

TAŞKIN ALANLARININ CBS VE UZAKTAN ALGILAMA YARDIMIYLA BELİRLENMESİ VE RİSK YÖNETİMİ; SAKARYA HAVZASI ÖRNEĞİ

O.Özcan¹, N. Musaoğlu², D. Z. Şeker²

¹İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı, Maslak İstanbul, orkan@cscs.itu.edu.tr

²İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Maslak İstanbul, nmusaoğlu@ins.itu.edu.tr

²İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Maslak İstanbul, seker@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma kapsamında uzaktan algılama verileri, yersel çalışmalar ve farklı veri grupları Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında modellenerek Aşağı Sakarya Havzası'nda taşkın risk analizi gerçekleştirilmiştir. Modelleme aşamasında, Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Hidrolojik Modelleme yöntemleri kullanılmış ve sınır koşullarına göre yöntemlerin karşılaştırması yapılmıştır. Havzada uygulanan taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılan iki yöntemin de sınır koşulları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalara göre Hidrolojik Modellemenin daha doğru bir sonuç ortaya koyduğu belirlenmiştir. Bu model sonucuna göre, olası taşkın etkileyeceği alanlar; toplamda 3950 ha olmak üzere, yerleşim alanları için 620 ha olarak ve geri kalan alanlar da tarım alanları olarak belirlenmiştir. Uygulanan risk analizi sonuçlarına göre bölgede çeşitli senaryolar oluşturularak olası bir taşkın için risk yönetiminin uygulanması ile elde edilen kazanımlar ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Risk Tahmini Ve Analizi, Modelleme, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi, Afet Yönetimi

ABSTRACT

ASSESSMENT OF INUNDATION AREAS USING GIS AND REMOTELY SENSED DATA AND RISK MANAGEMENT; SAKARYA BASIN

In this study, management of flood risk in watersheds is considered in lower Sakarya basin. Information produced from remotely sensed data was modeled and flood risk analysis were realized and mapped by GIS. In the modeling phase, 2 different methods, Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) and Hydrological Modeling are used and compared according to boundary condition in the study. Considering boundary conditions of two modeling methods which are used for flood risk analysis in the basin, it is shown that results produced from Hydrological Modeling is comparatively more accurate. As a result of this model, a risky area is calculated as 3950 ha in total and 620 ha of this area is residential and rest of them is agricultural area. Various risk management scenarios were produced for possible floods alternatives in the region.

Keywords: Risk Estimation And Analysis, Modeling, Remote Sensing, GIS, Disaster Management

1. GİRİŞ

Doğal afet olarak nitelendirilen doğa olayları, genelde doğanın iç dengelerini yeniden düzenlemesine yönelik döngünün doğal sonuçları olup, insan topluluklarının bu döngüden zarar görmesi durumunda doğal afet olarak adlandırılmaktadırlar (Kılıçer, 2000). Ülkemizde sel ve taşkın, depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerdir.

Taşkın afetlerini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği ülkelerde, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta büyük miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmaktadır. Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmekte, tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir (Özcan, 2007).

Dünya genelinde, afetlerden korunma stratejisi kapsamında afete dönüşmeden önlemlerin alınmasına olanak sağlayacak afetlere karşı risk yönetimi çalışmalarına geçilmektedir. Yine de bu yaklaşımdaki başarı, gelişmiş koruma ve uyarı sistemleri ile daha iyi afet acil durum planlaması, vb. afet yönetim çalışmalarının bir arada yürütülmesine bağlıdır. Temel yaklaşımdaki bu değişim küresel iklim değişikliklerine bağlı olarak artan taşkınların ve diğer afetlerin

Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi Ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği

tahminindeki belirsizliklere yol açmaktadır. Küresel iklim değişimi, arazi kullanımındaki değişimler gibi birçok faktör taşkın riskinin gelecekte nasıl olacağını ve bu risklerin ne kadar iyi yönetilebileceğini etkileyecektir (Kadioğlu, 2008).

Sistematik bir süreç olan risk yönetimi; riskin tanımlanması, risk analizi ve risk miktarının belirlenmesinden oluşur. Olası bir taşkında can ve mal kaybını en aza indirmek ve taşkın olumsuz etkilerinin azaltılması için yapılması gereken çalışmalar taşkın alanlarındaki risk yönetimi ile gerçekleştirilebilmektedir. Risk yönetimi çalışmalarında; tehlike ve riskler belirlenmekte, risk senaryoları hazırlanmakta, korunma ve zarar azaltma önlemleri seçilmekte, sonuçlar güncel haritalar ve grafiklerle ortaya konmakta, kullanılabilir kaynak ve imkânlar belirlenmekte, afetten korunma ve afet müdahalesi için en uygun seçenek ve öncelikler hakkında kararlar elenip uygulamaya geçilmektedir.

Uydu görüntüleri, geniş alanlarda ve sürekli algılama yapma özellikleriyle birçok doğal felakete karşı önceden planlama yapılmasında, risk bölgelerinin belirlenmesinde ve sonuçların izlenmesinde vazgeçilmez bir kaynaktır. Uzaktan algılama, risk analizi yapılabilecek sistemlere birçok alanda veri kaynağı sağlamaktadır. Kurulacak sistemin ölçeğine ve gerekli verilerin özelliklerine bağlı olarak seçilecek uydu verisi ve uygun işlem adımları ile güncel ve yüksek doğruluklu veri/bilgi üretmek mümkündür. Uzaktan algılama verilerinden elde edilen sonuçların ve diğer veri gruplarının bir arada değerlendirilmesi, sorguların üretilmesi ve karar mekanizmalarına sonuç veri üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) birçok olanak sunmaktadır. Ayrıca; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin bütünlük ve verimli kullanımı afet öncesi risk analizlerinin yapılmasında ve afet sonrası hasar tespit çalışmaları gibi önemli ve stratejik konularda büyük ölçüde fayda sağlamaktadır.

Bu çalışmada; Aşağı Sakarya Havzası'nda taşkın risk analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında, Çok Kriterli Karar Verme ve Hidrolojik Modelleme yöntemleri uygulanarak taşkın riski taşıyan alanlar ve çevreye muhtemel etkileri belirlenmiştir.

2. YÖNTEM VE UYGULAMA

2.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme yöntemi, sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Yoon ve Hwang, 1995).

Karar verme, genel olarak seçenek kümesinden, en az bir amaç doğrultusunda ve bir kritere dayanarak en uygun, mümkün bir ya da birkaç seçeneği seçme sürecidir. Buna göre karar verme süreci karar verici, seçenekler, kriterler, çevresel etkiler, karar vericinin öncelikleri ve kararın sonuçları elemanlarını içerir. Karar verme süreci, karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması şeklinde bitebilir (Evren ve Ülengin, 1992).

Karar verme probleminde çözüme ulaşmak için beş adımdan oluşan bir yaklaşım ortaya konmuştur.

1. Problemin Tanımlanması: Karar verme ihtiyacının, sorunun tanımlanması.
2. Karar Kriterlerinin Saptanması: Hedeflere uygun olarak değerlendirme kriterleri belirlenmelidir.
3. Çözüm Seçeneklerinin Belirlenmesi: Çözümlerden veya seçeneklerden oluşan küme oluşturulmalıdır.
4. Karar Verme: Çözüm kümesindeki seçenekler karar kriterlerine göre kıyaslanmalı ve seçim yapılmalıdır.
5. Kararın Uygulanması : Alınan karar uygulamaya konmalı ve uygulama sonuçları tartışılmalıdır.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli, çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır. AHY her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır.

AHY'de karar verme aşağıdaki adımlarla tanımlanan yöntem ile yürütülür.

İkili Karşılaştırmalar Matrisi: Kriterlerin amaca ulaşmakta, seçenekler açısından önemleri, ikili kıyaslama yöntemi çerçevesinde belirlenir. Bu karşılaştırmalar ile elde edilen sonuçlar ve kriterler için aşağıda gösterildiği biçimde ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir (Tablo 1).

Tablo 1: İkili karşılaştırmalar matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K _m
K ₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a _{1m}
K ₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a _{2m}
:	:	:	:	:
K _m	a _{m1}	a _{m2}	a _{m3}	a _{mm}

Öncelik Vektörlerinin Bulunması: İkinci adım her bir özelliğin önem derecesini gösteren, öncelik vektörlerinin bulunmasıdır. AHY metodolojisine uygun olmak şartıyla uygulamada kolaylık olması açısından geliştirilmiş pek çok durumda çok iyi sonuçlar veren bir algoritma geliştirilmiştir:

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Böylece Aw olarak adlandırılan ve her sütundaki değerler toplamı 1'e eşit olan bir 'Normalleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi' elde edilir.

$$a_{w11} = \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^m a_{i1}} \quad (1)$$

Elde edilen Aw matrisinde, her bir satırda yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınır. Bu aritmetik ortalama (1 x m) boyutlu matrisin ilgili satırını oluşturacaktır. Bunun sonucu olarak, m boyutlu ω öncelik vektörü elde edilir:

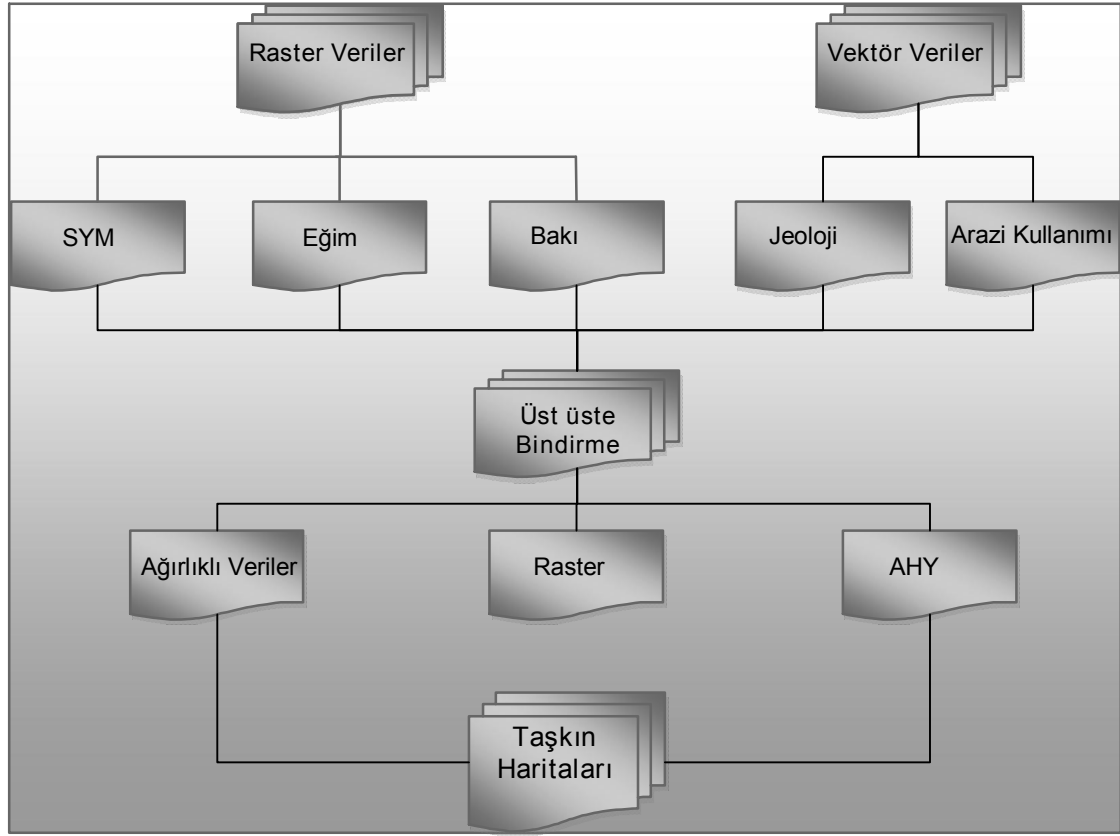
$$\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m] T \quad (2)$$

Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması: Bu aşamada AHY'de yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılık derecesi hesaplanmalıdır. Yapılan hesaplama sonucunda elde edilen tutarlılık derecesi kabul edilebilir limitin altında ise, değerlendirmeler yenilenmeli, oluşturulan yapı ve süreçler gözden geçirilmeli ve bu aşamaya kadar yürütülen çalışmalar tekrar edilmelidir.

Değerlendirme ve Sonuç: Tutarlılık kontrolleri yapıldıktan sonra karar seçeneklerinin öncelik sıralamasını geliştirmek için kriter öncelikleri ve karar seçeneklerinin her bir kritere göre göreceli önceliklerinin birleştirilmesi ile öncelik matrisi oluşturulur. Her bir karar seçeneği için öncelik, bu kriterlere göre karar seçeneğinin önceliğinin kriterin önceliğiyle çarpılması ve çarpım sonuçlarını toplanması ile elde edilir.

Sonuçta AHY ilgili kriterler temelinde karar vericinin verdiği hükümlere bağlı olarak ilgili karar seçeneklerini sıralar. Uygulanan yöntemde riskli alanlar belirlenirken parametreler tek tek ele alınmıştır. Havza için gerçekleştirilen taşkın riskine ait temel elemanları, havzanın coğrafi özellikleri ile taşkın karakteristikleri oluşturmaktadır. Yöntemin akış şeması Şekil 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

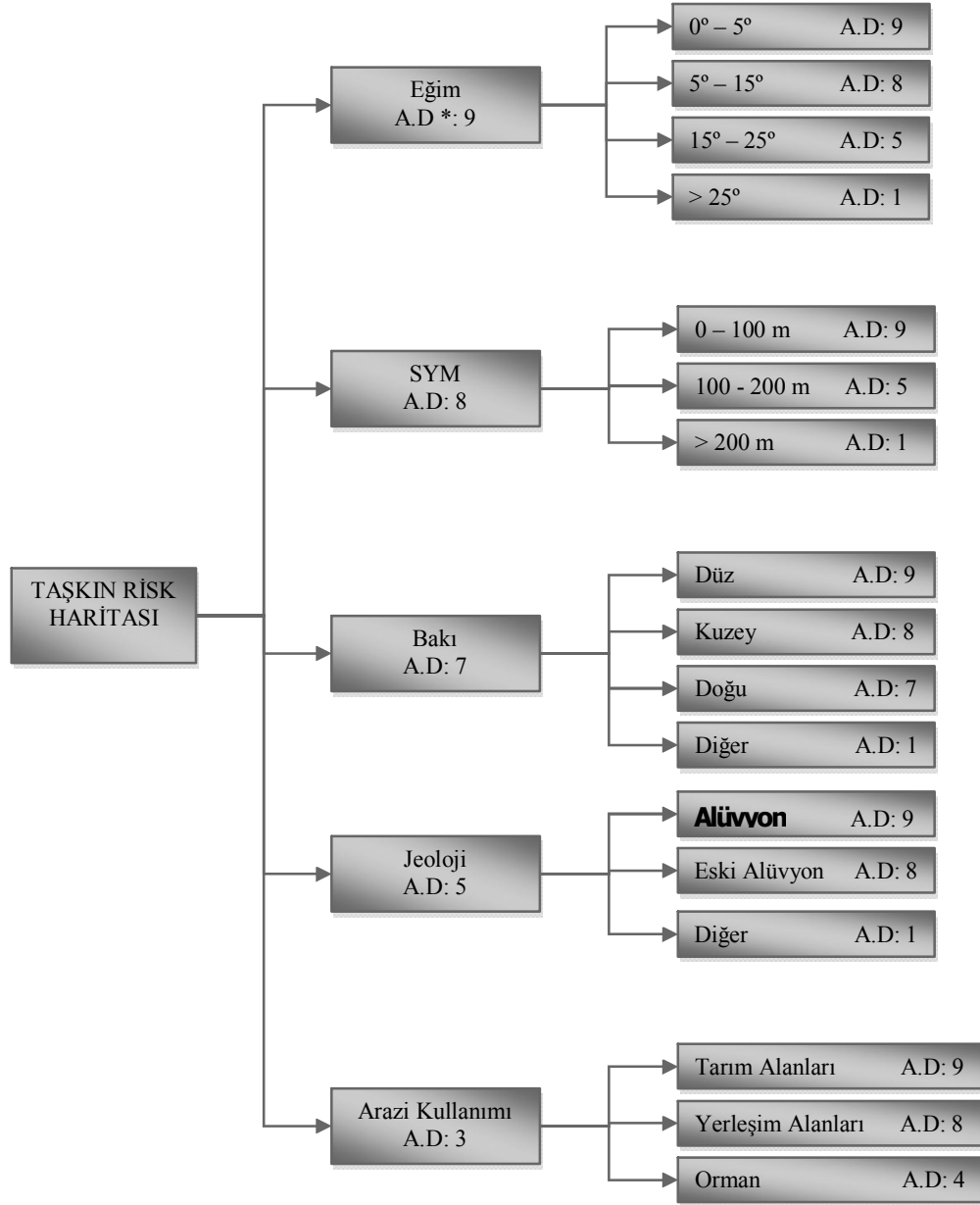
Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi Ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği



Şekil 1: Çok Kriterli Karar Verme yöntemi akış şeması.

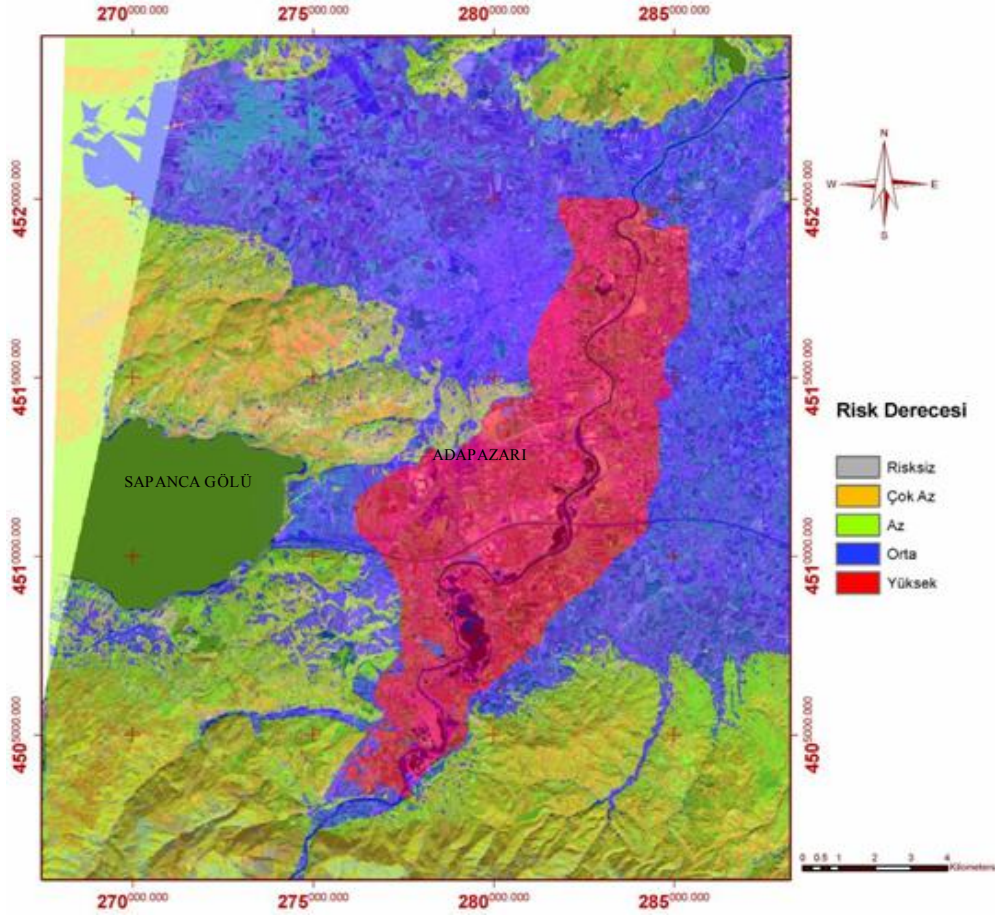
Uygulanan AHY’nde çalışma alanındaki taşkın riskine ilişkin parametreler AHY değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilmiş ve bunların her birine ağırlık değeri verilmiştir (Tablo 2) (Saaty, 1989). Ağırlık değerleri 1-9 arasında değişmektedir. 1’e en yakın olan en az, 9’a en yakın olan ise en fazla riske sahiptir.

Tablo 2: Taşkın riskini oluşturan parametrelerin hiyerarşik yapısı.



(*A.D: Ağırlık Değeri)

Uygulanan Çok Kriterli Karar Verme yönteminde, parametrelerin ilgili afetlere olan etkileri farklı oranda olması dolayısıyla her birine farklı değerler girilmiştir. Üst üste bindirme işlemi gerçekleştirilerek taşkın risk haritası oluşturulmasında en mantıklı ve güvenilir sonuç, çalışma alanının fiziksel parametrelerine bağlı olarak yapılan farklı yorumlamalara ve buna bağlı olarak verilen değerlere göre bulunmuştur (Şekil 2). Oluşturulan risk haritasına göre 1 400 ha yerleşim alanı ve 5 550 ha tarım alanı yüksek risk taşıyan bölge olarak belirlenmiştir.



Şekil 2: Çok Kriterli Karar Verme yöntemiyle oluşturulan taşkın risk haritası.

2.2 Hidrolojik Modelleme

Hidrolojik verilerin gelecekteki miktarları, frekans analizlerine göre belirtilir. Frekans analizi, hidrolojik bir olayın hangi aralıklarda meydana geleceğinin belirtilmesi olarak tanımlanabilir. Akım verilerinin söz konusu olayı niteleyecek kadar uzun bir süreyi kapsamaları gerekmektedir. Diğer yandan akarsuların frekansı, bu analizlerde kullanılan verilerin elde edildiği koşulların değişmediği durumda, ancak güvenilir olmaktadır (Benson, 1968).

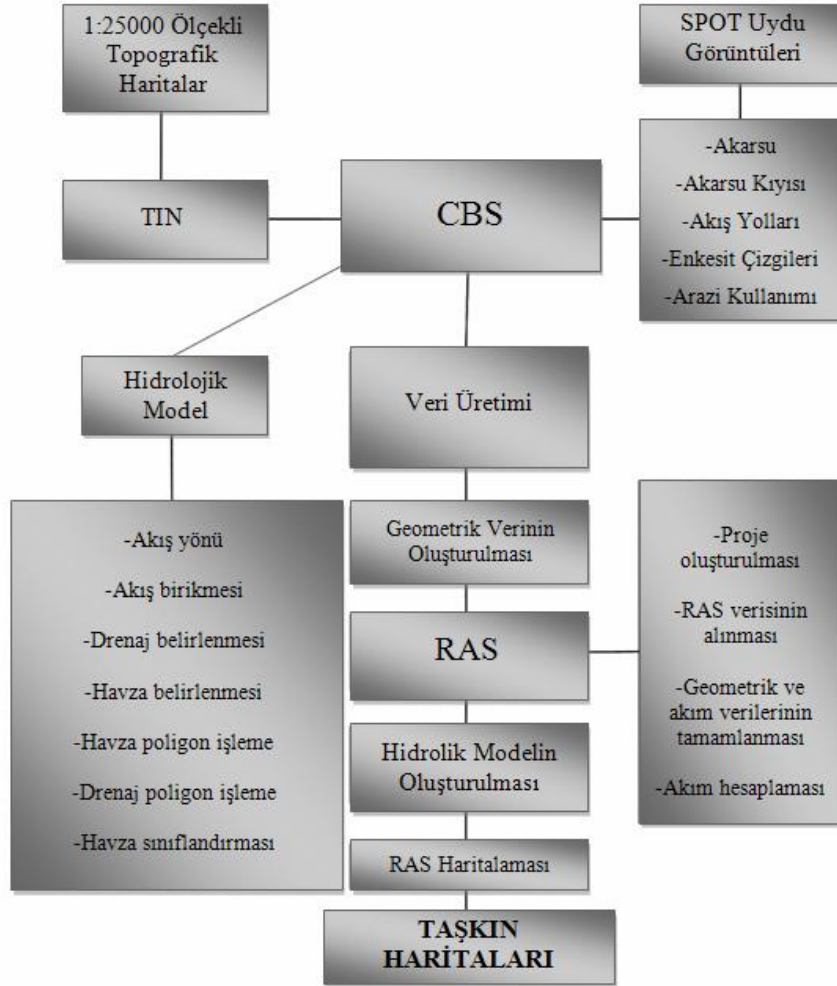
Taşkın frekans analizi, su kaynakları projelerinin ekonomik ve hidrolojik olarak değerlendirilmesinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Frekans analizi, uç olayların gelecekteki büyüklüğünün ve meydana gelme sürelerinin tahmin edilmesine yardım etmesi açısından; hidrolik yapıların uygun tasarım kriterlerinin saptanması ve proje maliyetinin düşürülmesi açısından etkili bir yöntemdir. Bu yüzden bir havzada meydana gelen akımlara istatistiksel frekans analizi yöntemi uygulanarak bu akımlara uygun olasılık dağılımları saptanabilir (Singh, 1980). Havza sisteminde, havza parametrelerinin belirlenmesiyle giriş akımına ilişkin çıkış akımının belirlenmesi mümkündür. Bunun için, ölçülebilir öznelilikler havza sistemindeki parametrelerin (su seviyesi, deşarj, toprağın nemi vb.) doğru belirlenmesi için gereklidir. Havzanın tanımlanmasında giriş ve çıkış akımları arasında var olan ilişkiye etki eden doğal parametrelerin hatasız belirlenmesi mümkün olmadığından dolayı hidrolojik bir sistem üzerinde göz önüne alınan farklı fazlar sadece idealleştirilmiş halin model formunda temsil edilmesini sağlar (Singh, 1996).

Hidrolojik sistemin rasgele karakteri, hidrolojik verilerdeki örnekleme hataları ve hidrolojik süreç için kabul edilen modeldeki hatalar hidrolojik değişkenlerin rasgele nitelik taşımaya neden olur. Bir hidrolojik büyüklüğün rasgele değişkenliği önemli değilse bu yanı ihmal edilip ortalama değeri ile çalışılarak olay deterministik bir yaklaşımla incelenebilir. Ancak taşkın debisi gibi bazı büyüklükler için böyle bir yaklaşım anlamlı olmamaktadır. Bu durumda olasılık teorisi ve istatistik bilimlerine dayanan olasılık dağılım modellerinden yararlanılır (Beyazıt, 1998). Taşkın debisi dağılım modelleri, hidrolojik tasarımda özel bir önem taşıyan taşkın debileri için uygun dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi ve bunlarla proje dönüş aralığına karşı gelen taşkın debisinin tahmini için geliştirilen modellerdir.

Hidrolik yapıların tasarlanması, su kaynakları sistemlerinin yönetimi ve taşkın ötelenmesi gibi mühendislik aktivitelerinde taşkın karakteristiklerinin doğru tahminleri gerekmektedir. Eğer gereğinden büyük tahmin yapılmışsa

maliyette önemli artışlar, eksik tahmin yapılmışsa can ve mal kayıpları riski meydana gelebilmektedir. Bu yüzden hidrolojik frekans analizlerinde bir dağılımın verilere uygun olup olmadığı kesin olarak bilinmediği için çeşitli olasılık dağılımları denenerek bunların arasından veriye hem en yakın dağılımı saptamak, hem de yapılan tahminlerin ne denli doğru olduğunun da değerlendirmesinin yapılması çok önemlidir (Anlı, 2006).

Hidrolojik Modelleme uygulamasında havza parametrelerinin belirlenmesinde, grid yapılı sayısal arazi modelinden yararlanılarak havzanın drenaj ağı çıkarılmış ve havza sınırı belirlenerek geometrik veriler oluşturulmuştur. Akış şeması Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Hidrolojik model uygulamasının akış grafiği.

Yapılan çalışmada, Aşağı Sakarya Havzası Hidrolojik Modelleme çalışması için 28 yıllık akım verileri kullanılmıştır. Böylelikle havzaya ait maksimum taşkın debilerinin 5, 10, 20 ve 100 yıllık tekrarlama sıklıkları Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

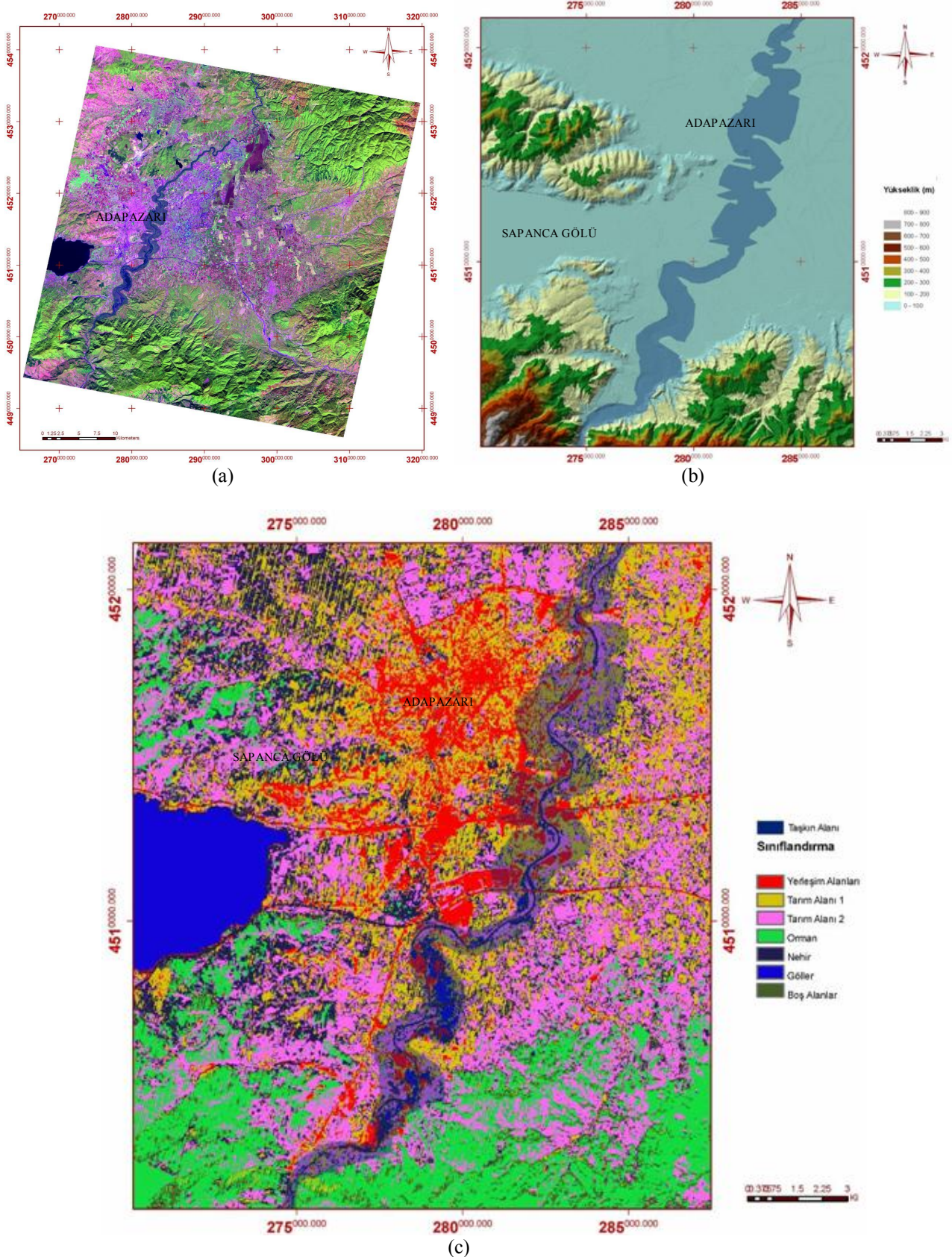
Tablo 3: Havzanın akım verilerinin Log Pearson Tip III dağılımı

T	σ	Cskew	K	ZT	Q (m ³ /s)
5	0.224	-0.227	0.850	2.557	360.68
10	0.224	-0.227	1.258	2.648	445.09
20	0.224	-0.227	1.586	2.722	527.07
100	0.224	-0.227	2.178	2.854	715.12

T dönüş aralıkları, σ taşkın debilerinin standart sapması, Cskew çarpıklık katsayısı, K taşkın sıklık faktörü, ZT Log Pearson Tip III dağılım fonksiyonu ve Q hesaplanan taşkın debileri.

Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi Ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği

100 yıllık maksimum akış değerine göre muhtemel akım modeli ve taşkın modeli oluşturularak muhtemel taşkın alanları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre taşkın altında kalan alanlar çeşitli görüntüler üzerinde gösterilmiş (Şekil 4) ve yerleşim alanları için 620 ha ve tarım alanları için 3 330 ha olarak belirlenmiştir.



Şekil 4: 100 yıllık gelebilecek maksimum taşkın (a) SPOT uydu görüntüsü üzerinde (b) TIN modeli üzerinde (c) Sınıflandırılmış görüntü üzerinde gösterimi

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aşağı Sakarya Havzası, yerleşim alanlarını, sanayi bölgelerini ve verimli tarım arazilerini önemli ölçüde etkileyen taşkın risk potansiyeline sahiptir. Taşkın risk analizi çalışmalarında, havzanın fiziksel özellikleri ve bunlara bağlı parametrelerin kısa sürede güncellenmesi zordur. Uydu görüntüleri yardımıyla hem arazi kullanım bilgisi hem de meteorolojik veri güncellemeleri yapılarak güncel ve yüksek doğrulukta sonuçlar üretilebilir. Çok Kriterli Karar Verme yönteminde kullanılan kriterlerin yeterli olmaması ve bu kriterler arasındaki sınırlamaların, Hidrolojik Modelleme'ye göre daha az olmasından dolayı taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılan iki yöntemin sınır koşulları göz önünde bulundurulduğunda Hidrolojik Modellemenin daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir.

Taşkın tahmini ve su yönetimi için yeterli veri ihtiyacının karşılanması için hidrometrik ve meteorolojik ağların geliştirilmesi gerekmektedir. Uydu görüntüleri, meteoroloji radarları ve LIDAR görüntüleri kullanılarak hazırlıklı olma ve taşkın yönetimi geliştirilebilir. Modern afet yönetimi sistemi dahilinde taşkın için kayıp ve zarar azaltma, hazırlıklı olma, tahmin ve erken uyarı, afetler ve etki analizi gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalara öncelik verilmelidir.

Küresel iklim değişimi, plansız yerleşimler ve yetersiz altyapı nedeniyle taşkın afetleri can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bunun için de akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler, elverişsiz tarım yöntemleri ile toprakların yoğun bir şekilde kullanılması, akarsu ve derelerin yatakları içinde veya mücavirindeki taşkın riski taşıyan alanların iskâna açılması, daha önce inşa edilmiş taşkın tesislerinin üzerlerinin kapatılması, açık mecraların kapalı mecralara dönüştürülmesi sonucunda büyük boyutlarda taşkın zararlarına neden olunması engellenmelidir. Taşkın yataklarındaki yerleşimler daha uygun yerlere taşınarak imar planları yenilenmelidir.

Yerleşimin ve nüfus artışının yoğun olduğu bölgelerde yaşanan taşkın afetleri sonucunda büyük zararlar meydana gelmektedir. Bölgenin meteoroloji, hidroloji, topografya, morfoloji, bitki örtüsü vb. gibi faktörleri de hesaba alınarak, değişik sürelerde ortaya çıkabilecek yağış şiddetlerinden yararlanılarak gelecekteki taşkınlardan, taşkın yataklarında ortaya çıkabilecek yüzeysel su derinliklerinin önceden belirlenip bildirilmesi, izlenmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Anlı, A., 2006. *Giresun Aksu havzası maksimum akımlarının frekans analizi*, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1), 99-106.
- Benson, M. A., 1968. *Uniform Flood-Frequency Estimating Methods For Federal Agencies*. Water Resources Research, 4(5); s. 891-908
- Beyazıt, M., 1998. *Hidrolojik Modeller*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Evren, R., Ülengin, F., 1992. *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Kadıoğlu, M., 2008. *Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi*; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 251-276, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- Kılıçer, Ü., 2000. *Meteorolojik kaynaklı doğal afetler*, Alt komisyon raporu, Ankara, Türkiye.
- Saaty, T.L., 1989. *Hierarchical-Multiobjective Systems*, Control -Theory and Advanced Technology, Vol:5 (4), p: 485 - 489.
- Singh, V.P., 1996. *Hydrologic Modeling with GIS*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ozcan, O., 2007. *Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Yoon, K., Hwang, C., 1995. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.