probleminin tanımlanması, iki aşamadan oluşmaktadır;

1. Değerlendirme ölçütleri saptanır.
2. Değerlendirme ölçütlerini etkileyen faktörler saptanır.

Adım 2 : Değerlendirme ölçütleri için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Birinci adımda belirlenen ölçütlerin birbirlerine göre önem değerlerini belirlemek amacıyla ikili karşılaştırma matrisi kullanılır. Buna göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi, bu ölçütlerin sayısı kadar olacak ve bir kare matris olacaktır. Bu matris oluşturulurken ilgili ölçüt katmanının kendisi ile karşılaştırıldığı satır olan matrisin köşegen değerleri “1” değerini almaktadır. Ölçütler birbirleriyle karşılaştırılırken Çizelge 3.1’deki önem skalası kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 : Önem skalası.

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki durumun eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Durumun 2. durumdan daha önemli olması durumu
5	1. Durumun 2. durumdan çok önemli olması durumu
7	1. Durumun 2. duruma nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Durumun 2. duruma nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Çizelgede ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak için kullanılacak ağırlıklandırma değerlerinin neyi ifade ettiği anlatılmaktadır. Buna göre örneğin, 1. ölçüt ile 2. ölçüt katmanı karşılaştırılmaya çalışıldığında, karar verici tarafından 1. ölçüt 2. ye göre çok önemli olarak görülüyorsa matrisin 1. satır 3. sütun elemanı “5” değerini alacaktır. Buna göre matrisin 2. satır 1.sütun elemanı da “1/5” değerini almaktadır. Bunun için eşitlik (3.1)’deki formülü kullanmak gerekmektedir.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.1)$$

Adım 3 : İkili karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir (Aydın vd, 2009).

İkinci adımda oluşturulan karşılaştırma matrisinin her bir sütun elemanı, içinde bulunduğu sütunun toplamına bölünerek B sütun vektörü elde edilir (Eşitlik 3.2)

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

Adım 4 : Normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin her satırda satır ortalamaları hesaplanarak ölçütlerin göreceli önem değerleri elde edilir.

Üçüncü adımda elde edilen B sütun vektörünün oluşturduğu kare matriste her bir satır için satır elemanları toplanarak C matrisi oluşturulur. Elde edilen bu C matrisinin her bir satırın aritmetik ortalaması alınarak ölçütlerin göreceli önem değerleri elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.3)$$

Adım 5: Tutarlılık oranı (CR - Consistency Rate) hesaplanır (Aydın vd, 2009).

İkili karşılaştırma matrisinin kabul edilebilmesi için bu matrisin tutarlı bir matris olması gerekmektedir. Bu tutarlılık analizi için de önce eşitlik 3.4'deki gibi tutarlılık indeksinin oluşturulması gerekmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.4)$$

İkili karşılaştırma matrisinin her bir elemanının, Adım 4'te elde edilen kendilerine ait göreceli önem değerleri ile çarpılmasıyla elde edilen sonuçların, yeniden teker teker göreceli önem değerlerine bölünmesiyle hesaplanan sonuçlar toplanarak, ölçüt sayısına bölündüğünde “ λ ” değeri elde edilecektir.

CR (Consistency Rate) ile gösterilen tutarlılık oranı, (3.5) eşitliği ile hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.5)$$

Burada RI (Random Index) rasgelelik indeksidir. Rasgelelik indeksi n değerine (karşılaştırma matrisinin boyutuna) göre değişir. 1-15 boyutundaki matrisler için geliştirilen rastsallık göstergeleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir (Aydın vd, 2009).

Çizelge 3.2 : 1-15 ölçeğinde rastgelelik indeks değerleri.

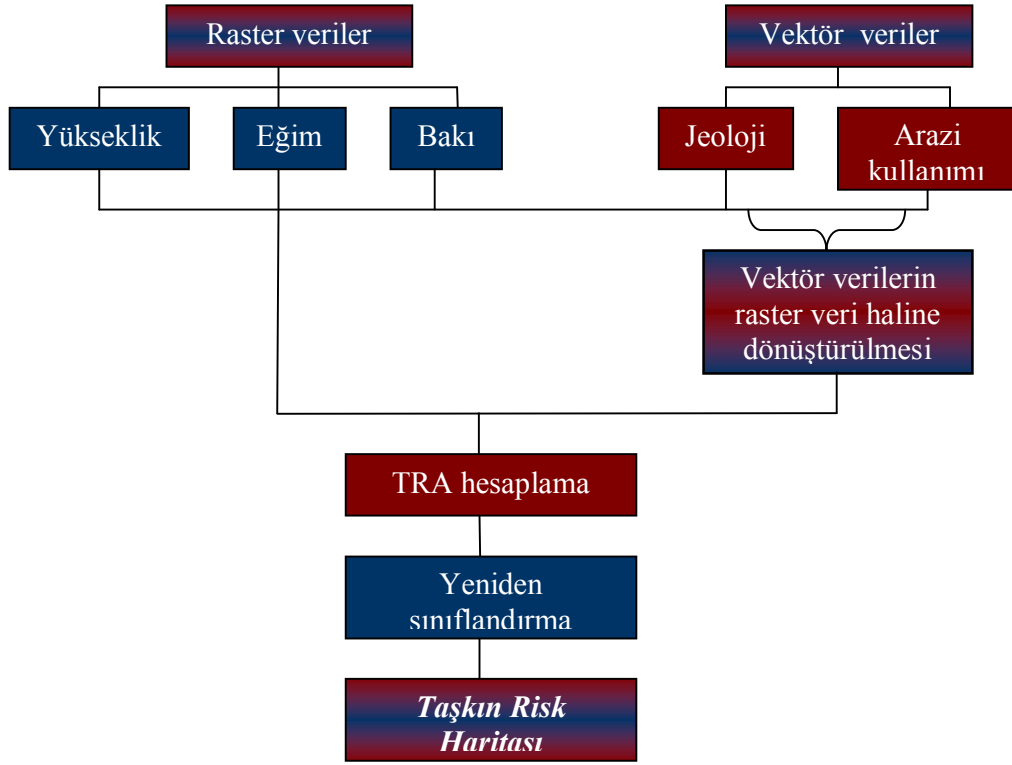
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Matrisin tutarlılık analizi sonucunda elde edilen tutarlılık oranının 0'a eşit olması durumunda bütün elemanlarıyla tam tutarlı bir matris elde edilmiş demektir. Matrisin kabul edilebilmesi için CR değerinin 0.1'den küçük olması gerekmektedir. Büyük olduğu durumlarda yeni bir matris oluşturulması ve tutarlılık analizinin yeniden yapılması gerekmektedir.

Adım 6 : Sonuç dağılımının bulunması işlemleri sırasıyla yapılır.

Bu aşamada öncelikle, önceki adımların aynısı ölçüt katmanlarını etkileyen faktörler için de teker teker yapılarak, bu faktörlerin görelî önem değerleri elde edilir. Bunun için de ilk 5 adım her ölçüt katmanının alt faktörleri için tekrarlanır. Sonuçta elde edilen değerler ölçüt katmanlarının görelî önem değerleri ile çarpılması ve bu çarpımların toplanması ile elde edilir. Bu sonuç aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da gösterir (Karaarslan, 2007).

TRA yazılımının AHP yöntemi ile risk analizi yapan kısmının akış şeması Şekil 3.1'deki gibidir. Buna göre yöntemde; yükseklik, eğim, bakı jeoloji ve arazi kullanımı olmak üzere 5 kriter kullanılmaktadır. Bu kriterler tek tek işleme alınıp ağırlıklandırılarak taşkın risk haritası üretilmektedir.



Şekil 3.1 : TRA yazılımı AHP yöntemi akış şeması.

3.2.2 Bilgi difüzyonu teorisi

Küçük drenaj alanına sahip havzalarda oluşan sellerin çevreye verdikleri zarar bilgileri genellikle en fazla 30 yıllık oldukları için, bir yıllık bir periyodun üzerindeki risk göstergeleri ile uğraşırken, geçmiş verilerin eksikliği sorunu ile yüzleşmemiz gerekmektedir. Bu durum daha çok, olasılık hesabı yapan geleneksel risk analiz yöntemlerinin, örnekleme sayılarının genellikle 30'un üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır. Eğer yetersiz veri ile çalışılırsa, elde edilen analitik sonuçlar, aşırı derecede hatalı olacaktır (Lihua vd, 2008).

Küçük drenaj alanına sahip havzaların sel verilerinin eksikliği nedeniyle, sel risk analizlerinde kullanılan veriler yetersiz olmaktadır. Limitli veri kullanımı risk analizinde, büyük bir problem yaratmaktadır (Suzanne 2004). Bu tarz problemlerin analizinde kullanılabilecek bir yöntem olan Information Diffusion yönteminde (Huang 1997), elde bulunan örneklemeler bulanık (fuzzy) bilgi olarak kabul edilmektedir. İdeal bulanık bilgiler bu yöntem kullanılarak, risk analizi yaparken güvenli bir sonuç elde etmek için işlenebilmektedir (Mossberger ve Hale 2002).

“Information Diffusion Theory” yani Bilgi Difüzyonu Teorisi, imkan dahilinde belli başlı yararlı verileri örneklerden çıkartmaya yardımcı olup, sistem kabulünün

doğruluğunu iyileştirmektedir (Huang 2002; Palm 2007). Bilgi Difüzyonu Teorisinde, tek değerli örnek bir dizi, sayısal değerli bir örneğe dönüştürülmektedir. Bu tür modellerin en basiti normal difüzyon modeli ise aşağıdaki şekilde işlemektedir (Chang vd, 2007).

Taşkın hasar indeks alanının (3.6)'deki gibi gösterildiğini farzedelim;

$$U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (3.6)$$

Tek değerli gözlem örneğinin, y_j , taşıdığı bilgi U alanının her noktasına yayılması (3.7) numaralı eşitlik ile ifade edilir;

$$f_j(u_i) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_j-u_i)^2}{2h^2}} \quad (3.7)$$

Fomülasyondaki h difüzyon sabiti olup, maksimum b ve minimum a değerlerine binaen belirlenir ve örnek setleri içindeki örnekleme sayısı m ile eşitlik (3.8)'deki şekilde ilişkilendirilir;

$$h = \begin{cases} 1.4230(b-a)/(m-1) & m < 10 \\ 1.4208(b-a)/(m-1) & m \geq 10 \end{cases} \quad (3.8)$$

Bulanık altkümenin ilgili bağlantı fonksiyonu eşitlik (3.9)'daki gibi olacaktır;

$$\mu_{y_j}(u_i) = f_j(u_i) / \sum_{i=1}^n f_j(u_i) \quad (3.9)$$

$\mu_{y_j}(u_i)$ fonksiyonu y_j 'nin normalize edilmiş bilgi dağılımı olarak ifade edilir. İyi bir sonuç üreten risk analizi için eşitlik (3.10)'u uygulamamız gerekmektedir.

$$q(u_i) = \sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(u_i) \quad (3.10)$$

Eşitlik (3.10)'daki fonksiyonun fiziksel anlamı; eğer taşkın hasarının gözlem değeri $u_1, u_2, \dots, u_n$ serisinin birinden seçiliyorsa, örnekleme sayısı u_i 'nin gözlem değeri ile birlikte $q(u_i)$ olarak sunulur. Bu değer sıfırdan küçük olmamak şartı ile pozitif bir tamsayı olmayacaktır.

Eşitlik (3.11)'deki $\sum_{i=1}^n q(u_i)$ değeri formülden de anlaşılacağı üzere u_i 'deki her bir örnekleme, değerinin toplamına eşittir.

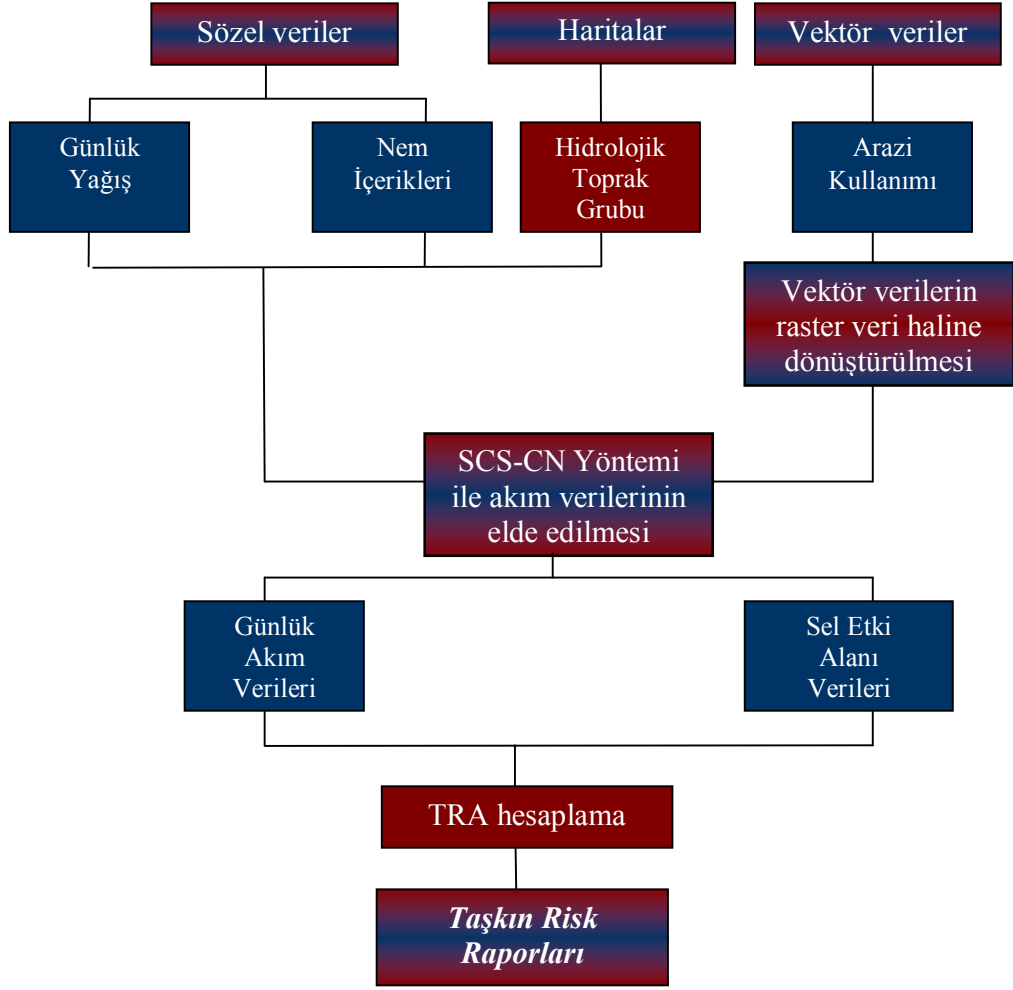
$$p(u_i) = q(u_i) / \sum_{i=1}^n q(u_i) \quad (3.11)$$

Buna göre u_i noktasındaki örneğin frekans değeri (3.12)'deki gibi hesaplanır ve bu değer olasılığın hesaplanmış değeri olarak kullanılır.

$$p(u \geq u_i) = \sum_{k=i}^n p(u_k) \quad (3.12)$$

Buna göre (3.12) formülündeki $p(u \geq u_i)$ notasyonu, risk değerlendirmesi için gereken değerdir (Chang, Chongfu ve Yaozhong, 2007).

TRA yazılımının Infodif yöntemi ile risk analizi yapan kısmının akış şeması Şekil 3.2'deki gibidir. Buna göre yöntemde; günlük akım verileri ve geçmiş taşkınların etki alanlarının verileri kullanılmıştır. Çalışma bölgesinin günlük akım verileri tutulmadığından dolayı, SCS-CN yöntemi yardımıyla günlük yağış verilerinden akım verileri elde edilmiştir. Bunun için de yağış verileri, nem içerikleri, hidrolojik toprak grubu ve arazi kullanımı verileri kullanılmıştır. Yağış verileri için, 1975 ile 2009 yılları arasındaki, günlük Florya İstasyonu ölçümleri baz alınmıştır. Nem içerikleri ise son dört yılın saatlik nem içerikleri olarak TÜMAS'dan temin edilmiş ve Microsoft Office Excel'de yıllık ortalama bağıl nem hesaplanmıştır. Hidrolojik toprak grupları ise Tarım İl Müdürlüğü'nden elde edilen büyük toprak grupları haritası analiz edilerek çıkartılmıştır.



Şekil 3.2 : TRA yazılımı InfoDif yöntemi akış şeması.

3.2.3 SCS-CN (Soil conservation service – curve number) yöntemi

ABD Toprak Koruma Kurumu (U.S. Soil Conservation Service, SCS) tarafından yağış-akış-kayıp ilişkisini analiz etmek üzere 1972 yılında Eğri Numarası (Curve Number-CN) adıyla bir yöntem geliştirilmiştir. SCS-CN olarak adlandırılan bu yöntem, özellikle küçük ölçekli havzalarda akım ölçümleriyle test edilmiş ve yöntemin geçerliliği çok sayıda çalışma ile ortaya konulmuştur (Apaydın, 2007).

Toprak Koruma Servisi Eğri Numarası (Soil Conservation Service Curve Number “SCS CN”) yönteminde akışı elde etmek için kullanılan başlıca veriler; yağış, önceki nem içerikleri, hidrolojik toprak grupları ve arazi kullanımıdır. Bu verilere göre hesaplanan CN değerleri 0 ile 100 arasında bir değer alacaktır. Bu yönteme göre, düşen yağış ile oluşan yüzey akış arasında (3.13)’deki eşitlikle ifade edilen bir ilişki vardır (İstanbulluoğlu vd, 2007). Eşitlik 3.14, bir önceki eşitliğe uygulandığında eşitlik 3.15’deki sonuç elde edilmektedir.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (3.13)$$

$$I_a = 0.2S \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3.15)$$

Burada, S maksimum yağış tutulması (mm); Q yüzey akış miktarı (mm); P yağış miktarı (mm) ve I_a başlangıçta tutulan yağış miktarı (mm)'dir (Özdemir, 2007).

Eşitlikte yer alan potansiyel maksimum yağış tutulması, (3.16) numaralı eşitlik kullanılarak havza yüzey akış eğri numarasından hesaplanmıştır (İstanbuluoğlu vd, 2007).

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (3.16)$$

CN değerleri için arazi kullanımı ve hidrolojik toprak grubu verileri ILWIS 3.3 CBS yazılımı formatına dönüştürülmüş ve bu iki veriye CROSS fonksiyonu uygulanmıştır. Elde edilen CN değerleri formülasyona katılarak CNII değerleri elde edilmektedir.

$$CN_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.17)$$

Bu eğri numarası, üç sınıfa ayrılmış AMC değerlerinden belirlenmektedir. (Çizelge 3.3) Buna göre AMC değeri 13-28 mm arasında ise CNII, bundan küçük ise CNI, büyük ise CNIII değeri hesaplamaya katılmaktadır. Ayrıca bölgeye düşen yağış miktarı 35-52.5 mm arasında olması durumunda AMC II, bundan küçükse AMC I ve büyükse AMC III değeri hesaplamaya katılmaktadır (Boonstra, 1994).

Çizelge 3.3 : Antecedent nem içeriği için belirlenen kategoriler.

AMC-Sınıflar	AMC(mm)	İçerik
I	<35	Kuru toprak, fakat çok kurak şartlar içermez.
II	35 - 52.5	Geçiş – orta koşullar
III	>52.5	Doymuş toprak, aşırı yağış

Diğer CN değerlerinin hesaplanması için (3.18) ve (3.19) numaralı eşitlikler kullanılmıştır (SCS, 1975; Chow vd, 1988).

$$CN \ I = \frac{4.2CN \ II}{10 - 0.058CN \ II} \quad (3.18)$$

$$CN \ III = \frac{23CN \ II}{10 + 0.13CN \ II} \quad (3.19)$$

4. AYAMAMA DERESİ TAŞKIN RİSKİNİN, TRA YAZILIMI İLE BELİRLENMESİ

TRA (Taşkın Risk Analizi) yazılımı, Visual Studio 2005 ortamında VB.NET programlama dili ile geliştirilmiştir. Bünyesinde, Analitik Hiyerarşi ile Bilgi Difüzyonu olmak üzere iki adet risk analizi yöntemi barındıran sistem, kullanıcılara kolay bir arayüz eşliğinde taşkın riskini belirlemelerini sağlamaktadır.

4.1 Sistemin Kullanılabilmesi İçin Gereken Parametreler ve Yazılımlar

Visual Studio 2005 ortamında geliştirilen her proje, .NET Framework 2.0 ya da daha üstü bir versiyona ihtiyaç duyar. Visual Studio ortamı bulunmayan başka bir bilgisayarda TRA yazılımını çalıştırılabilmesi için öncelikle .Net Framework 2.0 ya da daha üstü bir versiyonunu hedef bilgisayara kurmamız gerekmektedir.

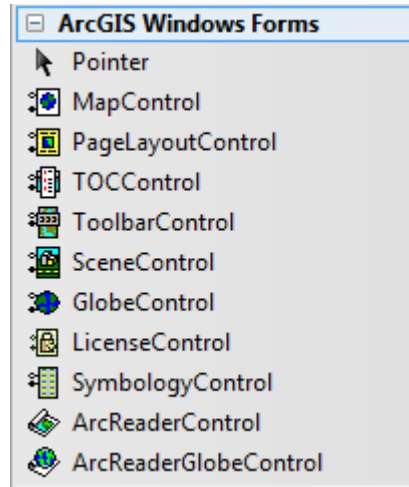
TRA’da, ArcGIS 9.3.1 CBS yazılımının barındırdığı özelliklerden birkaçının kullanılmasından dolayı, sistemin başka bir bilgisayarda çalışabilmesi için iki yol izlenebilir. İlk yöntem, TRA programının kullanılacağı bilgisayara, ArcGIS 9.3.1 yazılımını veya daha üstü bir versiyonunu kurmaktır. Bu yazılımı kurduktan sonra lisanslama işlemini yapmak gerekmektedir. Son olarak ArcGIS Engine Developer Kit 9.3.1 kurulup ve lisanslama işlemi yapılarak, TRA yazılımı kullanılmaya başlanabilir. İkinci yöntem ise, ArcGIS 9.3.1 kurulmadan doğrudan ArcGIS Engine Runtime bilgisayara kurulup ve lisanslama işlemi yapılır. TRA, ArcGIS Engine yazılımının “Spatial Analyst” özelliğini kullandığı için ArcGIS Engine Runtime’ının “Spatial Analyst” lisansının olup olmadığı kontrol edilip, olmadığı takdirde temin edilerek program kullanılabilir.

Yazılımın tasarlanması aşamasında kullanılan ArcGIS Engine, düzenlenmiş geleneksel uygulamaları geliştirmek için, CBS unsurlarına eklenebilen kapsamlı bir kütüphanedir. ArcGIS Engine kullanarak yapılan geliştirmeler, bir çok kullanıcıya CBS’ye odaklanmış olarak dağıtılan geleneksel uygulamalarda olduğu kadar, Microsoft Word ve Excel gibi uygulamaların içinde ArcGIS fonksiyonları ile de

birleştirilebilmektedir. ArcGIS Engine; Windows, UNIX ve Linux masaüstü ortamlarında çalışır ve Visual Basic, Microsoft Developer Studio, Eclipse ve J Builder’i içeren çok sayıdaki Java geliştirme ortamları gibi uygulamaları da desteklemektedir (Ergen, 2010).

ArcGIS Engine arayüzü, kullanıcı uygulamalarının yapılandırılmasına yönelik bir geliştirici araç olarak kullanılmaktadır. Programcılar geliştirici aracı kendi bilgisayarlarına yükler ve bunu seçilen programlama dili ve geliştirme ortamı ile kullanır. ArcGIS Engine, kullanıcı uygulamalarının içine CBS fonksiyonlarını ekleyen geliştirme ortamına ilaveten kullanıcı arayüzü kontrollerini, aletleri ve yazılım kütüphanelerini ekler. Örneğin bir kullanıcı, ArcMap ile yazılan bir haritayı, ArcGIS Engine’den harita kullanımı için bazı aletleri ve diğer kullanıcı fonksiyonlarını içeren bir uygulamayı yapılandırabilir (İşlemGIS, 2010).

Şekil 4.1’de başlıca ArcGIS Engine kontrolleri listelenmiştir. Buna göre; “MapControl”, “TOCControl”, “LicenseControl”, “SymbologyControl”, “ToolbarControl” araçları TRA yazılımında kullanılmıştır.



Şekil 4.1 : ArcGIS kontrolleri

MapControl, ArcGIS Engine’nin ArcGIS Desktop uygulaması gibi verinin görüntülenmesini sağlayan harita kontrol aracıdır. Buna göre programda seçilen görüntüler, haritalar, katmanlar, raster ya da vektor veriler bu alanda görüntülenmektedir.

TOCControl, “Table of Contents”, “İçerik Tablosu”, MapControl gibi ana kontroller ile birlikte çalışan bir kontroldür. Bu tarz kontrollere “Buddy Control” denmektedir. Haritaları, katmanları, sembolleri vs listeleyen bir araçtır.

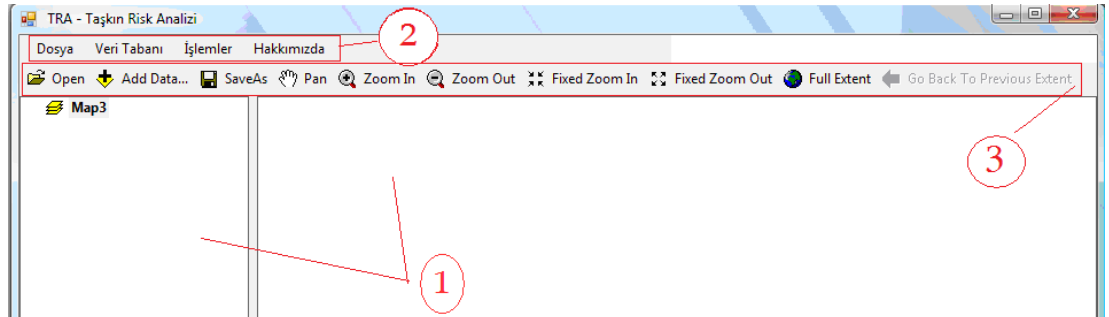
ToolBarControl, “TOCControl” gibi ana kontrollerle birlikte çalışan bir “Buddy Control”dür. Bu panelde haritanın üzerinde yapılması istenen işlemler seçilerek listelenmektedir.

LicenseControl, uygulamayı geliştiren bilgisayarda uygun lisans ile başlatmayı ve çalıştırmayı mümkün kılmak için kullanılmaktadır. Bu kontrolün bulunduğu sayfalar uygulama çalıştırıldığında sisteme yüklenmeden önce gerekli lisans yapılandırmaları yapılmaktadır.

SymbologyControl, server stil dosyalarını listelemeye yarayan bir kontroldür. Sınıflandırma işlemi yapılırken sınıflandırmanın hangi sembol ile yapılacağının seçilmesi işleminde kullanılmıştır.

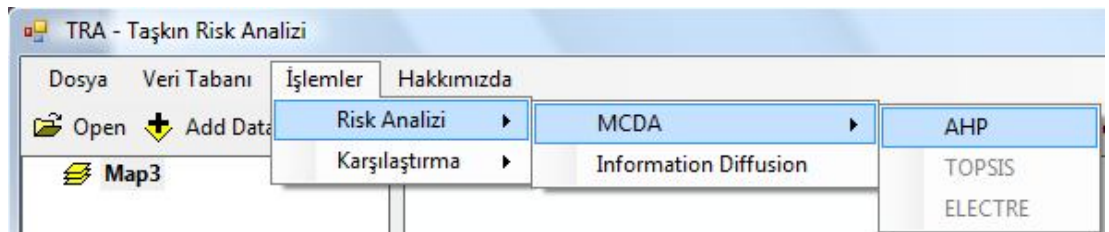
4.2 TRA (Taşkın Risk Analizi) Yazılımının Arayüzünün Tasarımı ve VB.NET Dilinde Geliştirilmesi

Visual Studio 2005 ortamında, Visual Basic.NET programlama diliyle geliştirilen TRA yazılımı sırasıyla şu arayüzlerden oluşmaktadır; (1) Giriş ekranı, (2) Seçim menüsü, (3) Harita araç kutusu (Şekil 4.2).

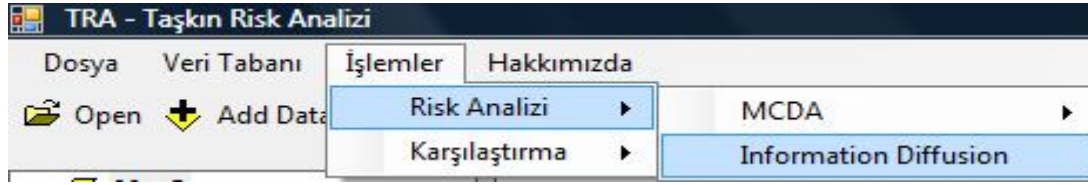


Şekil 4.2 : TRA arayüz ana formu.

Ana formun dışında risk analizi yöntemleri için de ayrı birer form tasarlanmıştır. Bu formlara ulaşmak için ana sayfadaki seçim menüsünden “İşlemler” seçeneğinden istenilen yöntem seçilmelidir. (Şekil 4.3 a,b)



(a)



(b)

Şekil 4.3 : (a) TRA AHP Yöntemi, (b) TRA Infodif Yöntemi.

Geliştirilen Taşkın Risk Analizi yazılımında kullanılan ilk yöntem olan AHP yönteminde riskli alanlar belirlenirken parametreler teker teker programa alınarak risk analizi yapılmıştır. Ayamama Deresi için yapılan risk analizinde, yükseklik, eğim, bakı, jeoloji ve arazi kullanımı olmak üzere beş adet ölçüt ile çalışılmıştır.

Risk analizi yöntemlerinden AHP seçilmeden önce kullanıcının yapmakla yükümlü olduğu işler bulunmaktadır. Öncelikle, üzerinde çalışacakları kriterleri “katman” olarak daha önceden kaydedilmiş olmaları gerekmektedir. Program “.lyr” uzantılı olan veriler üzerinde çalıştığı için, farklı bir uzantıdaki dosyalarla programın AHP modülü çalışmayacaktır. Bunun dışında programın herhangi bir kısıtlaması yoktur. Yani program, her tür karar probleminde (heyelan, sel, deprem, konut yeri seçimi vb.) kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır ve kullanılan faktörlerde ya da alt kriterlerde herhangi bir sınırlama yapılmamıştır. AHP ile risk analizi yapılmak istendiğinde, kullanıcıya, programa yüklediği bütün “.lyr” uzantılı ölçüt katmanlarının listesi Şekil 4.4’deki gibi gelecektir.

Kriter ve Parametreler					
***	JEOLOJİ	YUKSEKLİK	EGİM	BAKİ	ARAZI_KULLANIMI
1	Qal	2-7	0	Duzluk	Yol
2	Qyd	8-13	0 - 5	Kuzey	Yesil
3	Diger	14-19	5-10	Kuzey_Bati	Yerlesim
4		19-24	>10	Diger	Su
5		>24			Bos

Şekil 4.4 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi.

Kullanıcının AHP yönteminde, yapmakla yükümlü olduğu bir diğer iş ise, ağırlıkların belirlenmesinde izleyeceği sıradır. Program, kullanıcının “Ağırlıkları Belirle” seçeneğini seçmesiyle, kullanıcıya Şekil 4.5’deki gibi bir panel sunacaktır.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuc

	JEOLOJİ	YUKSEKLİK	EGİM	BAKİ	ARAZI_KULLANIMI
JEOLOJİ	1				
YUKSEKLİK		1			
EGİM			1		
BAKİ				1	
ARAZI_KULİ					1

Ağırlıklar
Tamam
İptal

Şekil 4.5 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıkların belirlenmesi.

Bu panelde kullanıcı mutlaka işlem adımlarını sırasıyla takip etmelidir. Program tarafından adımlar arası geçiş kontrol edildiğinden herhangi bir adımı tamamlamadan, bir sonrakine geçmeye çalışıldığında, paneldeki işlemler kullanıcı için kapatılmaktadır. AHP yönteminde ilk adım ölçüt katmanlarının “İkili Karşılaştırma” matrislerinin oluşturulmasıdır. Burada kullanıcının seçtiği bütün katmanlar birbirlerine göre ağırlıklandırılmaktadır. Ağırlıklandırılmalar ise Şekil 4.6’ya göre yapılmaktadır.

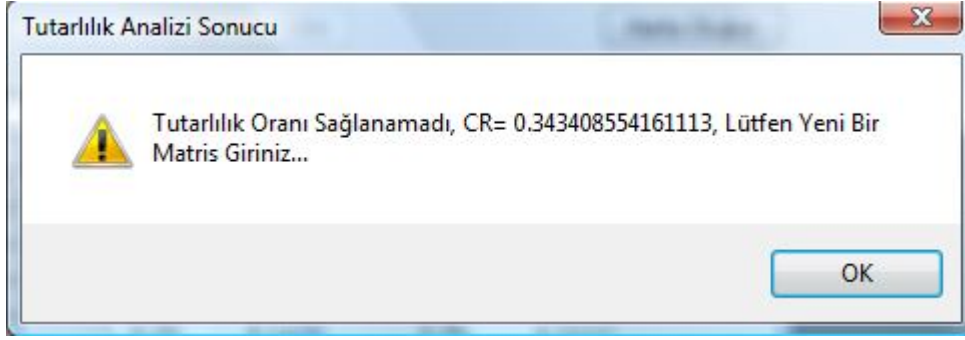
Ağırlıklar

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Tamam

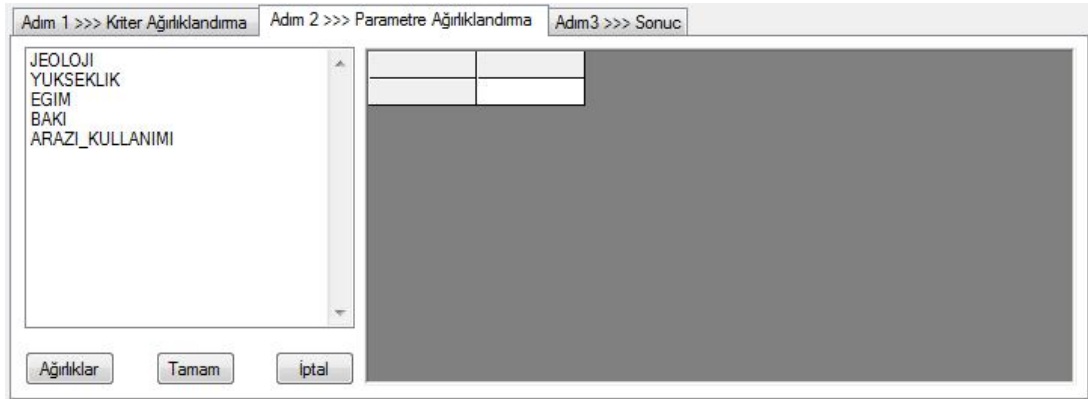
Şekil 4.6 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Ağırlıklar.

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulurken kullanıcının girdiği ağırlıkların sonucunda oluşan matrisin tutarlı olup olmadığı da program tarafından hesaplanmakta ve gerekli koşul sağlanamadığı takdirde kullanıcı uyarılmaktadır. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7 : Tutarlılık analizi sonucu.

AHP yönteminde 1. adım tamamlandığı takdirde 2. adıma geçiş yapılır (Şekil 4.8). Bu adımda sol tarafta bulunan kutuya, 1. adımda sıralanan ölçüt katmanları listelenmektedir. Kullanıcı bu listeden teker teker seçim yaparak, seçilen ölçüt katmanının parametreleri için ikili karşılaştırma matrisi oluşturmalı ve her ölçüt katmanından sonra “Tamam” seçeneğini seçmelidir. Böylelikle yapılan değerlendirmeler veri tabanına kaydedilerek daha sonraki erişim için saklanabilmektedir.



Şekil 4.8 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Parametrelerin ağırlıklandırılması.

AHP yöntemiyle risk analizi için kriterlere ve alt kriterlere verilen ağırlıklar aşağıdaki gibidir. (Şekil 4.9- Şekil 4.14)

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuc

	JEOLOJİ	YUKSEKLİK	EGİM	BAKİ	ARAZI_KULLANIMI
JEOLOJİ	1	0.25	0.5	4	0.3333
YUKSEKLİK	4	1	2	7	3
EGİM	2	0.5	1	5	2
BAKİ	0.25	0.1429	0.2	1	0.3333
ARAZI_KULLANIMI	3	0.3333	0.5	3	1

Ağırlıklar Tamam iptal

Şekil 4.9 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Kriter ağırlıkları.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuc

JEOLOJİ
YUKSEKLİK
EGİM
BAKİ
ARAZI_KULLANIMI

	Qal	Qyd	Diger
Qal	1	5	7
Qyd	0.2	1	6
Diger	0.1429	0.1667	1

Ağırlıklar Tamam iptal

Şekil 4.10 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Jeoloji için alt kriter ağırlıkları.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuc

YUKSEKLİK
EGİM
BAKİ
ARAZI_KULLANIMI

	2-7	8-13	14-19	19-24	>24
2-7	1	3	5	7	9
8-13	0.3333	1	2	4	6
14-19	0.2	0.5	1	2	3
19-24	0.1429	0.25	0.5	1	2
>24	0.1111	0.1667	0.3333	0.5	1

Ağırlıklar Tamam iptal

Şekil 4.11 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Yükseklik için alt kriter ağırlıkları.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuç

EGİM
BAKİ
ARAZI_KULLANIMI

	0	0 - 5	5-10	>10
0	1	5	7	9
0 - 5	0.2	1	3	5
5-10	0.1429	0.3333	1	2
>10	0.1111	0.2	0.5	1

Ağırlıklar Tamam İptal

Şekil 4.12 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Eğim için alt kriter ağırlıkları.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuç

BAKİ
ARAZI_KULLANIMI

	Düzlük	Kuzey	Kuzey_Bati	Diğer
Düzlük	1	2	3	7
Kuzey	0.5	1	2	3
Kuzey_Bati	0.3333	0.5	1	2
Diğer	0.1429	0.3333	0.5	1

Ağırlıklar Tamam İptal

Şekil 4.13 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Bakı için alt kriter ağırlıkları.

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma Adım3 >>> Sonuç

ARAZI_KULLANIMI

	Yol	Yeşil	Yerleşim	Su	Bos
Yol	1	8	4	7	6
Yeşil	0.125	1	0.25	0.3333	0.5
Yerleşim	0.25	4	1	3	2
Su	0.1429	3	0.3333	1	0.5
Bos	0.1667	2	0.5	2	1

Ağırlıklar Tamam İptal

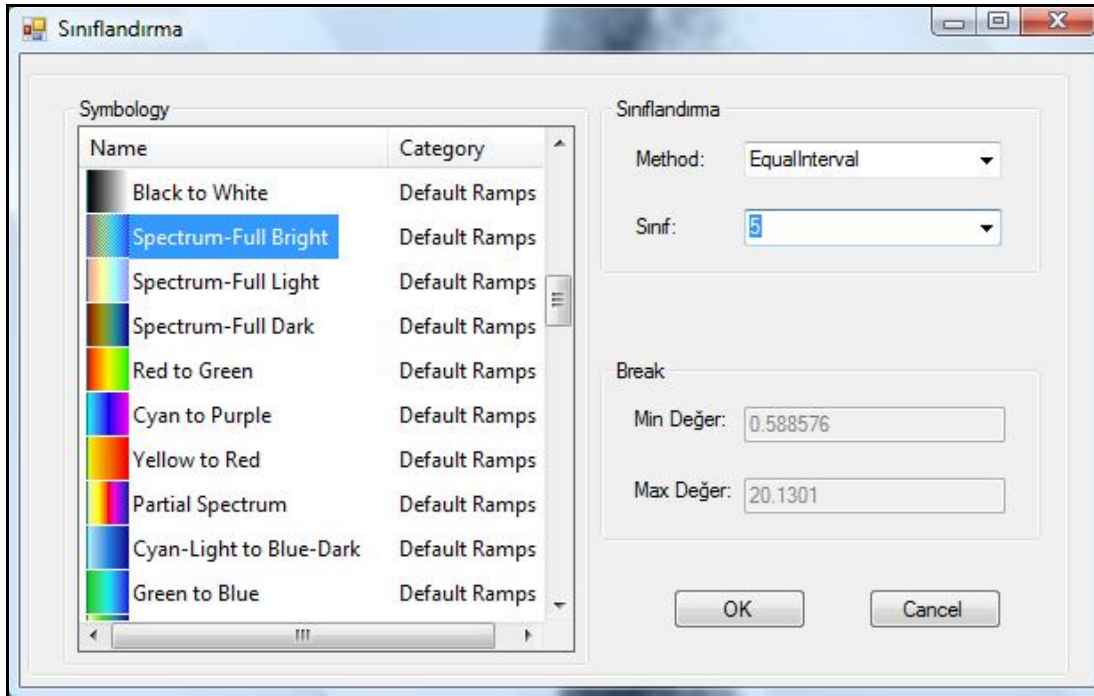
Şekil 4.14 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi – Arazi kullanımı için alt kriter ağırlıkları.

AHP yönteminin son adımında ise kullanıcı, daha önce yapmış olduğu ağırlıklandırmanın sonuç tablolarıyla karşılaşır (Şekil 4.15 - Şekil 4.16).

Adım 1 >>> Kriter Ağırlıklandırma		Adım 2 >>> Parametre Ağırlıklandırma		Adım3 >>> Sonuç	
Kriterler		JEOLOJİ		YUKSEKLİK	
W(JEOLOJİ) = 0.1158		W(Qal) = 0.2482		W(2-7) = 0.1119	
W(YUKSEKLİK) = 0.4231		W(Qyd) = 0.0496		W(8-13) = 0.0373	
W(EGİM) = 0.2416		W(Diger) = 0.0355		W(14-19) = 0.0224	
W(BAKİ) = 0.0472				W(19-24) = 0.016	
W(ARAZI_KULLANIMI) = 0.1723				W(>24) = 0.0124	



Şekil 4.17 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Oluşturulan risk haritası.

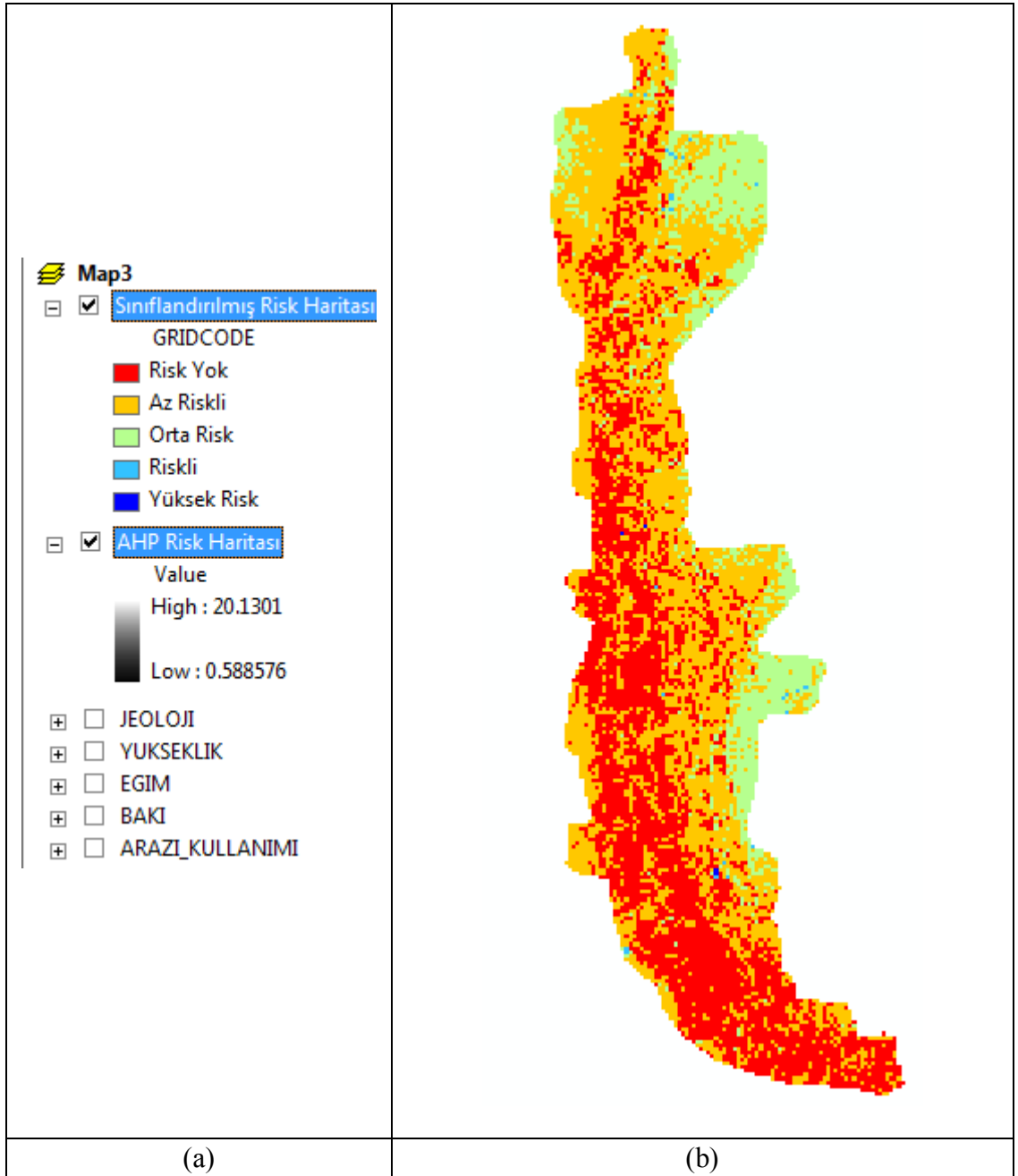


Şekil 4.18 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Sınıflandırma.

Gerçekleştirilen sınıflandırma işlemi kullanıcının belirlediği sınıf sayısına ve sınıflandırma metoduna ve seçilen sembolleme kategorisine göre özel olarak yapılmaktadır. Program bu değerleri kullanıcıdan aldıktan sonra sınıf sayısına göre

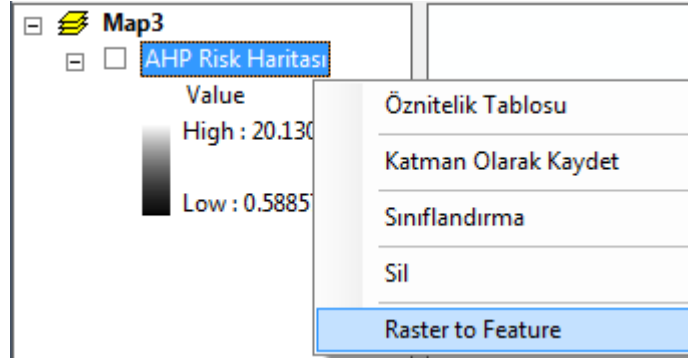
renk skalasını kullanarak her bir sınıfa renk ataması yapmaktadır. Aynı şekilde programda oluşturulan risk haritasının minimum ve maksimum değerlerine göre seçilen sınıflandırma metodu baz alınarak, belirtilen sınıf sayısına göre bölümlendirme işlemi yapılmaktadır. Seçilen her bir metoda göre sınıflandırma işlemi ayrı bir şekilde yapılacak ve haritadaki sınıfların oluşturdukları alanlar değişecektir.

Sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra oluşan sınıflandırılmış risk haritası önceki haritadan bağımsız olarak ana formda listelenecektir. (Şekil 4.19)



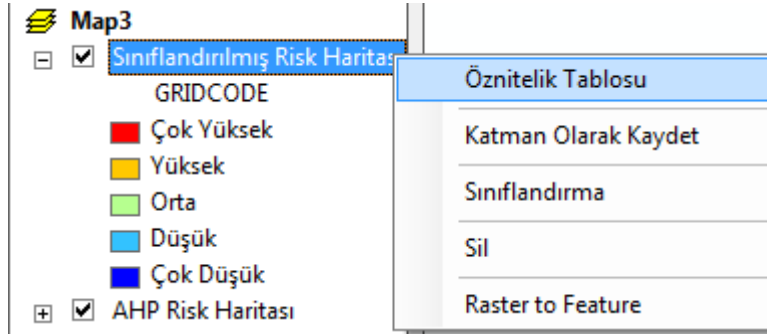
Şekil 4.19 : TRA Analitik Hiyerarşi Yöntemi - Sınıflandırılmış risk haritası.

Taşkın risk haritasında riskli yerlerin hektar olarak toplam miktarı hesaplanmak istendiğinde oluşturulan risk haritası sınıflandırılmadan önce özellik katmanına dönüştürülmeli ve dönüşüm yapıldığında oluşan yeni harita üzerinde sınıflandırma yapılmalıdır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : Özellik katmanına dönüştürme.

Sınıflandırma yapıldıktan sonra oluşan risk haritasına sağ tıklayıp “Öznitelik Tablosu” görüntülenmeli (Şekil 4.21) ve alan hesabı için bu tabloda en üstteki alan isimlerinden herhangi birine sağ tıklanıp “Alan Hesabı” seçeneği seçilmelidir.



Şekil 4.21 : Öznitelik Tablosu.

Bu işlem sonucunda yazılım bize sınıfların ayrı ayrı kaç hektarlık alana karşılık geldiğini vermektedir (Şekil 4.22).

Alan hesaplama işlemi “Öznitelik Tablosu” nun gösterdiği her bir noktanın alanının hesaplanması ile gerçekleştirilmektedir. Toplam alan hesabı ise tablodaki “GRIDCODE” alanına göre yapılmaktadır. “Çok Yüksek” isimli sınıfın sahip olduğu “GRIDCODE” aralıkları tespit edilip “Öznitelik Tablosu” nda o aralıklara sahip bütün kayıtların alan değerleri toplanarak sonuç raporuna yazılmaktadır. Program bütün sınıflar için aynı şekilde hesaplama yaptıktan sonra kullanıcıya bu sonuçları rapor olarak sunmaktadır.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	Area
0	Polygon	1	4	0.09
1	Polygon	2	8	0.09
2	Polygon	3	6	0.09
3	Polygon	4	3	0.09
4	Polygon	5	7	0.09
5	Polygon	6	8	0.09
6	Polygon	7	5	0.09
7	Polygon	8	8	0.09
8	Polygon	9	8	0.09
9	Polygon	10	8	0.18
10	Polygon	11	6	0.09
11	Polygon	12	7	0.09
12	Polygon	13	7	0.09
13	Polygon	14	6	0.18
14	Polygon	15	10	0.09
15	Polygon	16	12	0.09
16	Polygon	17	7	0.18
17	Polygon	18	6	0.18
18	Polygon	19	5	0.09
19	Polygon	20	5	0.09
20	Polygon	21	6	0.09
21	Polygon	22	4	0.09
22	Polygon	23	3	0.09
23	Polygon	24	11	0.09

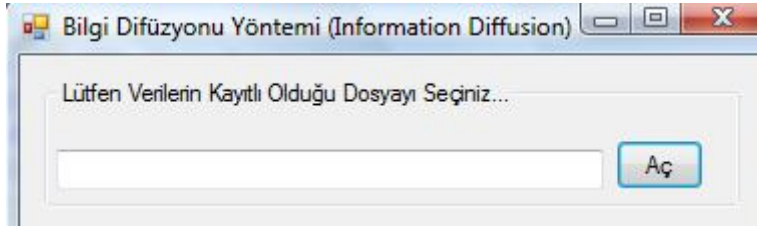
Sınıflar
Çok Yüksek Toplam Alan...>294.75 ha
Yüksek Toplam Alan...>266.49 ha
Orta Toplam Alan...>383.13 ha
Düşük Toplam Alan...>135.09 ha
Çok Düşük Toplam Alan...>8.46 ha

Alan Hesaplama İşlemi Bitti!..

Şekil 4.22 : Alan hesaplama.

Bu rapora göre yazılımın “Çok Yüksek” olarak belirlediği alan 294.75 ha, “Yüksek” olarak belirlediği alan 266.49 ha, “Orta” olarak belirlediği alan 383.13 ha, “Düşük” olarak belirlediği alan 135.09 ha, “Çok Düşük” olarak belirlediği alan 8.46 ha şeklinde bulunmuştur. Oluşturulan harita bütün Ayamama Deresi Havzası’nı kaplamadığı için çıkan sonuçlar tüm havza bazında değerlendirilmemelidir.

TRA yazılımının ikinci yöntemine göre risk analizi yapılmak istendiği takdirde risk analizi yöntemlerinden “Information Diffusion” seçilmelidir. Bu seçenek seçildiğinde açılan yeni sayfada program kullanıcıdan çalışma bölgesi için “.txt” uzantılı akım verileri dosyasını isteyecektir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi.

Kullanıcı bu dosyayı sisteme yüklediği takdirde ekranda akım verileri ve geçmiş taşkın hasar miktarları tarihleriyle birlikte listelenecektir (Şekil 4.24).

YIL	AKIM DEGERI	HASAR MIKTARI
08.01.1975	103.72	2.259077769
14.12.1976	112.73	0.00
22.11.1977	75.04	0.00
30.10.1978	83.57	0.00
24.08.1979	95.73	0.22
15.11.1980	103.73	0.00
01.12.1981	123.34	0.76
30.12.1982	143.73	0.00
21.01.1983	121.94	0.31
12.01.1984	73.73	0.07
28.11.1985	93.27	0.10
02.01.1986	113.73	0.00
10.12.1987	103.73	0.00
25.11.1988	93.75	0.00
26.11.1989	123.73	0.00
10.11.1990	154.73	0.64
07.10.1991	97.13	5.088588648
21.03.1992	93.73	0.11
26.02.1993	133.73	2.038920794

Şekil 4.24 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Verilerin listelenmesi.

Şekil 4.24’de görüntülediği üzere veriler sisteme yüklendikten sonra yaklaşık 2-3 sn içinde hesaplanan olasılıklar, rapor şeklinde kullanıcının bilgisine sunulacaktır (Şekil 4.25 – Şekil 4.26) .

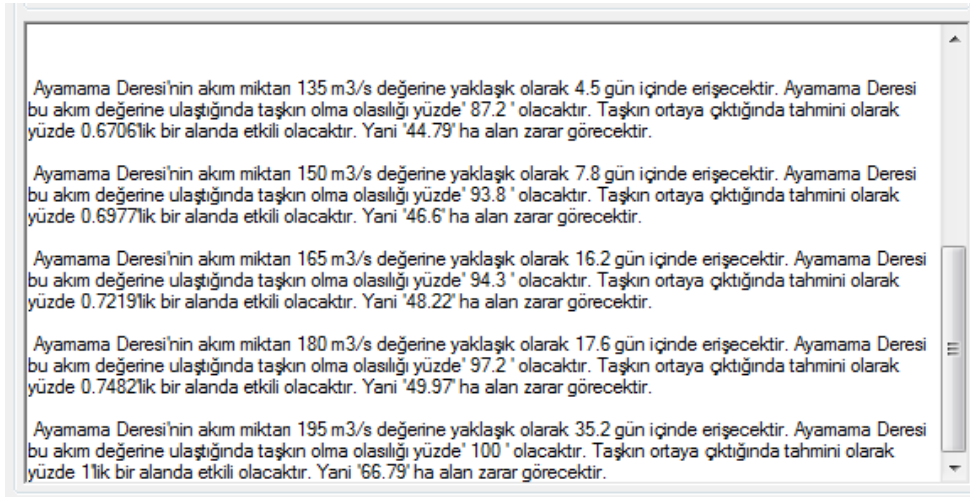
Burada belirtilen “OLASILIK” değerleri, karşısında yer alan “DERECE” değerlerinin Ayamama Bölgesi için gerçekleşme olasılığını vermektedir. Örneğin “DERECE” değeri 90 olan satırda “OLASILIK” değeri 0.9044 bulunmuştur. Bunun anlamı Ayamama Deresi’nin akım değerinin 90 m³/s seviyesine gelme olasılığı 0.9044 olacaktır.

Olasılık Sonuçları			
DERECE	OLASILIK	DERECE	OLASILIK
60	1	135	0.2216
75	0.9983	150	0.1277
90	0.9044	165	0.0618
105	0.6302	180	0.0569
120	0.3684	195	0.0284

SONUÇLAR	
Ayamama Deresi'nin akım miktar 60 m³/s değerine yaklaşık olarak 1 gün içinde erişecektir. Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı yüzde 0.2 ' olacaktır. Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde 0.4372'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '29.2' ha alan zarar görecektir.	
Ayamama Deresi'nin akım miktar 75 m³/s değerine yaklaşık olarak 1 gün içinde erişecektir. Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı yüzde 9.6 ' olacaktır. Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde 0.5371'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '35.87' ha alan zarar görecektir.	
Ayamama Deresi'nin akım miktar 90 m³/s değerine yaklaşık olarak 1.1 gün içinde erişecektir. Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı yüzde 37 ' olacaktır. Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde 0.5893'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '39.36' ha alan zarar görecektir.	
Ayamama Deresi'nin akım miktar 105 m³/s değerine yaklaşık olarak 1.6 gün içinde erişecektir. Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı yüzde 63.2 ' olacaktır. Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde 0.6203'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '41.43' ha alan zarar görecektir.	
Ayamama Deresi'nin akım miktar 120 m³/s değerine yaklaşık olarak 2.7 gün içinde erişecektir. Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı yüzde 77.8 ' olacaktır. Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde 0.6449'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '43.07' ha alan zarar görecektir.	

Şekil 4.25 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Analiz sonuçları (1).

Şekil 4.25’deki “DERECE” alanında yazılı olan değerler Eşitlik 3.6 ‘daki U_n değerlerimizdir. Bu değerler kullanıcı tarafından çalışılan bölgenin akım verilerine göre oluşturulmaktadır. Başlangıç, bitiş ve artım değerlerini kullanıcı belirlemektedir.



Şekil 4.26 : TRA Bilgi Difüzyonu Yöntemi – Analiz sonuçları (2).

Şekil 4.26'da Ayamama Deresi'nin akım miktarları seviyelendirilerek, taşkın riski için analiz edilmektedir. Buna göre Ayamama Deresi'nin akım seviyesi belirli bir değere ulaştığında, o değere ulaşması için geçen sürenin hesaplanarak, bu değerde taşkın olma olasılığı ve taşkın olduğunda ne kadarlık bir alana hasar vereceği bilgileri raporda sunulmaktadır.

4.3 TRA (Taşkın Risk Analizi) Yazılımında Kullanılan Önemli Fonksiyonlar

4.3.1 AHP yönteminde kullanılan fonksiyonlar

AHP yönteminde, geliştirilen yazılımın kodlama kısmında oluşturulan başlıca fonksiyonlar bu bölümde listelenmiştir.

Ölçüt ve Alt Parametrelerin Listelenmesi; ölçüt değerleri olarak alınan katmanların ve bu ölçüt değerlerinin alt parametrelerini oluşturan katman elemanlarının listelenmesini sağlayan kod şekil 4.27'de gösterilmiştir.

```
For j = 0 To iLayerCount - 1
    player = axtoc.ActiveView.FocusMap.Layer(j)
    legendInfo = player
    pLegendGroup = legendInfo.LegendGroup(0)
    For i = 0 To pLegendGroup.ClassCount - 1
        flxTablo.set_TextMatrix(i + 1, 0, i + 1)
        flxTablo.set_TextMatrix(i + 1, j + 1, _
            pLegendGroup.Class(i).Label)
    Next
    dizi_parametre_sayisi(j) = pLegendGroup.ClassCount
Next
```

Şekil 4.27 : Ölçüt ve alt parametrelerin listelenmesi.

Ölçüt Katmanlarının Ağırlıklarının Hesaplanması; ölçüt katmanlarının ikili karşılaştırma matrisi sonucunda elde edilen ağırlıkların hesaplanması Şekil 4.28'deki kod bloğu yardımıyla yapılmaktadır.

```
For i = 1 To flxKriter.Rows - 1
    TOPLAM = 0
    For j = 1 To flxKriter.Cols - 1
        TOPLAM = TOPLAM + flxKriter.get_TextMatrix(j, i)
    Next
    dizi(i - 1) = Round(TOPLAM, 4)
Next
For i = 1 To flxKriter.Rows - 1
    For j = 1 To flxKriter.Cols - 1
        dizi2(i - 1, j - 1) = flxKriter.get_TextMatrix(i, j) / _
        dizi(j - 1)
    Next
Next
```

(a)

```
For i = 0 To flxKriter.Rows - 2
    sonuc = 0
    For j = 0 To flxKriter.Rows - 2
        sonuc = sonuc + dizi2(i, j)
    Next
    TEXT = "W(" & flxKriter.get_TextMatrix(i + 1, 0) & ") = " & _
    Round(sonuc / (flxKriter.Rows - 1), 4)
    flxK_Sonuc.set_TextMatrix(i + 1, 0, TEXT)
    sonucKriter(Round(sonuc / (flxKriter.Rows - 1), 4), _
    flxKriter.get_TextMatrix(i + 1, 0))
    kriter_snc(i) = Round(sonuc / (flxKriter.Rows - 1), 4)
Next
```

(b)

Şekil 4.28 : (a,b) Ölçüt katmanlarının ağırlıklarının hesaplanması.

Tutarlılık Analizinin Yapılması; ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı bir matris olup olmadığını tespit eden kod bloğu Şekil 4.29 – Şekil 4-31'deki gibidir.

```
Dim tutarlilik_orani As Double = tutarlilik_analizi()
If tutarlilik_orani > 0.1 Then
    MsgBox("Tutarlılık Oranı Sağlanamadı, CR= " & _
    tutarlilik_orani & _
    ", Lütfen Yeni Bir Matris Giriniz...", _
    MsgBoxStyle.Exclamation, _
    "Tutarlılık Analizi Sonucu")
    Exit Sub
End If
```

Şekil 4.29 : Tutarlılık analizi kontrol.

```

For i = 0 To n - 1
    tutarlilik = 0.0
    For j = 1 To n
        tutarlilik = tutarlilik + (kriter_snc(j - 1) * _
            flxKriter.get_TextMatrix(i + 1, j))
    Next
    alfa(i) = tutarlilik / kriter_snc(i)
Next

For i = 0 To n - 1
    top = top + alfa(i)
Next
top = top / n

```

Şekil 4.30 : Tutarlılık analizi hesaplama.

```

Select Case n
    Case 1
        RI = 0.0
    Case 2
        RI = 0.0
    Case 3
        RI = 0.58
    Case 4
        RI = 0.9
    Case 5
        RI = 1.12
    Case 6
        RI = 1.24
    Case 7
        RI = 1.32
    Case 8
        RI = 1.41
    Case 9
        RI = 1.45
    Case 10
        RI = 1.49
    Case 11
        RI = 1.51
    Case 12
        RI = 1.48
    Case 13
        RI = 1.56
    Case 14
        RI = 1.57
    Case 15
        RI = 1.59
End Select
CR = ((top - n) / (n - 1)) / RI
Return CR

```

Şekil 4.31 : Tutarlılık analizi sonuç.

Harita Oluşturma; Şekil 4.32’de, ölçüt ve parametrelerin ağırlıklarının bulunması işleminden sonra ilgili katmanlar bulunan ağırlıklar ile çarpılıp toplanarak risk haritası oluşturma işlemi yapılmaktadır. Buna göre Şekil 4.32 (a)’da yeni oluşturulacak risk haritasının yeri belirlenmekte, Şekil 4.32 (b, c)’de ise hesaplanan ölçüt ağırlıkları ilgili katmanlar ile işleme girerek risk haritası oluşturulmaktadır.

```
Dim pEnv As IRasterAnalysisEnvironment
pEnv = pRasModel
Dim pWS As IWorkspace
Dim pWSF As IWorkspaceFactory
pWSF = New RasterWorkspaceFactory
Dim dosya_kayit_yeri As String = New _
IO.DirectoryInfo(Application.StartupPath). _
Parent.Parent.FullName()
pWS = pWSF.OpenFromFile(dosya_kayit_yeri & _
"\Risk_Haritasi", 0) 'kaydedilecek yer
pEnv.OutWorkspace = pWS
```

(a)

```
Dim haritaLayer(iLayerCount - 1) As IRasterLayer
Dim haritaRaster(iLayerCount - 1) As IRaster
For i = 0 To iLayerCount - 1
    haritaLayer(i) = pMap.Layer(i)
    haritaRaster(i) = haritaLayer(i).Raster
    pRasModel.BindRaster(haritaRaster(i), "" & _
    flxTablo.get_TextMatrix(0, i + 1) & "")
    rastermodelsript = rastermodelsript & _
    "[" & flxTablo.get_TextMatrix(0, i + 1) & "]" * " & _
    agirlik_dizi(i) & " + "
Next
rastermodelsript = rastermodelsript.TrimEnd(" ")
rastermodelsript = rastermodelsript.TrimEnd("+")
rastermodelsript = rastermodelsript.TrimEnd(" ")
```

(b)

```

pRasModel.Script = "[out1] = " & rastermodelscript

Try
    pRasModel.Execute()
    Dim pOutRaster As IRaster
    pOutRaster = pRasModel.BoundRaster("out1")

    pRasModel.UnbindSymbol("input1")

    Dim pOutRasLayer As IRasterLayer
    pOutRasLayer = New RasterLayer
    pOutRasLayer.CreateFromRaster(pOutRaster)
    pOutRasLayer.Name = "Risk Map With AHP"
    pMap.AddLayer(pOutRasLayer)

Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Message)
End Try

```

(c)

Şekil 4.32 : (a, b, c) Harita oluşturma.

Raster Görüntüyü Feature'a Çevirme; oluşturulan raster formatlı risk haritasının, feature formata çevrilme işlemi Şekil 4.33'de gösterilmiştir.

```

Dim pLayer As ILayer
Dim pRasLayer As IRasterLayer
Dim pInRaster As IRaster

pLayer = layer
If Not TypeOf pLayer Is IRasterLayer Then Exit Sub

pRasLayer = pLayer
pInRaster = pRasLayer.Raster

```

(a)

```

Dim pRasConvertHelper As IRasterConvertHelper
pRasConvertHelper = New RasterConvertHelper
Dim pEnv As IRasterAnalysisEnvironment
pEnv = New RasterAnalysis
pEnv.SetCellSize(esriRasterEnvSettingEnum.esriRasterEnvMaxOf)

Dim pOutFCClass As IFeatureClass
pOutFCClass = pRasConvertHelper.ToShapefile _
(pInRaster, esriGeometryType.esriGeometryAny, pEnv)

```

(b)

```

Dim pOutFeatureLayer As IFeatureLayer
pOutFeatureLayer = New FeatureLayer
pOutFeatureLayer.FeatureClass = pOutFCClass
pOutFeatureLayer.Name = "Risk Analiz Sonucu"
pMap.AddLayer(pOutFeatureLayer)

```

(c)

Şekil 4.33 : (a, b, c) Raster – Feature çevrimi.

Sınıflandırma; bu kısımda, oluşturulan risk haritasında sınıflandırma işlemi adımları belirtilmiştir (Şekil 4.34, Şekil 4.37).

```

Dim pTable As ITable
pTable = pFLayer.FeatureClass

Dim pClassify As IClassifyGEN
Dim pHistogram As ITableHistogram
pHistogram = New BasicTableHistogramClass
pHistogram.Table = pTable
pHistogram.Field = fieldName

Dim pBasicTableHistogram As IBasicHistogram
pBasicTableHistogram = pHistogram
Dim dOut As Object = Nothing
Dim lOut As Object = Nothing
pBasicTableHistogram.GetHistogram(dOut, lOut)

```

Şekil 4.34 : Öznitelik tablosu değer okuma.

```

Select Case cbMethod.SelectedIndex
Case 0
    pClassify = New EqualInterval
Case 1
    pClassify = New NaturalBreaks
Case 2
    pClassify = New Quantile
Case 3
    pClassify = New DefinedInterval
Case 4
    pClassify = New StandardDeviation
Case 5
    pClassify = New GeometricalInterval
End Select
Dim breaks As Integer = Convert.ToInt32(cbSinif.Text)
pClassify.Classify(dOut, lOut, breaks)

```

Şekil 4.35 : Belirlenen sınıf sayısına göre sınıflandırma.

```

Dim ClassBreaksArray() As Double = pClassify.ClassBreaks
Dim pRGB As IRgbColor = New RgbColorClass

Dim pRamp As IAlgorithmicColorRamp = New AlgorithmicColorRampClass

Dim colorRamp As IColorRamp
colorRamp = m styleGalleryItem.Item

colorRamp.Size = Convert.ToInt32(cbSinif.Text)
colorRamp.CreateRamp(False)

```

Şekil 4.36 : Belirlenen sınıf sayısına göre renkleri ayarlama.

```

Dim pRenderer As IClassBreaksRenderer
pRenderer = setClassBreaks(pFLayer.FeatureClass, fieldName, _
breaks, ClassBreaksArray, colorRamp, "_none_")

Dim pGLayer As IGeoFeatureLayer
pGLayer = pFLayer
pGLayer.Renderer = pRenderer
pGLayer.Name = "Classification of Risk Map"
arcMap.DeleteLayer(pFLayer)
arcMap.AddLayer(pGLayer)

```

Şekil 4.37 : Sınıflandırma.

Sınıflandırılmış Bölgelerin Alan Hesabı; Şekil 4.39’da sınıflandırılmış bölgelerin alan hesabını yapan kod dizesi gösterilmiştir. Bundan önce öznitelik tablosuna “Area” ismiyle bir sütun eklenmektedir (Şekil 4.38).

```

strValueFieldName = "Area"
pField = New Field
pFieldEdit = pField 'QI

With pFieldEdit
    .Name_2 = strValueFieldName
    .Type_2 = esriFieldType.esriFieldTypeDouble
    .Precision_2 = 15
    .Scale_2 = 6
End With
pFeatureClass.AddField(pField)

```

Şekil 4.38 : Öznitelik tablosuna “Area” alanının eklenmesi.


```

pFeature = pFeatureCursor.NextFeature
While Not pFeature Is Nothing
    pPolygon = pFeature.Value(lngShapeFieldIndex)
    pArea = pPolygon

    ' Alan alani hektar olarak belirleniyor
    pFeature.Value(lngFieldIndex) = pArea.Area / 10000
    pFeature.Store()

    pFeature = pFeatureCursor.NextFeature
End While

```

Şekil 4.39 : Sınıflandırılmış bölgelerin alan hesabı.

4.3.2 Infodif yönteminde kullanılan fonksiyonlar

Bilgi Difüzyonu yönteminde, geliştirilen yazılımın kodlama kısmında oluşturulan başlıca fonksiyonlar bu bölümde listelenmiştir.

“.Txt” Uzantılı Dosyadan Veri Alma Fonksiyonunda; kullanıcının, çalışma bölgesinin yıllık maksimum akım değerleri ve taşkının çevresine verdiği zararın verilerinin kayıtlı olduğu “.txt” uzantılı dosyanın sisteme yüklenmesi işlemleri yapılmaktadır. Bu fonksiyonun kodlama kısmı ise Şekil 4.40’da gösterilmektedir.

Burada kısaca yapılanları özetleyecek olursak; öncelikle kayıtlı bulunan dosyanın kullanıcı tarafından yeri belirlenerek sisteme dosyanın bulunduğu yer verisi alınır. Buna göre dosyanın içeriği satır satır okunarak gerekli veriler sistemdeki ızgara kontrolüne yazılır. Aynı anda bu veriler diziye kaydedilerek programdaki hesaplama kısmı için kullanılmak üzere saklanır.

```

myStream = myOpenFileDialog.OpenFile()
If (myStream Is Nothing) Then Exit Sub

sFileName = myOpenFileDialog.FileName
txtYol.Text = sFileName
DosyaOku = IO.File.OpenText(sFileName)

```

(a)

```

satir = 1
DosyaOku.ReadLine()
While DosyaOku.Peek <> -1
    Dim satirlar As String = DosyaOku.ReadLine
    flxAkimDegerleri.set_TextMatrix(satir, 0, _
    satirlar.Substring(0, 10))
    flxAkimDegerleri.set_TextMatrix(satir, 1, _
    satirlar.Substring(10, 7))
    flxAkimDegerleri.set_TextMatrix(satir, 2, _
    satirlar.Substring(17))
    ReDim Preserve dizi_y(satir)
    ReDim Preserve dizi_y2(satir)
    dizi_y(satir - 1) = Val(flxAkimDegerleri._
    get_TextMatrix(satir, 1))
    dizi_y2(satir - 1) = Val(flxAkimDegerleri._
    get_TextMatrix(satir, 2))
    flxAkimDegerleri.Rows = flxAkimDegerleri.Rows + 1
    satir = satir + 1
End While
m = satir - 1

```

(b)

Şekil 4.40 : (a, b) Dosyadan veri alma fonksiyonu.

Verilerin Maksimum ve Minimumun Değerini Bulma İşleminde; dosyadan okunan verilerde maximum akım değerlerinin içinden en büyük ve en küçük değerin belirlenme işlemi yapılmaktadır (Şekil 4.41).

```

Sub buyuk_kucuk_bul()
    Dim i, j As Integer
    For i = 1 To m
        b = Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(i, 1))
        a = Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(i, 1))
        For j = 1 To m
            If Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(j, 1)) >= b Then
                b = Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(j, 1))
            End If
            If Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(j, 1)) < a Then
                a = Val(flxAkimDegerleri.get_TextMatrix(j, 1))
            End If
        Next
    Next
End Sub

```

Şekil 4.41 : Maksimum ve minimumun değer belirleme.

Difüzyon Sabitinin Belirlenmesi; bu işlemde “Bilgi Difüzyonu” yönteminin bir adımı olan Difüzyon Sabiti “h”ın belirlenmesi işlemi yapılmaktadır (Şekil 4.42). Burada “m” değeri dosyadan veri alma fonksiyonunda belirlenen dosyadaki kayıtların sayısını ifade etmektedir.

```

Select Case m
  Case 1 To 5
    h = 1.6987 * (b - a) / (m - 1)
  Case 6 To 7
    h = 1.4456 * (b - a) / (m - 1)
  Case 8 To 9
    h = 1.423 * (b - a) / (m - 1)
  Case Is > 10
    h = 1.4208 * (b - a) / (m - 1)
End Select

```

Şekil 4.42 : Difüzyon sabitinin belirlenmesi.

Yayılma Fonksiyonunun Belirlenmesi; burada yöntemdeki gözlem değerlerinin hasar indeks alanı üzerine yayılmasının hesaplanması sağlanmıştır (Şekil 4.43).

```

For i = 0 To m - 1
  For j = 0 To n - 1
    dizi_f(i, j) = (1 / (h * 2.5066)) * _
      Math.Exp(-(dizi_y(i) - dizi_u(j)) ^ 2 / (2 * (h ^ 2)))
  Next
Next

```

Şekil 4.43 : Yayılma fonksiyonu hesaplanması.

Olasılık Değeri Hesaplama; bu işlemde 3. Bölüm’de anlatılan eşitlik 3.9’dan 3.12’ye kadar bulunan adımların kodlaması yapılmaktadır (Şekil 4.44).

```

For i = 0 To m - 1
  toplam = 0.0
  For j = 0 To n - 1
    toplam = toplam + dizi_f(i, j)
  Next
  dizi_c(i) = toplam
Next
For i = 0 To m - 1
  For j = 0 To n - 1
    dizi_m(i, j) = dizi_f(i, j) / dizi_c(i)
  Next
Next
toplam = 0.0
For i = 0 To n - 1
  toplam = 0.0
  For j = 0 To m - 1
    toplam = toplam + dizi_m(j, i)
  Next
  dizi_q(i) = toplam
Next

```

(a)

```

_Q = 0.0
For i = 0 To n - 1
    _Q = _Q + dizi_q(i)
Next

For i = 0 To n - 1
    dizi_p(i) = (dizi_q(i) / _Q)
Next

For i = 0 To n - 1
    toplam = 0.0
    For j = i To n - 1
        toplam = toplam + dizi_p(j)
    Next
    _p(i) = Round(toplam, 4)
Next

For i = 0 To n - 1
    toplam = 0.0
    For j = 0 To i
        toplam = toplam + dizi_p(j)
    Next
    _p2(i) = Round(toplam, 4)
Next

```

(b)

Şekil 4.44 : (a,b) Olasılık değeri hesaplama.

Sonuç Değerinin Yazdırılması; bu işlemde programın hesapladığı bütün değerlerin kullanıcının bilgisine sunulması işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.45).

```

Sub yazdir()
    Dim i As Integer
    For i = 0 To n - 1
        rtbSonuc.Text = rtbSonuc.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
            " Ayamama Deresi'nin akım miktarı " & _
            & dizi_u(i) & " m3/s değerine yaklaşık olarak " & _
            & Round(1 / _p(i), 1) & " gün içinde erişecektir. " & _
            & "Ayamama Deresi bu akım değerine ulaştığında taşkın" & _
            & "olma olasılığı yüzde' " & _
            & Round(_p2(i) * 100, 1) & " ' olacaktır. " & _
            & "Taşkın ortaya çıktığında tahmini olarak yüzde " & _
            (damage(i)) & "'lik bir alanda etkili olacaktır. Yani '" & _
            & Round(6679 * damage(i) / 100, 2) & "' ha alan zarar" & _
            & "görecektir."
    Next
End Sub

```

Şekil 4.45 : Sonuç değerinin yazdırılması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşkınlar kendi ülkemizde olduğu kadar tüm dünyada da, başta yaşanan çevre olmak üzere, insanların sosyal ve ekonomik hayatlarını etkileyen en önemli doğal afetlerden birisidir. Taşkınların ülkemizde yarattığı zararın en büyük nedeni, dere yataklarına verilen imar izni sonucu bu bölgede kurulan yerleşimin, dere yatağını kapatmasıdır. Bu durumda derenin, şiddetli yağış sonucunda, artan debisi ile, daralan yatağından taşması ve denize ulaşabilmesi için önüne çıkan yerleşimi sular altında bırakması kaçınılmazdır. İnsanoğlunun çevreyi, çıkarları doğrultusunda, tabiatın dengesini bozacak şekilde değiştirmesi yaşanacak felaketlerin ana kaynağını oluşturmaktadır.

Taşkın kontrolü, taşkınların vereceği zararları minimuma indirmek için yapılan çalışmalar bütünüdür. Taşkın risk haritalarının hazırlanması, zararı minimize etmek için yapılacak çalışmaların başında gelmelidir.

Yapılan bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında, Esenler tarafından doğan, İkitelli'den geçip Mahmutbey ve Güneşli'ye varan, devamında Yenibosna'dan geçerek Ataköy'e ulaşan ve oradan Marmara Denizi'ne dökülen Ayamama Deresi için taşkın risk analizi çalışmaları, uzaktan algılama ve CBS ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, öncelikle çalışma alanının fiziksel özellikleri üzerinde durulmuştur.

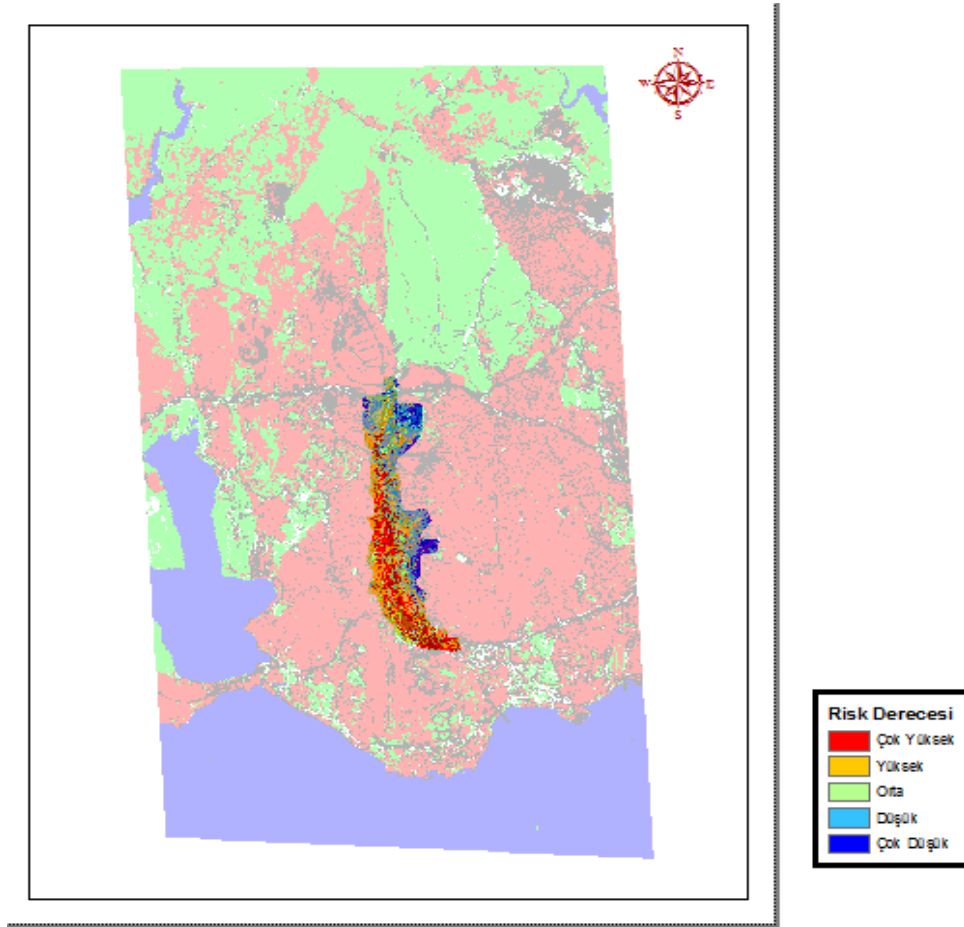
Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen risk analizi yazılımı, Ayamama Deresi için iki yöntem kullanarak taşkın risk analizi gerçekleştirmiştir. Risk analizi için AHP ve Infodif yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan ilk yöntem olan AHP için, 2,5 metre mekansal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüsünden arazinin sayısal yükseklik modeli elde edilmiş ve programda girdi olarak kullanılmıştır. Oluşturulan bu SYM'den arazinin eğim ve bakı değerleri elde edilmiş ve programın AHP metodu için kullanılmıştır. Arazi kullanımı haritası 2,5 metre mekansal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüsünden elde edilmiş ve ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılarak gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra katman olarak kaydedilmiştir. Geliştirilen yazılımın AHP kısmı için gereken

jeoloji parametresi için arazinin 1/25.000 ölçekli stragrafi ve yapısal jeoloji haritası kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan diğer bir yöntem ise Bilgi Difüzyonu yöntemidir. Bu yöntem genellikle veri sıkıntısı çekilen durumlarda kullanılmakta olup, iyi bir sonuç vermektedir. Bu yöntem için gereken akım verileri, SCS-CN yöntemi ile 1975 - 2009 yılları arasında Florya İstasyonu'ndan alınan günlük yağış verilerinden elde edilerek hesaplanmıştır. SCS-CN için gereken diğer parametreler ise sırasıyla; nem içerikleri, arazi kullanımı ve hidrolojik toprak grupları olmuştur. Arazi kullanımı için 1:25.000 ölçekli topografik haritadan elde edilen değerler kullanılmıştır. Hidrolojik toprak grupları ise, büyük toprak grupları haritasından elde edilmiştir. Nem değerleri ise TÜMAS'dan temin edilmiştir.

TRA ile yapılan risk analizleri sonucunda, Ayamama Deresi için AHP yöntemi ile olası risk bölgeleri belirlenmiş ve Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Ayamama Deresi taşkın risk haritası.

Oluşturulan risk haritasında gerekli yorumlamalar yapıldığında “Çok Yüksek” taşkın riskine sahip alanların yerleşim bölgesi üzerinde kaldığı ve bu alanlar olası bir taşkında zarar görme olasılığı en yüksek yerler olarak belirlenmiştir. Buna göre belediyenin bu bölgelerde imar izni olmadan yapılmış binaları yıkması ve yerine daha fazla yeşil alan yaparak mevcut su tutma oranını yükseltmesi gerekmektedir.

TRA ile Ayamama Deresi için Infodif yöntemiyle gerçekleştirilen risk analizi sonucunda derenin ulaşabileceği akım değerlerine göre taşkın gerçekleşme olasılığı ve taşkın meydana geldiğinde kaç hektarlık alanda etkili olacağı bilgisi kullanıcıya sunulmuştur. Buna göre Ayamama Deresi 100 m³/s veya daha üzerinde bir akım değerine ulaştığında taşkın olma olasılığı daha yüksek gözükmektedir. Şekil 4.23’ten de görüldüğü üzere Ayamama Deresi 180 m³/s akıma ulaştığında taşkın olma olasılığı %97.2 olacak ve yaklaşık 50 ha gibi bir alanda etkili olacaktır. 09.09.2009’da meydana gelen sel felaketinde 21 km² uzunluğuna, 6.679 ha’lık drenaj alanına sahip Ayamama Deresi taşıdığı o günkü akım değeri 185 m³/s ölçülmüştür.

İki yöntem arasında etki alanları bakımından çok büyük farklar olmasının nedeni kullanılan ikinci yöntem için gerekli gerçek verilerin ilgili makamlardan tedarik edilememesi ve programa girdi olarak temsili verilerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Ayamama Deresi’nin hem bu sene hem de geçmiş senelerde meydana gelen taşkınlar için herhangi bir hasar verisi tutulmadığı için TRA yazılımına girilen veriler sadece tahmini değerler olduğundan dolayı, sistemin ürettiği sonuçlar buna bağlı olarak gerçek sonuçlarla örtüşemeyebilmektedir. Elimizde gerçek hasar ve akım verileri bulunduğu anda sistem daha güvenilir sonuçlar üretecektir. Aynı şekilde yazılım için kullanılan ilk yöntemde, kullanılan verilerin tüm Ayamama Deresi Havzası’nı içermemesi risk analizi sonucunu etkilemektedir. Ayrıca bu yöntemde kriterlerin ağırlıklandırılması kişiye göre değiştiğinden elde edilen sonuçlar da buna bağlı olarak değişecektir.

Gerçekleştirilen TRA yazılımı gerekli veriler temin edildiği takdirde herhangi bir doğal afetin oluşturacağı riskin analiz edilmesinde ya da herhangi bir karar probleminin çözümünde kullanılabilmektedir. Yazılımın ürettiği haritaların ve rapor sonuçlarının gerçek sonuçlarla örtüşebilmesi için kullanıcının mutlaka doğruluğundan emin olduğu verilerle çalışması gerekmektedir. Temsili veriler kullanıldığında yazılımın üreteceği sonuçlara göre hareket etmek mantıklı olmayacaktır.

Sonuç olarak; bu tez çalışmasında orta ve küçük ölçekte sel ve taşkın risk analizinin belirlenmesi amacıyla önerilen modelin; deprem, heyelan, çığ vb. afetler için de tasarlanması ve bu modeller kullanılarak, yine tez kapsamında geliştirilen ve CBS tabanlı her tür karar probleminde kullanılabilecek TRA arayüzü ile ülke genelinde afet duyarlılık katmanlarının hazırlanması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- **Ağralıoğlu, N.**, 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı; *Su Vakfı Yayınları*, 73.
- **Altundal, M.**, 2010, Taşkınların Ekonomik Boyutu, *Dünya Su Günü, 22-24 Mart 2010, Afyon*.
- **ANONİM**, 1973. Ceyhan Havzası Toprakları, *Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayın No: 285, Köy İşleri Bakanlığı Yayın No: 201, Raporlar Serisi:69, Ankara, 86s.*
- **Apaydın, A.**, 2007, Yeraltısuyu besleniminin eğri numarası (SCS-CN) yöntemi ile hesaplanması: Çakıloba-Karadoruk akışer sisteminde (Beypazarı-Ankara) örnek uygulama, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 28 (3), 159-172.
- **Atilla, F.**, 2005, İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim Notları, *Maltepe Üniversitesi e-Dönüşüm MÜDSEM Projesi, 2005-2006*.
- **Aydın, Ö., Öznehir, S., Akçalı, E.**, 2009, Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.14, S.2, s. 69-86*.
- **Bana E Costa, C. A., Da Silva, P. A., Nunes Correia, F.**, 2004. Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Ribeira do Livramento, *Water Resources Management* 18: 21, 263-283.
- **Boonstra, J.**, 1994. Estimating peak runoff rates in: H. P. Ritzema (Ed.) Drainage Principles and Applications. *The Netherlands-International Institute for Land Reclamation and Improvement pub. no: 16, Wageningen. pp. 111-144*.
- **Brouwer, R., Van Ek R.**, 2004. Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics* 50(1-2): 1-21.
- **Buhur, S.**, 2007. İstanbul Boğazı'ndaki Tehlikeli Yük Taşımacılığının Ön ve Geri Görünüm Sınırlarında Risk Altında Bıraktığı Bölgelerin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- **Chang, Y., Chongfu, H., Yaozhong, P.**, 2007. Flood Disaster Risk Analysis for Songhua River Basin Based on Theory of Information Diffusion, *ICCS 2007, Part III, LNCS 4489, pp. 1069-1076*, Retrieved 12.02.2010, from <http://0apps.isiknowledge.com.divit.library.itu.edu.tr/>
- **Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W.**, 1988, Applied Hydrology., *McGraw Hill. Book Company, New York*.
- **Committee on Earth Observation Satellites (CEOS)**, 2003, The Use of Earth Observing Satellites for Hazard Support: Assessments and Scenarios.

Final Report of the CEOS Disaster Management Support Group (DMSG).<http://www.ceos.org/pages/DMSG/2001Ceos/Reports/flood.html> (14.02.2009).

- **Countermeasures**, 1998, <<http://www.countermeasures.com/>>, alındığı tarih 01.07.2010, 12:57.
- **Cutter, S. L.**, 1996, Societal Response to Environmental Hazards, *Blackwell Publishers, Oxford UK, Cambridge USA*, 525-536.
- **Demir, A.**, 2010, Şehir Taşkınları ve İstanbul, *İSKİ Faaliyet Raporu*, 2010.
- **Eastman J. R., Jin, W., Kyem, P. A. K., Toledano, J.**, 1995, Raster Procedures for Multicriteria/Multi-objective Decisions, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61(5):539-547.
- **Einfalt, T., Keskin, F.**, 2010, Analysis of the Istanbul Flood 2009, *BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May 2010*.
- **Erdoğan, M., Akdeniz, H.**, 2004, Uzaktan Algılama Amaçlı Uydu Sistemlerindeki Son Gelişmeler, *Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 132, sf:11-25*.
- **Ergen, S.**, 2010, ArcGIS Engine Developer Kit, <www.serdarergen.com>, alındığı tarih 10.07.2010, 12:50.
- **Eroğlu, V.**, 2006, Taşkınların Havza Bazında Yönetimi, *1.Ulusal Taşkın Sempozyumu, Mayıs 2006, sf 3-15*.
- **Feng, L. H., Huang, C. F.**, 2008, A Risk Assessment Model of Water Shortage Based on Information Diffusion Technology and its Application in Analyzing Carrying Capacity of Water Resources, *Water Resour Manage (2008) 22:621–633*, Retrieved 12.02.2010, from <http://0-apps.isiknowledge.com.divit.library.itu.edu.tr/>
- **Gouldby, B. & Samuels, P.**, 2005, Language of risk - project definitions, *Floodsite project report T32-04-01*.
- **Görcelioğlu, E.**, 2003, Sel ve Çığ Kontrolü, *İ.Ü. Yayınları, İstanbul*.
- **Halley, M. C., White, S. O., Watkins, E. W.**, 2000, ArcView GIS Extension for Estimating Curve Numbers, *ESRI User Conference-2000, San Diego, California*.
- **Hawkins, Ré.H.**, 1998, Local sources for runoff curve numbers. *11th Proceedings of the Annual Symposium of the Arizona Hydrological Society, Tuscon, pp. 23-26*.
- **Hızal, A., Kaya, S., Sertok, B., Erdoğan, Y., Şenol, M. M.**, 2009, İstanbul ve Çevresinde Meydana Gelen Sel Felaketinin nedenleri ve Alınması Gereken Önlemlere İlişkin Değerlendirme Raporu, *TMMOB Orman Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Kasım 2009*.
- **Hızal, A., Şengönül, K., Çelik, H. E., Aşk, K., Küçükkaya, İ.**, 2009, İstanbul İlinde 8–9 Eylül 2009 Tarihlerinde Meydana Gelen Seller ve Nedenleri Hakkında Değerlendirme Raporu, *Orman Mühendisleri Odası Yayın Kurulu, Eylül 2009*.
- **Huang, C. F.**, 1997, Principle of information diffusion. *Fuzzy Sets and Systems* 91(1):69–90.

- **Huang, C.F.**, 1999, Demonstration of benefit of information distribution for probability estimation, *Signal Processing* 80 (2000) 1037-1048.
- **Huang, C.F.**, 2002, An Application of calculated fuzzy risk, *Information Sciences* 142 (2002) 37-56.
- **Huang, C.F.**, 2002, Information diffusion techniques and small-sample problem, *Internat J Information Technol Decision Making* 1(2):229-49.
- **İBB (İstanbul Büyük Şehir Belediyesi)**, 2009, <<http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Pages/Haber.aspx?NewsID=17791>>, alındığı tarih 25.04.2010, 18:04.
- **İskenderoğlu, A., Sansar, A., Aktaş, M., Korkmaz, R., Zeren, A., Arslan, E., Çinal, H., Baş, M.**, 2002, İstanbul ve Deprem, İstanbul Anadolu Yakası, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*.
- **İstanbulluoğlu, A., Albut S., Konukcu, F., Şener, M., Kocaman, İ.**, 2007, Önceki Toprak Nem Koşulunun Yağış-Akış İlişkileri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.
- **İşlemGIS**, 2010, ArcGIS Engine, < www.islem.com.tr>, alındığı tarih 10.07.2010, 13:00.
- **Karaarslan, N.**, 2007, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ders Notu.
- **Karabacak, B.**, 2006, Bilgi Güvenliği Risk Yönetimi, *Tübitak Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü*, 2006.
- **Kaya, O.**, 1978. İstanbul Ordovisiyeni ve Silüriyeni, *H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü Yayını, Cilt:4, s.1-2, Ankara*.
- **Lihua, F., Gaoyuan, L.**, 2008, Flood Risk Analysis On Information Diffusion Theory., *Human and Ecological Risk Assessment*, 14: 1330-1337. Retrieved 12.02.2010, from <http://0-apps.isiknowledge.com.divit.library.itu.edu.tr/>
- **Mossberger K, Hale K.**, 2002, Polydiffusion in intergovernmental programs: Information diffusion in the school-to-work network, *Am Rev Public Administration* 32(4):398-422.
- **Nyarko, B. K.**, 2002, Application of a Rational Model in GIS For Flood Risk Assessment in Accra, *Ghana, Journal of Spatial Hydrology*, 2(1):1-14.
- **Onuşluel, G., Harmancıoğlu, N. B.**, 2002, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, *Sayı 420-421-422/2002/4-5-6*.
- **OPA**, 1982, <<http://www.opainc.net/>>, alındığı tarih 01.07.2010, 12:34.
- **Özalp, D.**, 2009. Dere Taşkın Risk Haritalarının CBS Kullanılarak Oluşturulması ve CBS ile Taşkın Risk Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- **Özcan, O.**, 2008. Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- **Özdemir, H.** 2007, Taşkınların Haritalanmasında HEC-GeoRAS Ve HEC-RAS'ın Kullanımı: Havran Çayı Örneği (Balıkesir), *TMMOB Harita ve*

Kadaastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.

- **Özdemir, H.**, 1978, Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, *DSİ Genel Müdürlüğü Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.*
- **Özdemir, H.**, 2007. Havran Çayı Havzasının CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, *Doktora Tezi*, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- **Özer, Z.**, 1990, Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber), Ankara.
- **Özer, Z.**, 2008, Tarımsal Altyapı Hizmetlerinde Drenaj ve Arazi Islahı Mühendisliği, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara.*
- **Öztürk, D.**, 2009. Risk Analizi, Cbs Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel Ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- **Paladise**, 1987, @RISK, <<http://www.palisade.com>>, alındığı tarih 01.07.2010, 11:00.
- **Palm, R.**, 2007, Multiple-step-ahead prediction in control systems with Gaussian process models and TS-fuzzy models. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 20(8):1023–35.
- **Parlak, M.**, 2006, Sedimentin Taşkınlara Etkisi ve Kontrolü, *1.Ulusal Taşkın Sempozyumu, Mayıs 2006, sf 187-197.*
- **Penning-Rowsell, E., Johnson, C., Tunstall, S., Tapsell, S., Morris, J., Chatterton, J., Coker, A., Green, C.**, 2003. The benefits of flood and coastal defence: techniques and data for 2003.*Enfield, Flood Hazard Research Centre.*
- **RPA**, 2004, Evaluating a multi-criteria analysis methodology for application to flood management and coastal defence appraisals. *R&D Technical Report. DEFRA.*
- **Safi, M.**, 2009, Köprüler Yaptırdım Askaroz Deresi'ne .<<http://www.beylikduzuhaber.gen.tr/Yazarlar-op-Oku-artid-7.html>>, alındığı tarih 25.04.2010, 19:04.
- **Sinha, R., Bapalu, G.V., Singh, L. K., Rath, B.**, 2008, Flood Risk Analysis in the Kosi River Basin, North Bihar Using Multi-Parametric Approach of Analytical Hierarchy Process (AHP), *J. Indian Soc. Remote Sens.* (December 2008) 36:335–349.
- **Soil Conservation Service**, 1975. Urban hydrology for small watersheds, tech. Rel. No. 55, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D.C.
- **Spot** , 2010, < www.spotimage.com >, alındığı tarih 20.06.2010, 16:42.
- **Suzanne, B.**, 2004. Managing toxic chemicals in Australia: A regional analysis of the risk society, *J Risk Res* 7(4):399–412.

- **Tapsell, S.**, 2007, GIS Based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management, FLOODsite Project Report, No: *GOCE-CT-2004-505420*
- **Turoğlu, H., Özdemir H.**, 2005, Bartın’da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, *Çantay Kitapevi, İstanbul*.
- **Ulugür, M. E.**, 1972, Su Mühendisliği, *Çağlayan Kitabevi, İstanbul*.
- **USLU, S.**, 2000, Finans Matematiği, <<http://www.ingilizcefinans.com/>>, alındığı tarih 01.07.2010, 11:10.
- **Yarahoğlu, K.** , 2004.,Analitik Hiyerarşi Proses, *Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Ofset, İzmir, 2004*.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Aybike SARAL
Doğum Yeri ve Tarihi: İSTANBUL, 30.07.1985
Adres: İstasyon Cad. Cavitpaşa Sok. Gül Apt. No:24/2
Lisans Üniversitesi: Maltepe Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

Yayın Listesi:

▪ **Saral, A., Özcan, O. ve Musaoğlu, N.,** 2010. Flood Risk Analysis Using Information Diffusion Theory. *30th EARSeL Symposium: Remote Sensing for Science, Education and Culture*, 31 Mayıs – 3 Haziran, 2010 Paris, France.