Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu

"Integration of GIS - Remote Sensing and Hydraulic Modelling In Prediction and Risk Analysis of Floods"

Hasan Özdemir*

*İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ordu Cad. No: 196, Laleli – İstanbul.
E-mail: ozdemirh@istanbul.edu.tr

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UZAL) teknolojileri, veri oluşturma, işleme, güncelleme, depolama, analiz etme, geçmiş dönemlerdeki afetlerin yayılış alanlarını belirleme, afeti izleme, muhtemel etki alanlarını belirleme ve zarar tahmininde bulunma vb. gibi özellikleri ile taşkın çalışmalarında yoğun kullanım kapasitesine sahiptir. Hidrolik modellemeler ise akarsuların mevcut doğal yatak özellikleri, yapılan yatak ıslah çalışmaları ve planlanan ıslah çalışmalarının birlikte değerlendirilmesini sağlamakta, akarsu akım modellerinin de kullanımıyla yatak kapasitelerinin ve olası taşkınların dağılış alanlarının tahmin ve tespitini kolaylaştırmaktadır. CBS ve Sayısal Arazi Modelleriyle (SAM) hidrolik modellemelerde kullanılan akarsu yataklarına ait yoğun geometrik verilerin oluşturulması, ana akarsu havzası, alt havzalar ve akarsu ağlarına ait analizler daha hızlı ve kolay yapılabilmektedir. Hidrolik modellemeyle üretilen taşkın yayılış alanlarının doğrulanması UZAL sayesinde eski taşkınların yayılışları kullanılarak yapılabilmekte ve modellemelere ait eksiklikler kontrol edilebilmektedir. Taşkınların yayılış alanları içinde bulunan risk altındaki öğelerin tespiti ve zarar görebilirlik analizleri, CBS-UZAL entegrasyonu ile yapılmakta ve böylece taşkınlara ait risk analizleri daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Çalışmada, yukarıda bahsi geçen CBS-UZAL ve Hidrolik modelleme entegrasyonlarının taşkınların tahmin ve risk analizlerindeki kullanımı, ülkemiz ve dünyadan bazı örneklerle gösterilmiştir. Bu tür çalışmaların ülkemizde taşkın afetlerinin yönetim ve planlamasındaki kullanımıyla, taşkınlara karşı daha gerçekçi yapısal ve yapısal olmayan önlemler alınabilecek ve meydana gelen taşkın olayları afete dönüşmeden en az zararla atlatılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Tahmini, Risk Analizi, CBS, UZAL, Hidrolik Modelleme.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) technologies have wide capabilities in flood studies such as creating, processing, updating, analysing, storing of data, determination of past events, monitoring of events, determination of probable affected areas, assessment of damages etc. Natural channel forms, new channel forms after the canalization and planned channel forms for the river can be evaluated and capacities of the channels and extents of probable floods can be predicted and determined by using hydraulic modelling. Large geometric data for the river channels, characteristics of the basin and sub-basins and their drainage networks can be created and evaluated by using GIS and Digital Terrain Models (DTMs). The results of the flood modelling can be calibrated using RS data of the past event. Moreover, elements at risk and vulnerability analysis of floodplain areas can be done by integration of GIS and RS technologies.

In this study, the integration of GIS-RS and Hydraulic modelling for the prediction and risk analysis of floods were evaluated by using some samples from our country and the world. Therefore, by using of these integrated technologies in management and planning of floods, realistic prevention measures can be applied to the probable floods and flood hazard can be overcome without becoming a disaster.

Key Words: Flood Prediction, Risk Analysis, GIS, Remote Sensing, Hydraulic Modelling.

Giriş

Taşkınlar, meydana geliş sıklıkları, etkilediği alanların büyüklüğü ve ortaya çıkardığı zararlar bakımından dünya üzerinde en fazla etkiye sahip doğal afetlerden birisidir. Son 30 yıllık sürede taşkınlar dünya genelinde ortalama heryıl 80 milyon kişiyi etkilemiş, yıllık 11 milyon Dolar'ı aşan ekonomik zarara neden olmuştur (Dutta vd., 2006). Ülkemizde ise EM-DAT (2007) verilerine bağlı olarak 1903-2007 yılları arasında meydana gelen büyük taşkınlar, 2 milyona yakın kişiyi etkilemiş ve 2.5 milyon Dolar zarar ortaya çıkarmıştır. İklimlerde meydana gelen değişmelerin yağışlar üzerindeki etkisi, akarsu havzalarındaki orman tahribatı, yoğun yapılaşma, akarsu yatakları üzerindeki yanlış mühendislik uygulamaları taşkınların karakter, sıklık ve etkileme alanları üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu da gelecekte taşkınların etkinliğinin giderek artmasına neden olacak ve böylece taşkınlar, insan ve faaliyetleri için afet özelliği taşımaya devam edecektir.

Taşkınlar değişik nedenlere bağlı olarak meydana gelirler. Bunlar; yaz aylarındaki konveksiyonel hava hareketlerinin oluşturduğu ekstrem yağışlara bağlı taşkınlar, cephesel sistemlere bağlı ekstrem yağışların oluşturduğu taşkınlar, kar erimeleriyle oluşan taşkınlar, şehirsel alanlarda kanalların tıkanmasıyla oluşan taşkınlar, deniz kabarması ve tsunami ile kıyıda meydana gelen taşkınlar ve baraj-bent yıkılmalarına bağlı olarak oluşan taşkınlardır (Penning-Rowsell ve Peerbolte, 1994; Fattorelli vd., 1999). Su baskınlarının bir diğer türü ise havzanın üst kısımlarında daha çok görülen sellerdir. Sel karakterli akımlar yüksek enerjili ve tahrip gücü fazla olarak meydana gelir (Lin, 1999; Angillieri, 2007). Taşkınlar, akarsu havzalarının jeomorfolojik yapısına bağlı olarak şekillenirler. Özellikle eğim faktörüne bağlı olarak havzanın aşağı kesiminde eğim değerlerinin iyice azaldığı ve buna bağlı olarak akarsuyun menderesler çizerek aktığı düzlüklerde oluşur.

Taşkınlar gerek değişik faktörlere bağlı olarak meydana gelsin gerekse meydana geliş ve etkileri gereği farklı isimlendirilsin, meydana geldiklerinde akarsu kıyısı ve taşkın ovalarında yerleşmiş ve kurulmuş olan insan ve onun faaliyetlerini etkilerler. Bu açıdan taşkınlar, doğal afet türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı taşkınların etkilerini azaltmak ve ortadan kaldırmak için akarsuların taşkın dönemlerinde doğal olarak akması gereken alanlarda, insan ve onun faaliyetlerini taşkınlardan korumak için akarsu yatakları ve havzaları üzerinde birtakım yapılar inşa edilmektedir. Akarsu yatakları üzerinde yapılan ıslah çalışmaları, barajlar, setler, göletler vb. yapılardaki bazı yanlış ve eksik uygulama ve hesaplamalar, taşkınların doğal olarak meydana gelmesi yanında, insan kaynaklı olarak da meydana gelmesine neden olur. Bu da insan ve onun faaliyetlerinin taşkınlardan korunması için oluşturulan taşkın risk yönetimi planlarına, yeni senaryo ve planların eklenmesini zorunlu hale getirir.

Taşkınlara karşı alınacak önlem ve risk yönetimi çalışmalarında genel olarak cevaplanması gereken bazı sorular bulunmaktadır. Bunlar;

- Daha önce hangi alanlarda taşkınlar meydana geldi?
- Meydana gelen taşkınlardan nereleri etkilendi?
- Taşkınların ortaya çıkardığı zararlar nelerdir?
- Gelecekte tekrar taşkın meydana gelecek mi? Hangi alanlar risk altında?
- Risk altındaki alanları korumak için hangi yapısal önlemler gerekli?
- Akarsu yatakları üzerinde yapılan veya planlanan yapısal önlemler taşkınların etkisini azaltacak mı?
- Yapılan ve/veya planlanan yapısal önlemlere göre yeni risk bölgeleri var mı? nereleridir?

Bütün bu ve benzeri sorular, havzalar üzerine düşen yağışların tahmin ve analizini, akarsu havzalarının analizini, akarsu yatakları üzerinde yapılan ve yapılması planlanan yapıların da değerlendirildiği hidrolik analizleri, akarsu kıyısındaki ve taşkın yataklarındaki insan ve

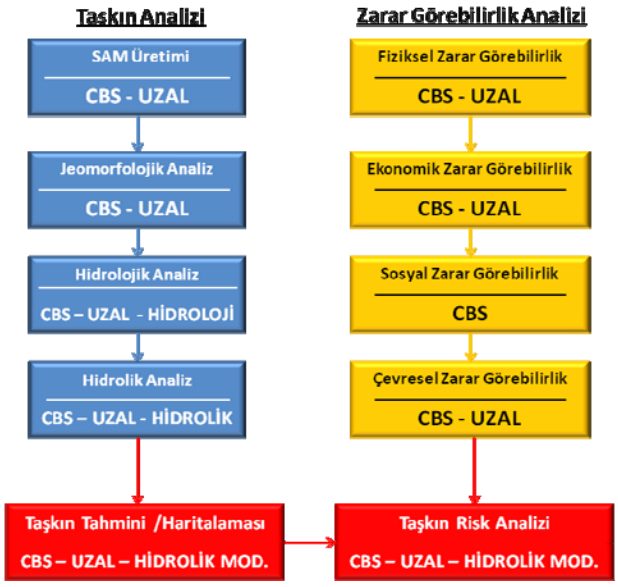
faaliyetlerinin analizini gerektirmektedir. Taşkın risk analizi ve yönetimi içinde yapılması gereken bu çalışmalar, içerikleri gereği yoğun veri ve ilişkiler bütününden meydana gelmesinden dolayı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UZAL) ve Hidrolik Modellemelerin kullanımıyla daha kolay ve az zamanda yapılabilmektedir. Elde edilen sonuçlar ise daha güvenilir ve gerçekçi olmaktadır. Bir çok ülkede taşkınların anlaşılmasına yönelik çalışmalarda CBS, UZAL ve Hidrolik modellemeler her geçen gün daha fazla kullanılmakta ve bununla ilgili olarak da literatür her geçen gün artmaktadır.

Bu çalışmada, CBS, UZAL ve Hidrolik modellemelerin taşkınların tahmini ve risk analizindeki kullanımları örneklerle birlikte incelenmiştir. Daha sonra ise bu teknolojiler, taşkın tahmini ve risk analizindeki katkısına bağlı olarak bütünleşik bir şekilde ele alınmıştır.

Taşkın Tahmini ve Risk Analizinde Takip Edilen Yöntem

Taşkınların tahmin ve risk analizinde takip edilen yöntem genel hatlarıyla Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre risk analizinde iki temel faktör olan doğal tehlike analizi (taşkın analizi) ve bu tehlikenin etkileyeceği unsurların zarar görebilirliklerine ait analizlerin içerikleri aşağıda açıklanmıştır.

Doğal tehlike olarak taşkınların haritalanması bilgisayar modelleri üzerinde gerçekleştiği için her zaman Sayısal Arazi Modellerine (SAM) ihtiyaç vardır. Üretilen SAM taşkın analizindeki diğer alt bileşenler olan jeomorfolojik, hidrolojik ve hidrolik analizlerde aktif olarak kullanılır. Havzanın jeomorfolojik analizinde, taşkının oluşmasında etkili olan akarsu ağı, alt havzalar ve morfometrik özellikleri, akarsu boyuna profilleri, havzanın eğimi, bakısı, sediment taşınımı ve diğer geomorfometrik özelliklerin analizi yapılır. Hidrolojik analizde, havza içindeki mevcut akım ve meteorolojik istasyonların verileri kullanılarak istatistiksel yöntemlerle taşkınlara ait tekrarlama sıklıkları hesaplanır. Akım istasyonlarının olmadığı havzalarda yağış-akış analizlerinden faydalanmak suretiyle tahmini akım değerleri üretilir.



Şekil 1: Taşkınların tahmini ve risk analizindeki genel akış şeması.

Hidrolik analizde, akarsu yataklarının mevcut ve planlanan geometrik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle, gerek geçmiş taşkın dönemlerindeki akım miktarlarına karşı gerekse değişik taşkın tekrarlama sıklıkları için (10, 25, 50, 100 yıllık vb.) üretilen akım miktarlarına karşı yeterli olup olmayacağı belirlenir. Böylece değişik taşkın senaryolarının uygulanmasıyla, akarsuların farklı taşkın senaryolarına ait modelleri üretilir. Sonuç olarak,

bütün bu faktörlere bağlı taşkınların derinlik, hız ve sediment taşınımıyla ilgili farklı senaryolardaki haritaları oluşturulur ve taşkınların bu özelliklerine bağlı etki sınırları belirlenir.

Riski oluşturan diğer bir faktör zarar görebilirlik ise dört alt başlıkta ele alınmıştır. Bunlar fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel zarar görebilirliktir (ISDR, 2002) (Şekil 1). Fiziksel zarar görebilirlik, taşkınların etkisi altındaki alanlarda yer alan her türlü yapısal unsurlar, bunların yoğunluğu, uzaklık-yakınlığı, yapı türü ve materyali gibi özelliklerini içerir. Ekonomik zarar görebilirlik, bireysel, toplumsal ve millet olarak zarar görebilirliğin düzeyini belirleyen önemli faktörlerden birisidir. Fakir toplumlar genel olarak zengin olanlara göre daha fazla zarar görebilirliğe açık olan toplumlardır. Meydana gelen doğal bir afetin ki burada taşkınlar, ortaya çıkardığı zararların atlatılması ve iyileşme süreci ekonomik gelişmişliğe göre değişim gösterir. Ayrıca ekonomik zarar görebilirlik, birey, toplum ve ülkenin ekonomik kaynaklarının düzeyini ve afet sonrasında kredilere, borçlanabilme ve sigorta olanaklarına sahip olmayı da içermektedir (ISDR, 2002). Bunun yanında alt yapı ve sağlık hizmetlerinin de kolay ulaşılabilirliği ekonomik gelişmişliği gösteren diğer unsurlardır. Sosyal zarar görebilirlik, bireyler ve toplumdaki eğitim düzeyine, barış ve güvenliğe, temel insan haklarının varlığına, iyi yönetim sistemine, sosyal eşitliğe, pozitif yöndeki geleneksel değerlere, bilgi düzeyine, gelenek ve ideolojik inançlara veya bunların tümünün birlikte değerlendiriliği bir sistemi içine alır. Çevresel zarar görebilirlik ise insanın çevreyle etkileşimine bağlı olarak değişiklik gösterir. Çevresel degradasyon, beraberinde büyüklük ve sıklığı artan taşkın problemini getirir. Bu da insan güvenliği yanında ekonomik, gıda, sağlık güvenliğini ve biyolojik çeşitliliği etkiler. Örneğin arazilere ait degradasyonun tarımsal üretimi etkilemesi, toprağın ve suyun kirlenmesi gibi (WMO, 2006).

Taşkınların analiziyle ortaya çıkan taşkın tahminleri ve haritaları ile mekanın zarar görebilirlik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle risk analizleri gerçekleşmektedir. Böylelikle, tahmini taşkın sularına ait derinlik, hız ve sediment taşınım miktarlarına bağlı olarak etkisi altında bulunan herbir zarar görebilirlik faktörünün risk haritası üretilir ve sonunda da bütün faktörler birlikte değerledirilerek toplam taşkın risk haritaları ve hesaplamaları yapılır.

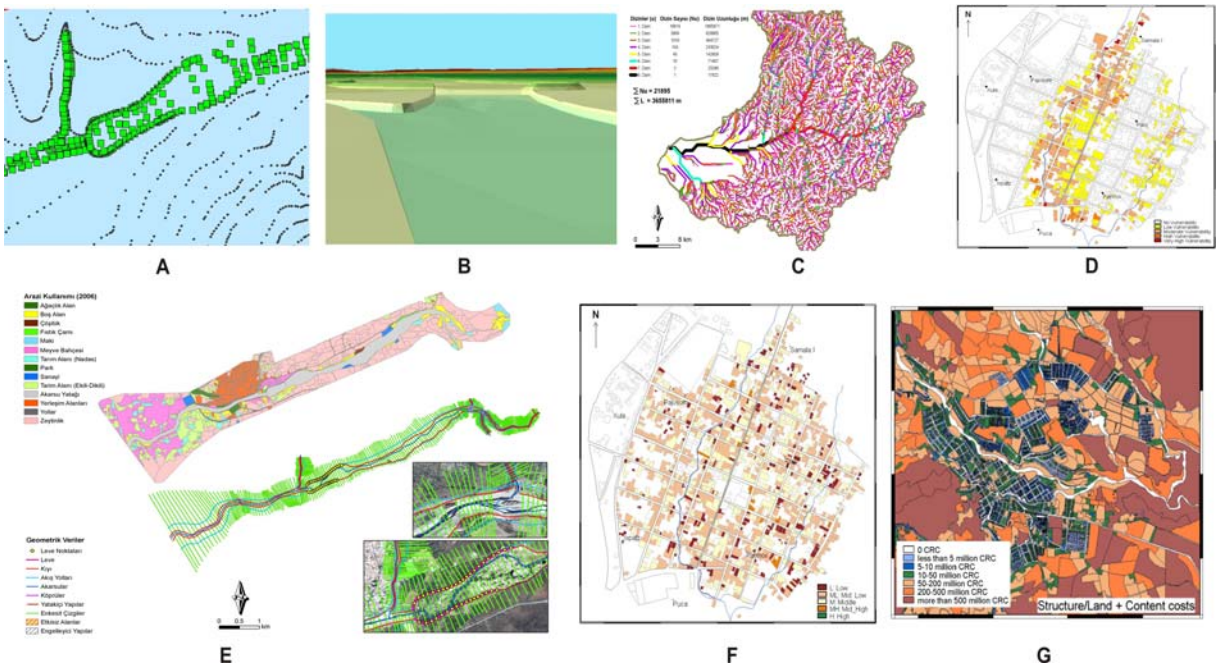
CBS'nin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

CBS, belli bir amaç doğrultusunda gerçek dünyaya ait mekansal verilerin toplandığı, depolandığı, güncellendiği, dönüşüm, analiz ve haritalamanın yapılabildiği güçlü bir araçtır (Burrough, 1986). Afetlere karşı riskin azaltılması da ancak alanlar ve doğal tehlikeler hakkında detaylı bilginin elde edilmesi, analizi, güncellenmesi, haritalanması ve buna karşı önlemlerin alınmasıyla mümkün olmaktadır. Doğal afetlerin bütününde olduğu gibi taşkınların analizinde de bir çok faktörün değerlendirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bir çok parametrenin kullanılması ve bunların analiz edilmesi çok zaman alan ve pahalı olan işlemlerdir. Bu kapsamda CBS, doğal risklerin azaltılmasında yapılacak çalışmalar için vazgeçilmez bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. CBS teknolojilerinin gelişmesi ise bu aşamaların daha hızlı ve kolay gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

UZAL ve CBS teknolojileri kullanılarak Sayısal Arazi Modellerinin (SAM) kolay ve yüksek kalitede üretilebilmesi, yer bilimleri ile ilgili bütün çalışmaların CBS ortamında yoğunlaşmasını kolaylaşmıştır. Şekil 1'den de anlaşılmaktadırki, taşkınların tahmin ve risk analizindeki bütün aşamalarda CBS önemli rol oynar. Özellikle taşkın risk analizi, yapıldığı döneme ait olup, riskin daha iyi yönetilebilmesi için devamlılığı sağlanarak belirli periyotlarda çalışmalar yenilenmelidir (Schanze, 2006). Burada CBS, veri güncelleme ve analizleri tekrarlama açısından önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Taşkın tahmini ve risk analizinde CBS'nin kullanıldığı başlıca alanları Şekil 1'deki sırayı takiben şu şekilde maddeleyebiliriz;

- Eşyükselti eğrilerinden ve GPS noktalarından SAM üretimi (Şekil 2A-B),
- Havza ve alt havzalara ait sınır özelliklerinin belirlenmesi,
- SAM verisinden havzanın jeomorfolojik üniteleri ve akarsu ağlarının çıkartımı
- Akarsu ağlarına ve yataklarına ait morfometrik analizleri (Şekil 2C),
- Havzaların eğim ve bakı özelliklerinin belirlenmesi,
- Havzaların toprak özelliklerinin belirlenmesi ve hidrolojik toprak gruplarına ait haritaların üretimi,
- Yağışlara ait dağılış haritalarının üretilmesi,
- Sıcaklıklara ait dağılış haritalarının üretilmesi,
- Hidrolik modellemede kullanılacak olan akarsu yataklarına ait geometrik özelliklerin tanımlanması ve topolojilerinin oluşturulması (akarsular, kıyı özellikleri, akış yolları, engelleyici yapılar, etkisiz alanlar, enkesitler, leveler, köprüler, yatağa enine ve boyuna yapılar vb.) (Şekil 2E),
- Taşkınların etkileme alanı içindeki bütün yapılar (konutlar, kamu binaları, sanayi yapıları, ulaşım ağı, iletişim ağı ve bütün diğer alt yapı sistemlerine ait mekansal ve mekansal olmayan verilerin girilmesi ve analizi (Şekil 2D),
- Tarımsal üretim alanları, sanayi alanları, turizm alanlarının mekansal ve mekansal olmayan verilerin girilmesi ve analizi (Şekil 2G),
- Nüfus sayısı, özellikleri, eğitim durumu, gelir durumu, kültürel özellikleri ve afet hakkındaki algılama düzeylerinin bina ölçeğinde mekansal ve mekansal olmayan verilerilerin girilmesi ve analizi (Şekil 2F),
- Akarsu yatakları ve çevresindeki mevcut flora, fauna ve doğal kaynaklara ait özelliklerinin belirlenmesi, bütün bu doğal kaynakları tehlikeye atan veya atma ihtimali olan unsurların tanımlanması ve analizidir.



Şekil 2: CBS'nin taşkın riksi çalışmaları için kullanıldığı bazı alanlar A) SAM için GSP noktaları ve izohipslerin veri girişi (Özdemir, 2007a), B) SAM'ın üretilmesi (Özdemir 2007a), C)DEM'den akarsu ağlarının üretimi ve drenaj ağı özellikleri (Özdemir ve Bird, 2008) D) Binalara ait zarar görebilirliklerin belirlenmesi (Guarin, 2003), E) Geometrik verilerin oluşturulması (Özdemir, 2007a), F) Bina ölçeğinde gelir düzeyine göre zarar görebilirlikler (Guarin, 2003), G) Risk altındaki öğelerin ekonomik değerlerine ait zarar görebilirlik (Coto, 2002).

UZAL'nın Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

Uzaktan Algılama (UZAL) verileri (uydu görüntüsü, hava fotosu gibi) arazideki bitki örtüsü, su, jeolojik özellikler, arazi kullanım özelliklerindeki değişimlerin farklı ölçek ve zamanlarda ortaya konması ve haritalanmasında büyük kolaylıklar sağlar (Van Westen ve Soeters, 2000). Uydu görüntülerinin sahip oldukları mekansal - zamansal çözünürlük ve optik - radar görüntü özellikleri taşkın afeti öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak birçok çalışma için vazgeçilmez veri kaynakları olmasını sağlamıştır. Buna göre, farklı zamanlı uydu görüntüleri, taşkın afetinin meydana geldiği alanlarda, taşkın sırası ve sonrasında, taşkının yayılış alanını, etkilediği alanları belirleme, izleme, hasar tespiti yapma bakımından önemli bir yere sahiptir. Taşkının meydana geldiği zamanda bulutlu atmosferik koşulların hakim olmasından dolayı, bulut örtüsünden etkilenmeyen radar görüntülerinden (ERS, RADARSAT) maksimum düzeyde faydalanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntüleriyle (QUICKBIRD, IKONOS, ORBVIEW vb.), taşkın öncesinde sahalara ait detaylı veri tabanları oluşturulmaktadır. Farklı zamanlı uydu görüntüleriyle de taşkınların meydana geldiği alanlarda günlere bağlı olarak suyun hareketliliği izlenebilmektedir (Özdemir, 2007b).

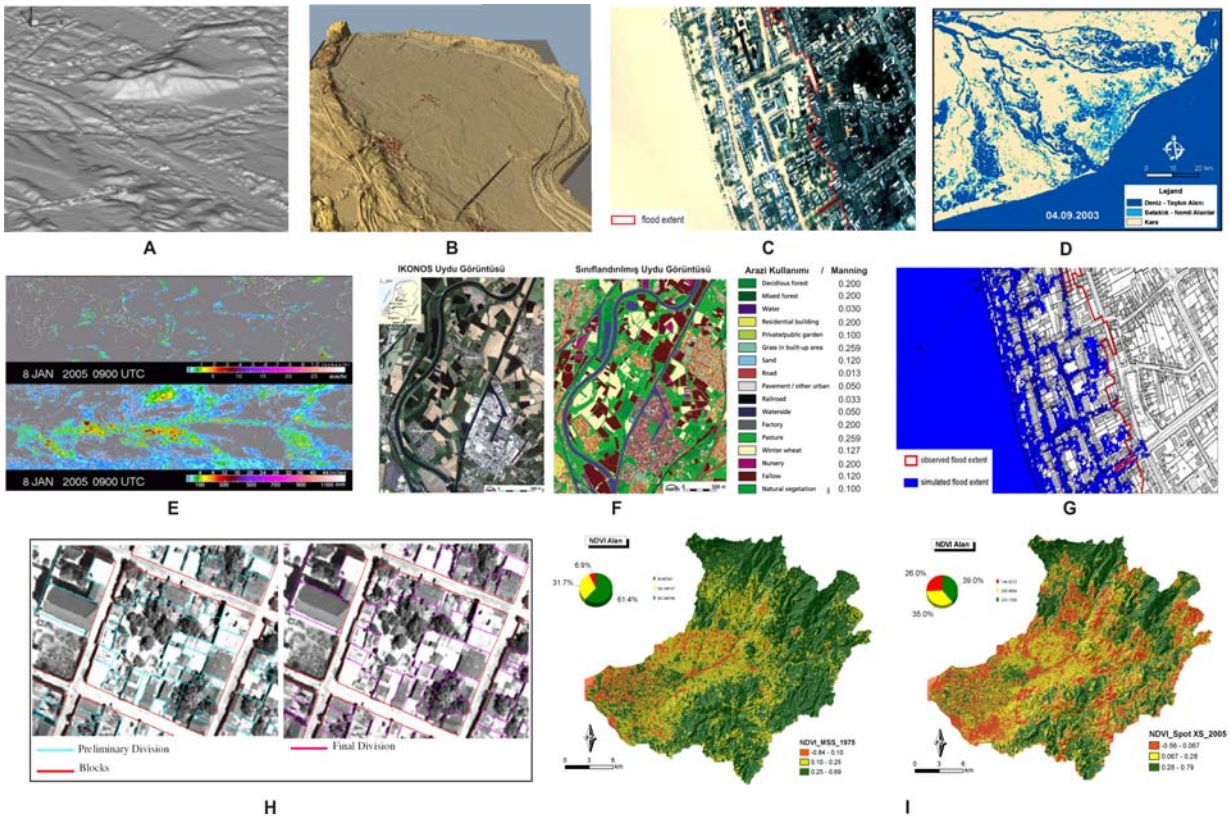
UZAL verilerinin diğer bir kullanımı ise hidrolojik ve hidrolik modellemelere veri sağlaması şeklindedir. Bu modellemelerde arazi kullanımı/örtülerine ait (Manning) pürüzlülük katsayıları önemli bir yere sahiptir. Arazi kullanımı/örtülerine ait bu değerler taşkın yataklarındaki arazi örtülerinin bir fonksiyonu ve akım karşısındaki duyarlılığın bir göstergesidir (De Roo, 1999; De Roo vd., 1999a). Bu önemli faktörün belirlenmesi, detaylı ve gerçek arazi örtüsüne ait bilgiler çoğu zaman mevcut olmadığından zordur. Ayrıca taşkınlardan sonra hangi alanların etkilendiğinin belirlenmesi de arazi kullanımı/örtülerinin belirlenmesini önemli kılan nedenlerden birisidir. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (QUICKBIRD, IKONOS vb.) taşkın yataklarındaki detaylı arazi kullanımı çıkartımının yapılması ve bunlara ait Manning değerlerinin doğru bir şekilde atanmasını kolaylaştırması bakımından önemlidir.

Taşkın tahmini ve risk analizinde UZAL'nın kullanıldığı alanları Şekil 1'deki sırayı takiben şu şekilde maddeleyebiliriz;

- SAM üretiminde uydu görüntüleri değişik avantajlar sunmaktadır. Üretilen arazi modelleri uyduların özelliklerine bağlı olarak değişik çözünürlüklerde ve doğrulukta olmaktadır. Ayrıca gelişen teknolojiler ile InSAR (Interferometik Synthetic Aparture Radar) ve LIDAR (Light Detection and Ranging) ile SAM üretimi daha yüksek çözünürlükte olmaktadır (Şekil 3A-B).
- Jeomorfolojik çalışmalarda, stereo uydu görüntülerinde ve lazer tarayıcılardan üretilen SAM'dan havzaların detaylı jeomorfolojik ünitelerinin çıkartılması, zemin ve toprak özelliklerinin ortaya konması, akarsu yataklarına ait morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde yararlanılmaktadır.
- Meteorolojik uydu görüntüleri ve radar verileriyle, hava hareketleri izlenebilmekte ve havzalar üzerine düşecek muhtemel yağış miktarı üzerine tahminler yapılabilmektedir. Akım istasyonu olmayan havzalarda yağış-akış modellerinin oluşturulmasında havza geneli için detaylı arazi kullanımı/örtüsü verilerinin temini uydu görüntüleriyle sağlanabilmektedir (Şekil 3 E-F).
- Akarsu yatakları üzerindeki geometrik yapıların, hidrolik modellemeler için oluşturulması, güncellenmesi ve ayrıca hidrolik modellerde kullanılacak akarsu yatak içi ve çevresi arazi kullanım türlerine ait Manning değerlerinin belirlenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri önemli yere sahiptir. Bunun yanında taşkınlar anında radar görüntüleriyle tespit edilen taşkın yayılış alanları,

oluşturulacak hidrolik modellemelere ait sonuçların kalibrasyonunda kullanılması açısından önem arz eder (Şekil 3C-D-F-G).

- Taşkınlardan etkilenecek alanlardaki bütün fiziksel yapıların belirlenmesi, veri girişi ve güncellenmesi, sahalara ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile mümkün olmaktadır (Şekil 3H).
- Taşkın etki alanları içindeki tarımsal faaliyetlerin belirlenmesi, rekolte tahminleri, sanayi alanlarının ve turizm açısından önemli alanların belirlenmesi, veri girişi ve güncellenmelerine ait bütün veri tabanlarının oluşturulmasında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri büyük kolaylıklar sağlar.
- Büyük akarsu yatakları etrafındaki çevresel kirleticilerin belirlenmesi, havzalardaki orman tahribatının izlenmesi ve ortaya konması gibi birçok faktörün veritabanın oluşturulması ve analizinde uydu görüntüleri kolaylıklar sağlar (Şekil 3I).



Şekil 3: UZAL'nın taşkın tahmini ve risk analizindeki kullanımına bazı örnekler A) IfSAR'dan üretilmiş yükselti modeli (Sanders, 2007), B) LIDAR teknolojisi ile üretilmiş yükselti modeli (Alkema, 2007), C) Hava fotosundan taşkın sınırının belirlenmesi (Uhrich vd., 2007), D) Radarsat görüntüsünden taşkın alanlarının belirlenmesi (Özdemir, 2007b), E) NASA TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) ait yağmur oranını gösteren görüntü (Hong vd., 2007), F) IKONOS uydu görüntüsünden detaylı arazi kullanımlarının çıkartımı ve Manning değerlerinin belirlenmesi (Van Der Sand vd., 2003), G) Hidrolik modelleme sonucu ile uydu görüntüsünden elde edilen taşkın sınırlarının karşılaştırılması (Uhrich vd., 2007), H) Uydu görüntüsünden taşkınların etki alanındaki binaların çıkartımı (Guarin, 2003), I) Havzadaki bitki örtüsü değişiminin uydu görüntüsüyle takibi (Özdemir, 2007a).

Hidrolik Modellemenin Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Kullanımı

Taşkınlar genellikle, havzaların aşağı kesimlerinde, eğim değerlerinin ve topografik değişkenlerin azaldığı alanlarda meydana gelirler. Bu alanlar aynı zamanda insan ve onun faaliyetleri için vazgeçilmezdir ve insan oğluna birçok olanaklar sunar. Bundan dolayıdırki, taşkın ovalarındaki kentsel gelişim nüfustaki artmaya da bağlı olarak, hergeçen gün artış göstermektedir. Taşkın ovalarında, akarsulara ait doğal yatakların insan tarafından istila

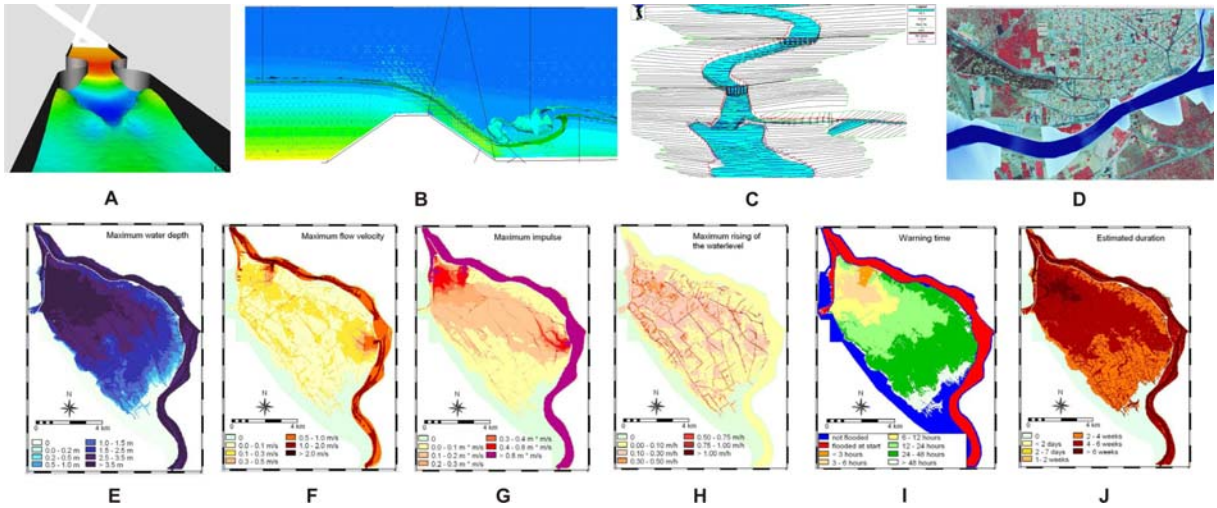
edilmesinden dolayı, akarsular tarafından gelecek tehlikelerin büyüklüğü ve şiddetini azaltmak için, akarsu yatakları üzerinde bazı yapısal önlemlerin (yatak ıslahı, bendler, savaklar, barajlar vb.) alınması zorunlu hale gelmiştir. Gerek taşkın ovalarındaki yerleşmelerin planlanması gerekse akarsu yatakları üzerinde alınacak yapısal önlemlerin yer, miktar ve gerekliliğini karar vermede taşkın modellemelerinin önemi büyüktür. Burada hidrolik modellemeler ön plana çıkmaktadır. Modellemeler yapılmaksızın, taşkının etkileme alanındaki yapıların inşa edilmesi, gelecekteki afetlere zemin hazırlamaktadır. Bundan dolayı özellikle taşkın üreten akarsu kıyılarındaki kentsel planlamalarda potansiyel taşkınların etkileme alanlarının bilinmesi önemlidir. Modellemelerle belirlenen taşkında, su yüzeylerinin yüksekliği tahmin edilebilir ve böylece akarsuların taşkın yatakları üzerindeki yanlış arazi kullanımlarını taşkından korumak için önlemler alınabilir (Klotz vd., 2003). Hidrolik analizlerle akarsu yatakları üzerinde köprü, savak, leve, baraj ve kanal düzenlemesi gibi çalışmalar da daha doğru ve uygun yapılabilmektedir.

Hidrolik modellemelerde taşkın yataklarındaki akımların sayısal modellemesi değişik yazılımlarda farklı sayısal temele bağlı olarak yapılmaktadır. Bu modeller, 3D akım modeli, 2D akım modeli, 1D akım modeli ve 0D akım modelidir (Woodhead, 2007; Alkema, 2007). Bütün bu akım modellerinde amaç, taşkın anındaki su akımlarını en iyi şekilde anlamak ve akım değerleri, taşkın su seviyeleri, taşkın suyu yayılış alanları ve suların akış hızları gibi bazı önemli parametreleri elde ederek taşkın yataklarının yönetimini daha iyi yapabilmektir (Woodhead, 2007). Değişik akım modelleri ve bunlara ait genel özellikler aşağıda verilmiştir.

- *3D (Üç boyutlu) Akım Modeli:* Akarsu kanalı ve yakın alanlar için kullanılır. Akarsulara ait akımların türbülanslı, basınçlarının hidrostatik olması, erozyon ve sedimantasyonun üç boyutlu karakter göstermesinden dolayı 3D akım modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu akım modeli, RANS (Renolds Averaged Navier-Stokes) formülünün üç boyutlu çözümüne dayanır. CFX, FLUENT ve PHEONIX, 3D akım modelini kullanan başlıca yazılımlardır (Woodhead, 2007) (Şekil 4).
- *2D (İki boyutlu) Akım Modeli:* Eğimi az ve düze yakın arazilerde bütün akımlar akarsuya paralel olarak meydana gelmezler. Ayrıca bu arazilerde insan yapımı yapıların mevcudiyeti, modellerin akım hesaplamalarında X ve Y yönünü kullanmasına neden olmaktadır (Alkema, 2007). Bu akım modeli, De Saint-Venant formülünün iki boyutlu çözümüne dayanmaktadır. MIKE 21 (Abbot and Price, 1994), TELEMAC 2D (Hervouet and Van Haren, 1996) ve SOBEK (Hesselink vd., 2003) bu akım modelinini kullanan yazılımlardır (Şekil 4).
- *1D (Bir boyutlu) Akım Modeli:* Bu akım modeli, havza analizleri ve akarsu akımlarının daha önce tanımlanmış kanal yönü doğrultusundaki meydana gelecek akımları için uygulanmaktadır. 1D akım modelinde, akarsu akım yönüne dikey çıkartılmış olan ve araziyi yansıtan enkesitler üzerinde ortalama su derinliği ve akım hızlarının hesaplamaları yapılır ve akımın sadece bir yönde (akış yönünde) dağıldığı kabul edilir. Model Saint-Venant formülünün tek boyutlu çözümüne bağlı olarak çalışmaktadır (Fread, 1992). MIKE 11 ve HEC-RAS bu akım modelini kullanan yazılımlardır (Şekil 4).
- *0D (Sıfır boyutlu) Akım Modeli:* Bazı kesin durumlarda taşkınların yayılış alanlarını tesbit etmek için model kullanmaya gerek yoktur. Bu durumlarda sadece bir akarsu kolu üzerinde, taşkın anı ölçülen su seviyesi veya taşkın sıklık analizleriyle üretilen tahmini taşkın seviyelerinin SAM üzerindeki karşılıklarıyla enterpolasyonu yapılarak taşkın yayılış haritaları üretilebilmektedir (Werner, 2001). Bu çalışmayla taşkının yayılış alanı yanında derinlik ve hacim hesaplamasını yapmak mümkündür. Bates ve De Roo (2000) yapmış olduğu hidrolik model ve 0D akım modeli karşılaştırmasında benzer sonuçlar elde etmiştir. Fakat akım ölçüm istasyonundan uzaklaştıkça hata oranında artış olmakta ve hidrolik modelin

gerekliliği ortaya çıkmaktadır. SAM'ın işlenebildiği bütün CBS yazılımlarında bu yöntemi kullanmak mümkündür.

Kullanılan bu akım modelleriyle ve akarsu yatağının özelliklerinin yansıtılmasıyla taşkınların ve olası taşkınların yayılış alanları daha gerçekçi belirlenebilmekte ve su kütlelerinin hızları ve sediment taşıma miktarları haritalanabilmektedir. Bütün bu taşkınlara ait özellikler risk analizi çalışmalarında önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliklerin taşkın riski altındaki unsurları etkileme oranlarıyla da risk haritalarını üretmek mümkündür.



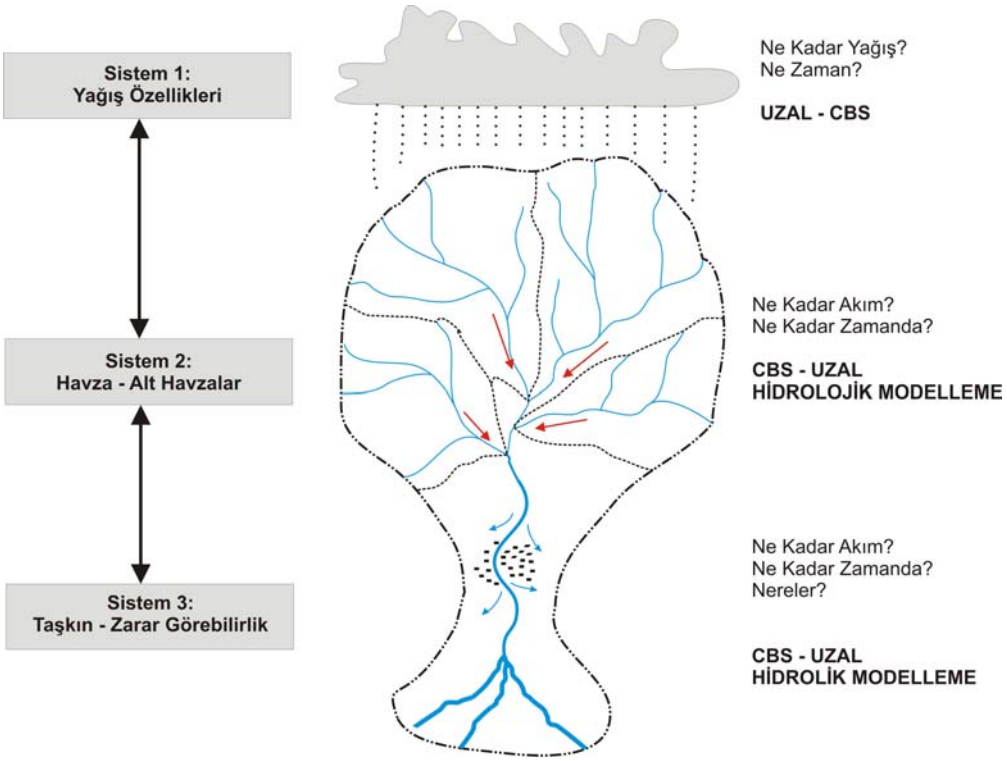
Şekil 4: Hidrolik modellemenin taşkın tahmini ve risk analizindeki bazı uygulamaları A) 3D akım modeliyle su hızına ait haritalama (Wright, 2008), B) Suların setti aşmasının 3D akım modeliyle modellenmesi (Morvan, 2008) C) 1D akım modeliyle Havran Çayı'nın güncel yatak özelliklerine bağlı olarak taşkın modellemesi (Özdemir, 2007a), D) Yapay kanal sonrası Havran yerleşmesindeki taşkının 1D akım modeline göre yayılışı (Özdemir, 2007a), E) Ziltendorfer Niederund taşkınının (1997) 2D akım modeliyle üretilen derinlik haritası (Alkema, 2007), F) 2D akım modeliyle üretilen akım hızı haritası (Alkema, 2007), G) 2D akım modeliyle üretilen maksimum etki haritası (Alkema, 2007), H) 2D akım modeliyle üretilen maksimum su seviyesi yükselmesi haritası (Alkema, 2007), I) 2D akım modeliyle üretilen uyarı zamanı haritası (Alkema, 2007), J) 2D akım modeliyle üretilen tahmini su kalış süresi haritası (Alkema, 2007).

CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu

Taşkının modellenmesi, akarsu yataklarının belirli kısımları için yapılabildiği gibi daha gerçekçi çözümler için havza bazlı ele alınıp bütün akarsu kanalı boyuncada yapılabilmektedir. Havzalara özelliklede yukarı kesimlerine düşen yağış miktarlarının belirlenmesi ve analizinden, havzaların aşağı kesimlerindeki taşkınların etkilediği alanların ortaya konması ve analizine kadarki aşamalarda CBS, UZAL ve hidrolik modellemelerin yoğun kullanımını görmek mümkündür (Şekil 2,3,4, 5). Havza genelinde taşkın tahmini ve risk analizinin yapılabilmesi için Şekil 5'te verilen üç sistemin detaylı ele alınması gerekmektedir. Bunlardan birinci sistem olan yağış özelliklerinde, havzalara düşen yağmur miktarı, havzaların üst kesimlerindeki kar örtüleri ve havza için yağış üreten hava hareketlerinin belirlenmesinde UZAL ve haritalanmasında ise CBS önemli rol oynar. İkinci sistem ise havza ve alt havzalardır. Havzaya düşen yağış miktarının nekadarının akışa geçtiğini ve nekadar sürede havza çıkış noktasına ulaştığını belirlemek için alt havzalara düşen yağmurun akışa geçmesinde etkili olan bütün faktörlerin araştırılması gerekmektedir. Burada jeomorfolojik ve hidrolojik özelliklerin detaylı analizlerinde CBS – UZAL ve akım ölçüm istasyonlarının olmadığı alt havzalar için hidrolojik modellemeler (yağış-akış modelleri) önemli yer tutar. Üçüncü sistem ise taşkınların havzanın aşağı kesimlerinde haritalanması ve buna bağlı risk analizleridir. Burada taşkın üretecek akımın nekadar olduğu

ve nekadar zamanda yukarı havzalardan gelerek taşkın ovasına yayılacağı, su derinliği, su hızı, hangi alanların taşkınlardan zarar göreceğinin ortaya konması gibi çalışmalar önemlidir. Bunun için akarsuyun mevcut yatak formunun veya planlanan durumunun modele aktarılmasının yanında taşkın ovasındaki arazi kullanım özellikleri ve bunların zarar görebilirliklerinin de detaylı veritabanına ihtiyaç vardır. CBS-UZAL ve Hidrolik modellemelerin yoğun kullanıma sahip olduğu bu sistemde, çalışmanın hedefi olan taşkın tahmini ve risk analizi tamamlanmaktadır.

Taşkınların tahmini ve risk analizinde havzayı oluşturan bu üç sistemin birlikte değerlendirilmesi, herbir sistemin sonuçlarının diğer bir sistemde kullanılması bakımından CBS-UZAL ve Hidrolik modellemenin entegrasyonu önemlidir. Böylelikle üretilen taşkın haritaları ve buna bağlı risk haritaları daha gerçekçi ve doğru sonuçlar verecektir. Şunu da belirtmek gerekirki, bu sistemlerden ikinci alt sistemde, genellikle akım miktarları akım gözlem istasyonlarından elde edilmekte ve bunların istatistiksel analizleriyle diğer alt sisteme veri sağlanmaktadır. Fakat bütün akarsu havzalarında akım gözlem istasyonları mevcut değildir. Bundan dolayı ikinci alt sistemden veri temini hidrolojik modellerlerle (yağış-akış ilişkileri) mümkün olmaktadır. Bu tür havzalarda CBS-UZAL-Hidrolik Modellemenin yanında hidrolojik modellemeleri de çalışmaya dahil etmek daha doğru olacaktır (Şekil 5).



Şekil 5: CBS – UZAL ve Hidrolik modellemenin taşkın çalışmalarındaki entegrasyonu.

Sonuç ve Öneriler

Taşkınlar, havzalardaki yoğun arazi kullanımları ve iklimlerde meydana gelen değişimlerin yağışlar üzerindeki etkisinden dolayı, gelecekte sıklıkla ve daha fazla etkiyle karşılaşılacak olan önemli doğal afetlerden birisidir. Taşkınların oluşması ve afet durumuna geçmesi bir çok sistemler bütününden oluştuğu için bu afetin anlaşılması ve analiz edilebilmesi, ancak yoğun bilgi kullanımı ve analizi ve bu analizlerin de belirli zaman periyotlarında güncelenmesiyle mümkün olmaktadır. Bu işlemler, oldukça fazla ve çok disiplinli verilerin kullanılmasını gerektirmektedir. CBS – UZAL ve Hidrolik Modellemeyle, taşkınların tahmin ve risk analizlerinde gerekli olan bu yoğun verilerin temini daha hızlı, daha doğru ve güncellenebilir

şekilde olmaktadır. Özellikle CBS, UZAL ve Hidrolik Model sonuçlarının da değerlendirilebildiği bir teknoloji olmasından dolayı, sahip olduğu özelliklerle birlikte taşkınla ilgili çalışmaların herbir aşamasında kullanılmaktadır. Bundan dolayı taşkın risk yönetimi ve planlamalarında, önemli yeri olan ve temel altlığı oluşturan taşkın tahmini ve risk analizinde bu teknolojilerin kullanılmasıyla, taşkınlara karşı daha etkili yapısal ve yapısal olmayan önlemler alınabilecek ve bunun için de doğru kararlar verilebilecektir.

Kaynakça

Abbott, M.B. and Price, W.A., 1994, *Coastal, Estuarial and Harbour Engineer's Reference Book*. E and FN Spon, London, UK.

Alkema, D., 2007, *Simulating Floods, On the Application of a 2D Hydraulic Model for Flood Hazard and Risk Assessment*, ITC Dissertation Number 147, Enschede.

Angillieri, M.Y.E., 2007, Morphometric analysis of Colangüil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina, *Environmenal Geology*, Springer Verlag.

Bates, P.D. and De Roo, A.P.J., 2000, A simple raster-based model for floodplain inundation, *Journal of Hydrology*, 236, 54-77.

Burrough, P.A., 1986, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford 194 pp.

Coto, E.B., 2002, Flood Hazard, *Vulnerability ans Risk Assessment in the City of Turrialba, Costa Rica*, ITC, Master Thesis, Enschede.

De Roo, A.P.J., 1999, LISFLOOD: a rainfall-runoff model for large river basins to assess the influence of land use changes on flood risk. In: Balabanis, P. et al. (Eds.), Ribamod: *River Basin Modelling*, *Management and Flood Mitigation*. Concerted Action, European Commission, EUR 18287 EN, pp. 349–357.

De Roo, A.P.J., Price, D.A. and Schmuck, G., 1999a. Simulating the Meuse and Oder floods using the LISFLOOD model. In: Fohrer, N., Doell, P. (Eds.), *Proceedings of the Giessen Meeting on Modellierung des Wasser-und Stofftransports in Grossen Einzugsgebieten*, Kassel University Press, Kassel, 12–14 November 1998, pp. 41–50.

Dutta, D., Herath, S., and Musiake, K., 2006, An application of flood risk analysis system for impact analysis of a flood control plan in a river basin, *Hydrological Processes*, 20, 1365-1384.

EM-DAT, 2007, *The OFDA/CRED International Disaster Database*, www.em-dat.net-Univeriste Catholique de Louvain – Brussel – Belgium.

Fattorelli, S., Dalla Fontana, G. and Da Ros, D., 1999, Flood Hazard Assessment and Mitigation. In: Casale, R., and Margottini C., (Eds.), *Floods and Landslides*, 18-38, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

Fread, D.L., 1992, Flow Routing. In: Maidment, D.R. (Ed) *Handbook of Hydrology*. Pp 10.1-10.36 McGraw-Hill, Inc. New York, USA.

Guarin, G.P., 2003, *Flood Risk Assessment for the Town of San Sebastian in Guatemala*, ITC, Master Thesis, Enschede.

Hervouet, J.M. and Van Haren, L., 1996, Recent advances in numerical methods for fluid flows. In: Anderson, M.G. Walling, D.E. and Bates, P.D. (Eds.) *Flooding Processes*. Pp 183-214. John Wiley & Sons Ltd. England.

Hesselink, A.W., Stelling, G.S., Kwadijk, J.C.J. and Middelkoop, H., 2003, Inundation of Dutch River polder, sensitivity analysis of a physically based inundation model using historic data. *Water Resources Research*, 39 (9), art no. 1234.

Hong, Y., Adler, R.F., Negri, A. And Huffman, G.J., 2007, Flood and landslide applications of near real-time satellite rainfall products, *Natural Hazards*, 43:285-294.

ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), 2002, *Living with Risk A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*, World Meteorological Organization and The Asian Disaster Reduction Center, Japan.

Klotz, D., Strafaci, A., Hogan, A. and Dietrich K., 2003, *Floodplain Modeling Using Hec-Ras*, Heasted Press, USA.

Lin, X., 1999, *Flash floods in arid and semi-arid zones*. International hydrological programme. Technical documents in hydrology No. 23 UNESCO, Paris.

Morwan, H., 2008, *CFD Applied to Flood Flow*, http://www.ansys.com/industries/environmental-river-flow.htm.

Özdemir, H., 2007a, *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.

Özdemir, H., 2007b, Taşkın Alanlarının Belirlenmesinde Farklı Tarihli ve Farklı Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinin Kullanımı: 2003 Mahanadi Taşkınları Örneği (Orissa-Hindistan), *İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, Sayı 15 (Baskıda).

Özdemir, H. and Bird, D., 2008, Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, *Environmental Geology*, DOI 10.1007/s00254-008-1235-y.

Penning-Rowsell, E., and Peerbolte, B., 1994, Concepts, Policies and Research. Penning-Rowsell E., and Fordham M. (eds.) Floods across Europe. *Flood Hazard Assessment*, Modelling and Management, Middlesex University Press, London, 1-17.

Sanders, B.F., 2007, Evaluation of on-line DEMs for flood inundation modeling, *Advences in Water Resources* 30, 1831-1843.

Schanze, J., 2006, Flood Risk Management, In: Schanze, J., Zeman, E. And Marsalek, J., (Eds.) *Flood Risk Management Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*, NATO Science Series, Netherland.

Uhrich, S., Bormann, H., Diekkrüger, B. and Krause, J., 2007, *FRHYMAP Flood Risk and Hydrological Mapping, Final Report*, Hydrology Research Group, Geographical Institute, University of Bonn, Germany.

Van der Sande, C.J., De Jong, S.M. and De Roo, A.P.J., 2003, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4, 217-229.

Van Wasten, C.J. and Soeters, R., 2000, Remote sensing and Geographical Information Systems for Natural Disaster Management, In: Roy, P.S., Van Westen, C.J., Jha, V.K., Lakhera, R.C. and Champati Ray, P.K., *Natural Disasters and their Mitigation Remote Sensing and Geographical Information System Perspectives*, Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun, India.

Werner, M.G.F., 2001, Impact of grid size in GIS based flood extent mapping using a 1D flow model, *Physics and Chemistry of the Earth Part B-Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 26 (7-8), 517-522.

WMO (World Meteorological Organization), 2006, *Environmental Aspect of Integrated Flood Management*, Associated Programme on Flood Management, Geneva.

Woodhead, S., 2007, *Evaluation of Inundation Models Limits and Capabilities of Models*, FLOODSite Report Number: T08-07-01, Wallingford, UK.

Wright, N., 2008, 3D Modelling for Channel and Rivers, *First Iowa Workshop on Large Rivers*, University of Nottingham, UK.