

TAŞKIN RİSK ANALİZİNDE HİDROLOJİK MODELLEME VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ

O. Özcan^a, N. Musaoğlu^b

^a İTÜ Bilişim Enstitüsü, Uydur Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı, Maslak İstanbul - ozcanork@yahoo.com

^b İTÜ, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak İstanbul
- nmusaoglu@ins.itu.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Sakarya havzası, Taşkın riski, Hidrolojik Modelleme, Çok Kriterli Karar Verme Analizi

ÖZET:

Dünya genelinde birçok ülke; bulunduğu coğrafya, iklim koşulları, jeoteknik ve topografik özelliklerine bağlı olarak zaman zaman çok önemli boyutlarda mal ve can kaybı ile sonuçlanan meteorolojik kaynaklı doğal afetlere maruz kalmaktadır. Seller, fırtınalar, çığ ve buzul hareketleri, kuraklık ve don olayları gibi bu tür meteorolojik kökenli doğa olaylarını gerekli teknolojik altyapı oluşturabildiği takdirde önceden tahmin edebilmek mümkün olabilmektedir. Bu tür sistemlerde sistemdeki verilerin güncelliği ve doğruluğu sistemden üretilen sonuçların kullanılabilirliğini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışma kapsamında uzaktan algılama verilerinden üretilen bilgiler Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında modellenerek taşkın risk analizi yapılmıştır. Modelleme aşamasında iki farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışmada pilot bölge olarak Sakarya alt havzası seçilmiştir. Çalışma alanında, taşkın suları altında kalma riski bulunan alanların belirlenmesi ve çevreye muhtemel etkilerinin analizi için Çok Kriterli Karar Verme Analizi (Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA) yöntemi kullanılmış ayrıca hidrolojik modelleme yapılarak 2 kısımda çıkan sonuçlar karşılaştırma yapılarak ortaya konulmuştur. Çalışma alanında uygulanan Çok Kriterli Karar Verme Analizi yöntemine göre taşkın riskine sahip bölgeler; yerleşim alanları için 1 400 ha ve tarım alanları için 5 550 ha olarak belirlenmiştir. Uygulanan Hidrolojik Modelleme sonucuna göre, olası taşkın etkileyeceği alanlar; yerleşim alanları için 620 ha, tarım alanları için ise 3 330 ha olarak belirlenmiştir. 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.

1. GİRİŞ

Ülkemizde sel ve taşkın afetleri, depremlerden sonra en büyük can ve mal kayıplarına 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 şartlarda, 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.

Uydu görüntüleri, geniş alanlarda ve sürekli algılama yapma özellikleriyle birçok doğal felakete karşı önceden planlamaların yapılmasında, risk bölgelerinin belirlenmesinde ve sonuçların izlenmesinde vazgeçilmez bir kaynaktır. Uzaktan algılama ile uydu görüntülerinden gerekli bilgiler çıkartılarak ve gerekli risk analizleri yapılarak, olabilecek doğal felaketler için önceden bir değerlendirme yapılabilir. Bunun sonucunda da gereken önlemler alınabilir. Bu açıdan uzaktan algılama verileri kullanılarak risk analizinin yapılması önemli bir konu olarak yerini almaktadır.

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) bir çok olanak sunmaktadır. Ayrıca; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin bütünleşik ve verimli kullanımı afet öncesi risk analizlerinin yapılmasında ve afet sonrası hasar tespit çalışmaları gibi önemli ve stratejik konularda büyük ölçüde fayda sağlamaktadır.

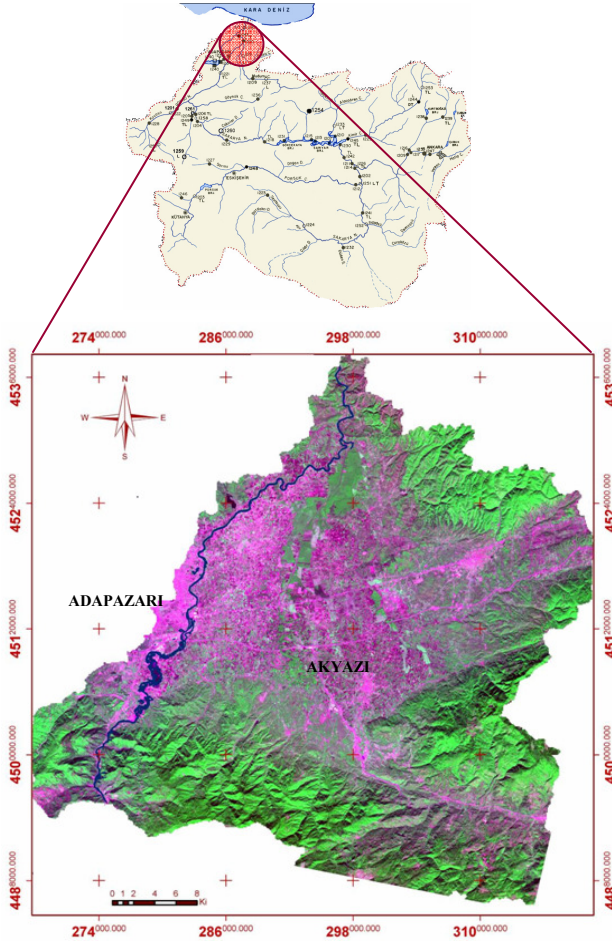
2. AMAÇ VE KAPSAM

Hidrolojik açıdan 26 akarsu havzasına bölünmüş olan ülkemizde, 1970-2005 yılları arasında toplam 936 taşkın olmuş, 17 664 393 ha tarımsal alan zarar görmüş ve 604 can kaybı olmuştur. Havza bazında en fazla taşkın Sakarya Havzasında yaşanmıştır (DSİ, 2005).

Bu çalışmada amaç, Sakarya alt havzası taşkın riski analizini uzaktan algılama ve CBS yöntemleriyle ortaya koymaktır. Çalışma alanında, taşkın suları altında kalma riski bulunan alanların belirlenmesi ve çevreye muhtemel etkilerinin analizi için Çok Kriterli Karar Verme Analizi (Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA) yöntemi ve hidrolik modelleme yapılarak ayrı ayrı incelenmiştir. Kullanılan 2 yöntemde çıkan sonuçlar karşılaştırma yapılarak ortaya konulmuştur.

Sakarya Nehri havzası, yukarı, orta ve aşağı olarak üç kısımda incelenir. Alanın büyüklüğü nedeniyle bu çalışmada Sakarya alt havzası yani aşağı Sakarya Nehri pilot bölge olarak seçilmiştir.

Aşağı Sakarya Nehri'nin drenaj alanı, Doğançay ölçüm istasyonu ile Karadeniz arasında kalan alanı içerir. Alan özellikle deprem riski taşıyan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde bulunan, depremden de çok etkilenen, yerleşim ve sanayi bölgelerinin yoğun olduğu ve verimli tarım arazilerini barındıran Adapazarı ilinin büyük bir bölümünü de kapsamaktadır (Tarı, 2007). Sakarya alt havzasının konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

Alt Sakarya havzası, Doğu Marmara bölgesinde, Sakarya ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzanın kuzeybatısını 100-250 m kotlarındaki Kocaeli platosu, kuzeydoğusunu ise 500-900 m kotlarında sarp ve dik yamaçlı Çamdağ yükselimi sınırlar. Doğu ve batısı alçak rölyeflidir. Batıda Sapanca oluğu bulunur ve havza ile aynı kottadır. Doğuda havzayı Düzce ovasından ayıran 100-200 m kotlarında 3 sıra şeklinde doğu-batı doğrultusunda uzanmış dağ sıraları vardır. Havzanın güneyi ise 1000 m den daha fazla yükseltilere sahip Samanlı ile Keremali - Almacık dağlarıyla sınırlıdır. Sakarya Nehri ile Mudurnu Çayı bu yükselimleri keserek havzaya girerler. Havza güneyden kuzeye yaklaşık % 0.078'lik bir eğime sahiptir. Sakarya Havzası tamamıyla akarsu sedimentleriyle doldurulmuş olup günümüzde büyük bir kısmı tarım alanıdır (Ozcan, 2007). Sakarya Nehri alt havzasının taşkın risk analizi çalışmaları kapsamında, öncelikle havzanın fiziksel özellikleri üzerinde durulmuş, matematiksel modelleme verileri analiz edilmiş ve daha sonra çalışmanın amacına uygun olarak riski oluşturan parametreler ayrı ayrı irdelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Taşkın risk analizinde, 1: 25 000 ölçekli topografik haritalar, bölgenin jeoloji ve jeomorfoloji haritaları, SPOT uydu görüntüleri ve 28 yıllık maksimum akım verileri kullanılmıştır.

Çalışma alanının topografik özelliklerinin daha iyi anlaşılması ve yapılan çalışmalar için en önemli altlığı oluşturan topografik modeller, hem stereo uydu görüntülerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) hem de 1: 25 000 ölçekli topografik haritalardan üretilen Sayısal Arazi Modeli (SAM)'nden olmak üzere 2 ayrı veriden elde edilmiştir. Bu modeller, uygulamada kullanılan 2 farklı yöntem için altlık olarak kullanılmıştır. Arazi kullanım sınıflarının ve mekansal değişimlerin analizi için 1999 ve 2006 yıllarına ait 20 m SPOT XS ve 10 m mekansal çözünürlüklü SPOT PAN görüntüleri kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırma çalışmasında ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır (Lillesand, 2004). İstatistiksel sınıflandırma sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sınıflandırma sonuçlarına göre arazi kullanımı.

Arazi Kullanımı	1999 (ha)	2006 (ha)
Yerleşim	3115	4885
Tarım Alanları	54165	49951
Orman	91538	90504
Diğer	16882	20360
Toplam	165700	165700

3.1 Hidrolojik Modelleme

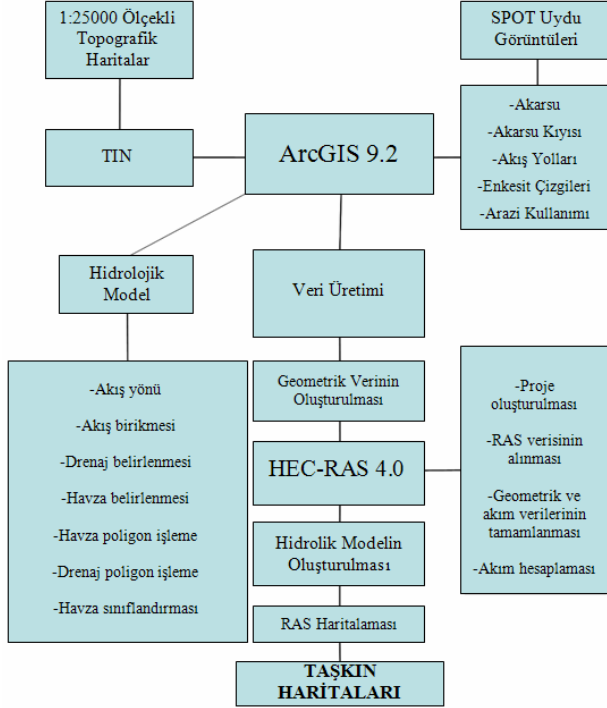
Havza sisteminde, havza parametrelerinin belirlenmesiyle giriş akımına ilişkin çıkış akımının belirlenmesi mümkündür. Bunun için, ölçülebilir öznelikler havza sistemindeki parametrelerin (su seviyesi, deşarj, toprağın nemi vb.) doğru belirlenmesi için gereklidir. Havzanın tanımlanmasında giriş ve çıkış 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).

Fiziksel modeller; sistemin, kütle, hareketin ve enerjinin korunumu prensiplerini esas alan, analizler içerisinde alt havzaların hidrolojik özelliklerini fiziksel açıdan ayrıntılı bir şekilde ifade eder. CBS; topografya, toprak türü, arazi kullanımı, bölgesel özellikler ve iklim şartları gibi coğrafi bilgilerin işlenmesi, depolanması ve gösterimine olanak sağlar. Bu verilerin simulasyon modellerine entegre edilmesi, modelin doğru parametreleştirilmesini sağlar (Singh, 1996).

Hidrolojik büyüklüklerin birçoğu fizik yasalarıyla tam olarak açıklanamayan rasgele değişken niteliği taşırlar. Bunun en önemli nedeni yağışın rasgele karakteridir. Bu nedenle yağışla ilişkili olan akım değişkenlerinde de rasgelelik görülür. Hidrolojik sistemin rasgele karakteri, hidrolojik verilerdeki örnekleme hataları ve hidrolojik süreç için kabul edilen modeldeki hatalar hidrolojik değişkenlerin rasgele nitelik taşınmasına 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 yararlanır (Beyazıt, 1998).

Taşkın debisi dağılım modelleri, hidrolojik tasarımda özel bir önem taşıyan taşkın debileri için uygun dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi ve bunlarla proje dönüştürme aralığına karşı gelen taşkın debisinin tahmini için geliştirilen modellerdir. Hidrolojik Modelleme uygulamasının akış şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Hidrolojik model uygulamasının akış grafiği.

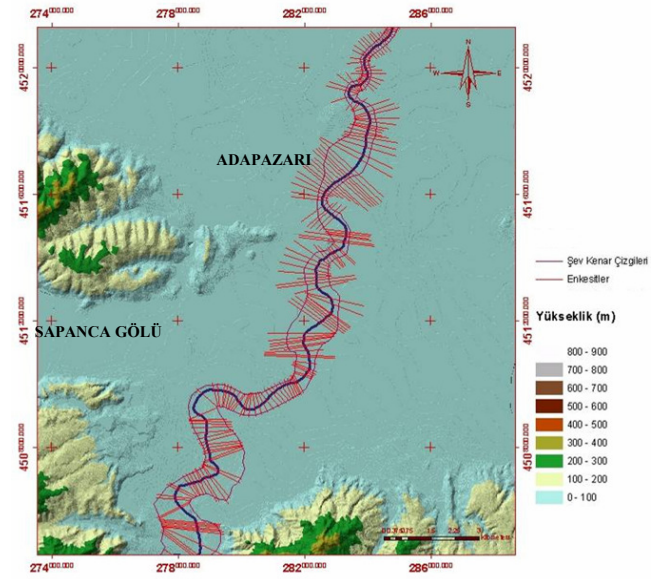
Yapılan çalışmada, Sakarya alt havzasında Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) verileri için 28 yıllık akım verileri kullanılmıştır. Böylelikle havzaya ait maksimum taşkın debilerinin 5, 10, 20 ve 100 yıllık tekrarlanma sıklıkları Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Havzanın AGİ verilerinin Log Pearson Tip III dağılımı

T	σ	C_{skew}	K	Z_T	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

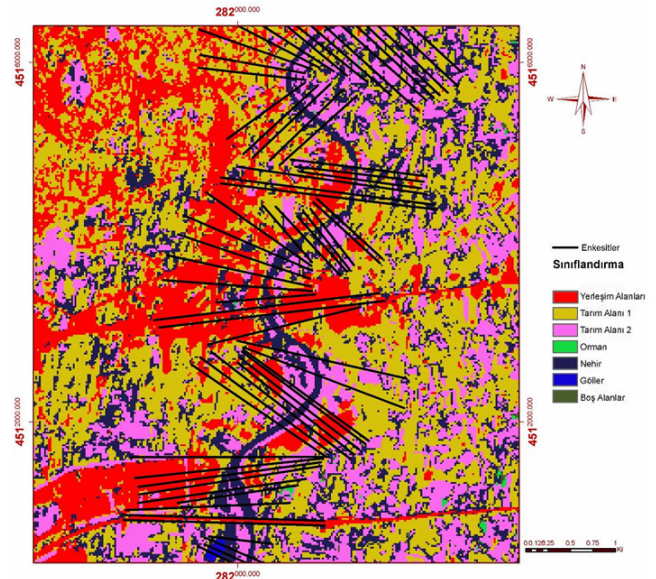
T dönüş aralıkları, σ taşkın debilerinin standart sapması, C_{skew} çarpıklık katsayısı, K taşkın sıklık faktörü, Z_T Log Pearson Tip III dağılım fonksiyonu ve Q hesaplanan taşkın debileri.

Hec-GeoRAS'ta taşkın modellemesi için gerekli olan; sayısal arazi modeli olarak TIN (Triangulated Irregular Network) modeli, nehir geometrisi ve akarsu yatağı enine profilleri oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Nehir geometrisi ve enine profiller.

Arazi modelinden nehir geometrisinin çıkartılması işlemi; nehir geçkisi, kanal şev sınırları, kanal kesitleri, nehir akış yolu ve taşkın akış doğrultularına yönelik bilgiler Hec-GeoRAS ile tanımlanan bölgeden alınmış, ayrıca arazi kullanım sınırları belirlenerek sınıflandırılmış görüntü ve enkesitler arasındaki arazi kullanımı sisteme entegre edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Enkesitlerin sınıflandırılmış görüntü üzerinde gösterimi.

3.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

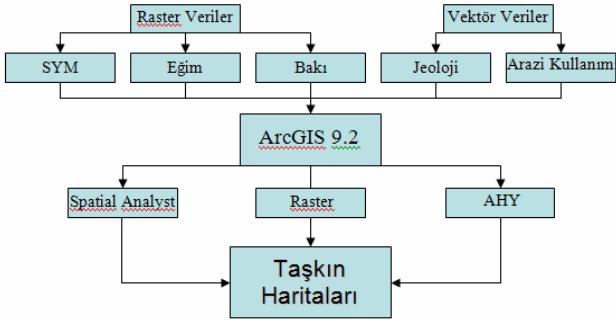
Yöntem, sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda kriter kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir. (Yoon ve Hwang,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

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, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHY'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Karar verme süreci, karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması şeklinde bitebilir (Evren ve Ülengin, 1992).

AHY her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır. Karışık, anlaşılması güç veya yapılaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur:

- Hiyerarşilerin Oluşturulması
- Önceliklerin Belirlenmesi
- Mantıksal ve Sayısal Tutarlılık

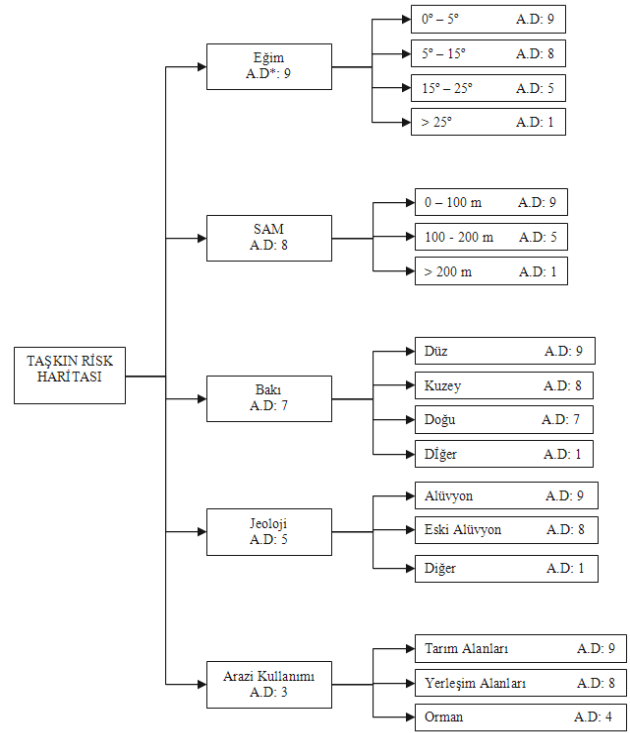
Uygulanan yöntemde riskli alanlar belirlenirken parametreler tek tek ele alınmıştır. Havza için gerçekleştirilen taşkın riskine ait temel elemanları, havzanın coğrafi özellikleri ile taşkın karakteristikleri oluşturmaktadır. Yöntemin akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. MCDA 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 3) (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 3. Taşkın riskini oluşturan parametrelerin hiyerarşik yapısı.

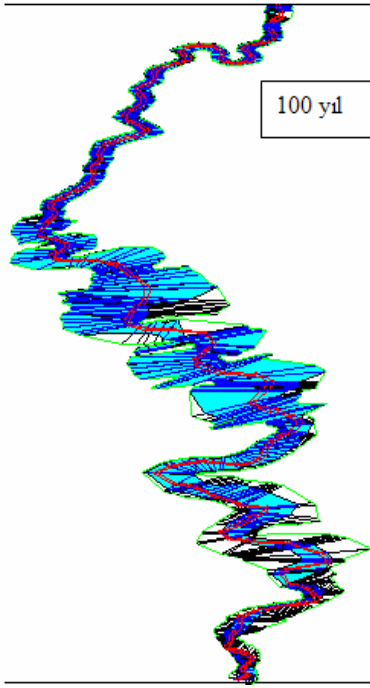


(*A.D: Ağırlık Değeri)

4. SONUÇLAR

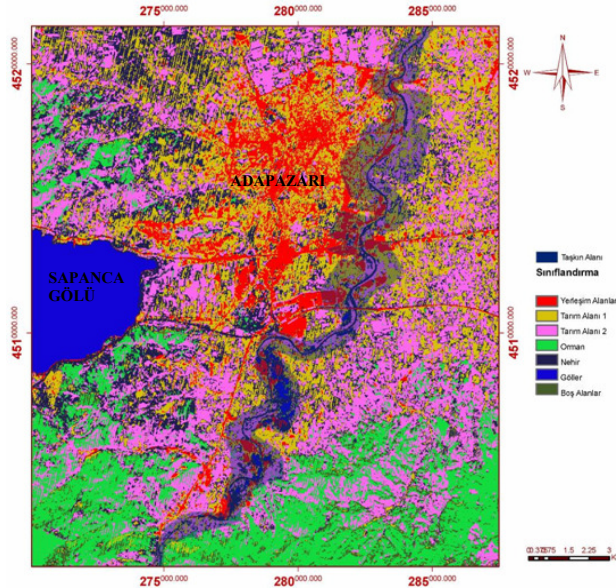
Sakarya Nehri alt havzası taşkın risk potansiyeline sahip bir havza olmakla birlikte meydana gelebilecek olası taşkınlar, yerleşim alanlarını, sanayi bölgelerini ve verimli tarım arazilerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Yapılan Hidrolojik Modelleme çalışmasında, SYM'den üretilen havza parametreleri kullanılarak havza sınırı 165 700 ha olarak belirlenmiştir. 28 yıla ait maksimum akım verileri ile hesaplanan 5, 10, 20 ve 100 yıllık gelebilecek maksimum akım verileri sisteme girilmiş ve sınır koşul olarak havzanın eğimi olan % 0.078 değeri alınmıştır. Çalışma alanının fazla eğimli olmamasından dolayı akış rejimi kritik altı (subcritical) olarak seçilmiş ve daha sonra model hesaplanmıştır. 5, 10, 20 ve 100 yıllık maksimum akış değerlerine göre muhtemel akım modelinin simülasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. 100 yıllık maksimum akış değerine göre oluşturulan taşkın modeli.

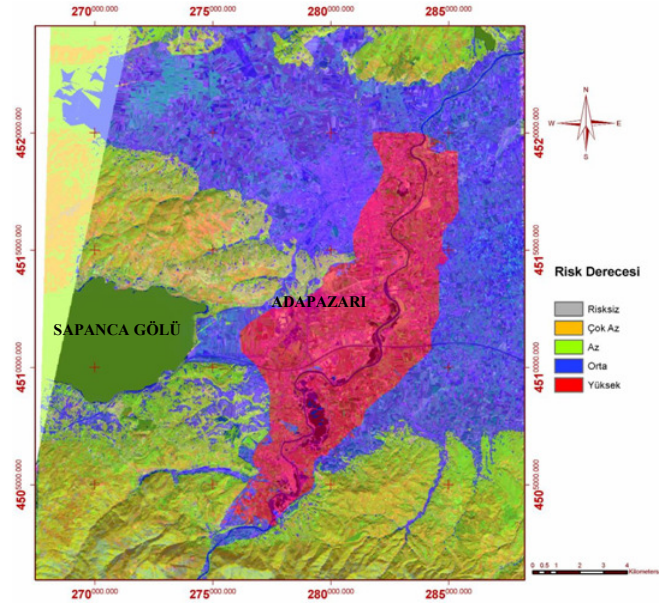
Yapılan çalışmada tekrarlama sıklıklarına göre oluşturulan modellerden, 100 yıl içerisinde olabilecek muhtemel taşkın alanı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Şekil 7’de taşkın altında kalan alanlar sınıflandırılmış SPOT uydu görüntüsünde gösterilmiş ve yerleşim alanları için 620 ha, tarım alanları için de 3 330 ha olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Sınıflandırılmış SPOT görüntüsünde taşkın alanları

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 8). Oluşturulan risk haritasına göre 1 400 ha yerleşim alanı ve 5 550 ha tarım alanı yüksek risk taşıyan bölge olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. MCDA yöntemiyle oluşturulan taşkın risk haritası.

Elde edilen bu sonuçlara göre yapılan risk analizlerinde MCDA’dan alansal olarak daha yüksek risk değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni MCDA’da kullanılan kriterlerin yeterli olmaması ve bu kriterler arasındaki sınırlamaların, Hidrolojik Modelleme’ye göre daha az olmasıdır. Bu nedenle, taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılan iki yöntemin sınır koşulları göz önünde bulundurulduğunda Hidrolojik Modellemenin daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir.

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. Hidrolojik Modelleme yönteminde kullanılan 28 yıllık akım verileri, taşkın frekans analizi için sınırlı olmuştur, bu nedenle daha yüksek doğrulukta ve daha tutarlı bir modelleme çalışması için daha fazla yıllık akım değerleri kullanılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

Beyazıt, M., 1998. *Hidrolojik Modeller*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

DSİ, 2005. DSİ Genel Müdürlüğü, *Faaliyet Raporu*, Ankara, Türkiye.

Evren, R., Ülengin, F., 1992. *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, İTÜ Yayınları, İstanbul.

Lillesand, T.M., Kiefer, R. W., Chipman, J.W., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth Edition, Hohn Wiley & Sons, USA.

Ozcan, O., 2007. Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

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.

Tarı, U., 2007. İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği, *Doktora Tezi*, İTÜ. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yoon, K., Hwang, C., 1995. *Multiple Attribute Decision Making*.