

TAŞKIN VE HEYELAN DUYARLILIĞININ NETCAD NETHYDRO ve ANALIST İLE MODELLENMESİNE BİR ÖRNEK: AKÇAABAT (TRABZON)

Tunç Emre TOPTAŞ¹, Candan GÖKÇEOĞLU²,

¹Teknik Hizmetler ve Eğitim Müdürü, Netcad Yazılım A.Ş., Bilkent, Ankara

¹Öğretim Görevlisi, Gazi Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, tunc.toptas@netcad.com.tr

²Prof. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, candan.gokceoglu@gmail.com

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Havza, Taşkın, Heyelan, m-AHP, ROC

ÖZET

Kendine has dinamikleri olan yer kürenin dengede durma çabası içinde meydana gelen doğal süreçlerin bir kısmı hasar verici etkilerinden ötürü ‘doğal tehlike’ olarak isimlendirilir. Doğal tehlike, insanların can ve mallarına zarar verebilme potansiyeli olan doğal olaylardır; ‘doğal tehlikeler’ ve ‘afetler’ birçok sosyal sorunu da beraberinde getirirler. Bu çalışmada hidrolojik analizler ile taşkın ve heyelan duyarlılıkları analiz edilmiş; elde edilen analiz sonuçları, bir arada modellenerek taşkın ve heyelan duyarlılığı açısından çalışma sahası duyarlılık zonlarına göre sınıflandırılmıştır. Taşkın analizi için çalışma sahasındaki ana ve alt havzalar Taudem algoritmasına göre modellenmiş, her bir havza ve akış kolu için kümülatif ve harmonik değerler hesaplanmıştır. Tüm ara aşamalardan sonra çalışma sahasında modellenen havzalardaki konsantrasyon süresi ve drenaj alanı metrikleri göz önünde tutularak ‘Mockus Birim Hidrograf’ yöntemi kullanılmış, sonuçta seçilen koldaki taşkın sınırları belirlenmiştir. Heyelan duyarlılığı açısından ise topografik, hidrotopografik, hidrolojik, jeolojik ve çevresel analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen girdi parametreleri kullanılarak ‘Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci (m-AHP)’ yöntemi ile heyelan duyarlılık modeli oluşturulmuştur. ‘Taşkın’ ve ‘Heyelan’ duyarlılık analizleri tasarlanan mekansal analiz modeli içinde bir arada değerlendirilerek çalışma alanı için yerleşime uygun olmayan alanlar belirlenmiştir. Çalışmanın analiz ve model tasarım aşamalarında Netcad/NETHYDRO ve Netcad/ANALIST teknolojileri kullanılmıştır.

KEY WORDS: Basin, Flood, Landslide, mAHP, ROC

ABSTRACT

Earth, due to its own unique dynamics, is in effort for keeping in balance, and as a result of this balancing effort, some natural processes having damaging effects are called as natural hazards. In fact, natural hazards are natural events, but they can potentially cause damage to people's life and property; both resulting in many social problems. This study analyzes the flood and landslide susceptibility with hydrological analysis; the resulting analysis, which are modeled in terms of a combination of flood and landslide susceptibility zones. The main and sub-basins in the study area for the flood analysis algorithm are based on the Taudem model, each basin and flow arm are calculated utilizing the cumulative and harmonic values. The resulting flood branches boundaries are determined, after considering the metrics 'unit hydrograph Mockus' method is used working in the field of modeling the concentration of all the intermediate stages and the drainage area of the basin. For the landslide susceptibility, topographic, hydrotopographic, hydrological, geological and environmental parameters were considered, and the analysis was performed. The "Modified Analytic Hierarchy Process (m-AHP) method was developed to obtain the degree of the selected input parameters for the landslide susceptibility models. 'Flood' and 'Landslide' susceptibility zones for the settlement suitability are determined combining the spatial analysis models. The analysis and design phases of the study were performed by Netcad / NETHYDRO and Netcad / Analyst technologies.

1. GİRİŞ

Mekan üzerinde verilen her karar insan hayatını ve ekonomiyi doğrudan ilgilendirir. Mekansal kararların verilmesi öncesinde doğal tehlike analizlerinin doğru yöntemlerle ve yeterince yapılmamasından dolayı Dünya’da ve ülkemizde çok sayıda can ve mal kaybı meydana gelmektedir.

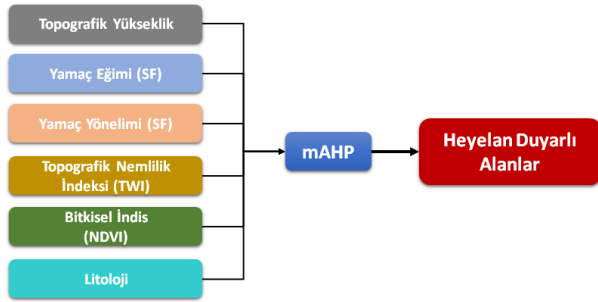
Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi, Akçaabat ve çevre yerleşimlerin bulunduğu saha örnek bir çalışma alanı dikkate alınmış; bu alanda havza analizi, yağış analizleri, taşkın pik debi hesapları yapılarak bölgedeki taşkın riskli alanlar sınırları ile belirlenmiştir. Aynı alanda topografik, hidrotopografik, litolojik ve çevresel analizler yapılmış, analiz sonuçları ‘Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci-mAHP’ ile tasarlanan heyelan duyarlılık modelinde girdi olarak kullanılarak bölgenin heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

‘Taşkın Analizi’ için çalışma sahasındaki ana ve alt havzalar modellenmiş, bölgedeki mevcut meteoroloji yağış istasyonlarının sağladığı yağış verileri kullanılarak farklı yağış frekanslarına göre yağış analizleri yapılmış, yağış analizlerinden elde edilen verilerle taşkın debi hesaplamaları alternatif hidrografik yöntemlere göre gerçekleştirilerek Mockus birim hidrografına göre bölgedeki taşkın riskli alanlar belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Taşkın analiz süreci

‘Heyelan Duyarlılığı’ için topografik ve hidrotopografik analizlerden ‘topografik yükseklik’, ‘yamaç eğimi’, ‘yamaç yönelimi’ ve ‘topografik nemlilik indeksi’ analizleri gerçekleştirilmiş; Landsat Uydusu’nun kızılötesi ve kırmızı bantları kullanılarak ‘Normalize Edilmiş Bitki İndisi-NDVI’ analizi yapılmış; litoloji analizi için jeolojik yaşlara göre tematik analizler yapılmış litolojik formasyonlar heyelan duyarlılığına göre değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen birinci türev analizler bir arada kullanılarak tasarlanan heyelan duyarlılık modelinde ‘Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşi-mAHP(Nefeslioglu vd. 2013)’ yöntemi kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Heyelan duyarlılık modeli

2. TAŞKIN ANALİZİ

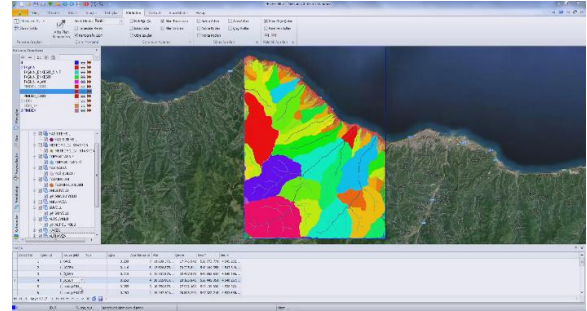
Topoğrafik yükseklik, her bir gridin deniz seviyesine göre yükseklik değerlerini tanımlar, araziden alınan noktaların lineer enterpolasyon yöntemi ile sayısal yükseklik modelinin üretilmesi ile oluşturulur. Taşkın analizi için çalışma sahasına ilişkin sayısal arazi modeli kullanılarak ana ve alt havzalar akış kolları ile Taudem Algoritması'na göre modellenmiştir.

Havza modellemesi sonrasında çalışma sahasına ilişkin meteoroloji istasyonlarının sağladığı yağış verileri kullanılarak farklı yağış frekanslarına göre yağışların alansal dağılımları Thiessen yöntemine göre gerçekleştirilerek yağış analizleri yapılmıştır. Yağış analizlerine göre her bir havza için ham yağış değerlerinden düzeltilmiş yağış değerleri elde edilmiş; sonuçlar Mockus hidrografına göre modellenerek taşkın pik debi hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan taşkın pik debi değerlerine göre her bir havzadaki akış kolunun farklı zamanlardaki taşkın sınırları belirlenmiştir.

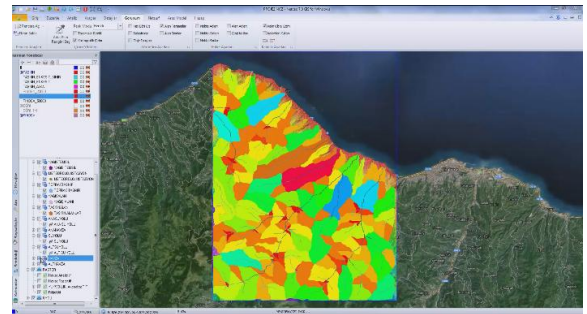
2.1. Havzaların Modellenmesi ve Akış Ağlarının Belirlenmesi

Havza sınırlarının belirlenmesinde Tarboton (1997) tarafından geliştirilmiş olan TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models) algoritması kullanılmıştır.

Akış kollarının tespit edilmesinde yapılması gereken ilk işlem, sayısal arazi modelindeki (SAM) akışı etkileyen çukurluk veya kuyuların ortadan kaldırılmasıdır. Çukurluk veya kuyular, SAM'lardaki bölgesel olarak en düşük kot değerine sahip pikselleridir; komşu hücrelerin kot değerleri bu piksellerden daha yüksek olup, bu nedenle herhangi bir yöne doğru drene olamazlar.



Şekil 3. Çalışma sahasındaki ana havzalar ve akış kolları

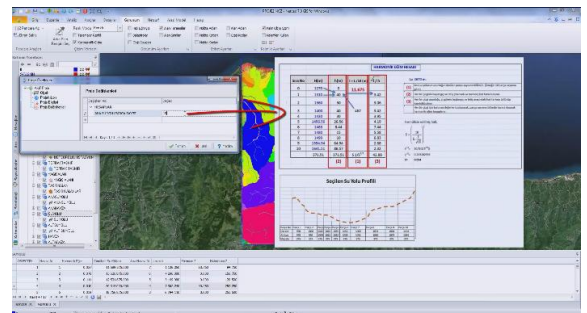


Şekil 4. Çalışma sahasındaki alt havzalar ve akış kolları

Havzalar (Şekil 3) alt havzalar (Şekil 4) ve akış kolları coğrafi bilgi sistemleri yapısında veritabanı bağlantılı olarak oluşturulmuşlardır. Herbir havzanın akış kolundaki harmonik eğim değeri hesaplanarak (Şekil 5) akış kolu tablolarında ilgili kolona eklenmiştir. Bu projedeki harmonik eğim değerleri (Şekil 6), akış kollarının 10 eşit paçaya bölünmesinden sonra her bir parçadaki memba mansap kot değerlerine göre hesaplanmıştır.

Sıra	H(m)	h(m)	$l = L / 10 \text{ (m)}$	l / h	
0	887	0			
1	1028	141		2.91	$S_{1/2} = 10 / (S_{1/2}^{1/2})$
2	1255	227		2.30	$S_{1/2} = 0.16221$
3	1285	30		6.34	$S = 0.02631$
4	1294	9		11.35	
5	1301	7		13.06	
6	1315	14		9.26	
7	1354	39		5.50	
8	1462	108		3.32	
9	1531	69		4.17	
10	1632	101		3.44	
	745	745	$S_{1/2}^{1/2}$	61.65	

Şekil 5. Harmonik eğim hesap tablosu



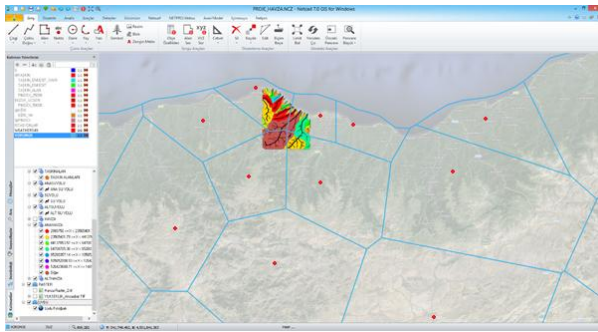
Şekil 6. Su yolu profili ve öznelitik bilgileri

2.2. Yağışların Alansal Dağılımları ve Yağış Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

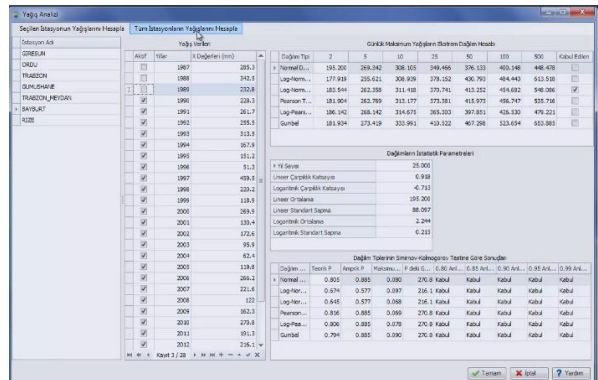
Yağış analizleri için çalışma sahası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır; yağışların alansal dağılımlarının belirlenebilmesi için noktasal istasyon verileri Thiessen yöntemine göre alansal

hale getirilmişlerdir (Şekil 7). Hidrolojik bir sistemin ana girdilerinden biri olan yağış miktarı, rasgele karakterde ve düzensizdir. Hidrolojik sistemde, zaman ve mekana göre en fazla değişkenlik gösteren parametredir.

Bu nedenle taşkın debi hesaplarının daha doğru sonuçları için, yağışın bu değişken karakteri, farklı yöntemleri olan olasılık dağılım fonksiyonları ile ifade edilmektedir. Çalışma sahasında modellenen havzalara etki eden meteoroloji istasyon verilerindeki günlük maksimum yağışlar kullanılarak, 6 farklı dağılım fonksiyonu üzerinden yağış analizleri yapılmıştır. Normal Dağılım Log-Normal (2 Parametrelili) Log-Normal (3 Parametrelili) Pearson Tip-3 (Gama Tip-3) Log-Pearson Tip-3 Gumbel yöntemleri üzerinden yapılan hesaplamalar sonucunda en uygun dağılım tipi için Simirnov-Kolmogorov testi yapılmış, çalışılan havzadaki en uygun dağılım yönteminin Log-Normal (3 Parametrelili) olduğu belirlenmiştir (Şekil 8 ve 9).



Şekil 7. Çalışma sahasına etki eden meteoroloji istasyonları ve Thiessen alanları



Şekil 8. Yağış ekstrem dağılım hesapları, istatistiksel parametreler ve Simirnov-Kolmogorov test sonuçları

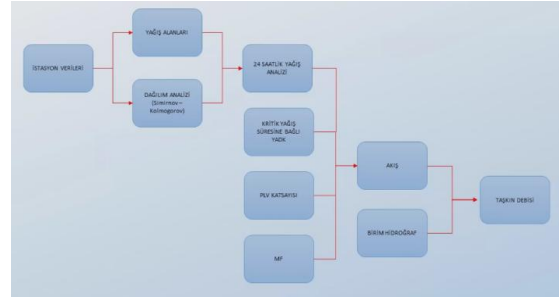
TEHŞİMLİ GÖRE YAĞIŞ ALANLARI (km ²)	5	10	25	50	100
0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Şekil.9 Yağışların alansal dağılımları ve analiz sonuçları

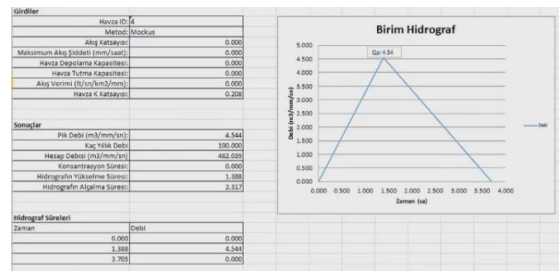
2.3. Farklı Yağış Frekanslarına Göre Taşkın Debi Hesaplamaları

Taşkın debi hesaplamaları, her bir havza için, alan büyüklüğü ve konsanstrasyon süresine bağlı olarak farklı hidrograf yöntemleri ile hesaplanır (Şekil 10). Bu çalışmaya esas olan havzanın öznetelik bilgileri esas alındığında en uygun yöntem olarak 'Mockus Hidrografi' belirlenmiştir (Şekil 11) ve taşkın debi hesaplamaları Mockus hidrografına göre havzaya en fazla etki eden meteoroloji istasyonunun kritik yağış süresine bağlı olarak plüvyograf katsayısı değeri 0.78; havzanın maksimize faktörü 1.13; havza katsayısı ise

0.208 olarak alınmıştır. Havzanın alanı ve 2 saatlik kritik yağış süresine bağlı olarak yağış alan dağılım katsayısı 0.949 olarak hesaplanmıştır. Havzaya etki eden toprak sınıflarının etki alanına bağlı olarak katsayılarının aritmetik ortalaması alınmış ve akış hesapları farklı yağış frekanslarına göre hesaplanmıştır (Şekil 12).



Şekil 10. Taşkın debi hesabı akış şeması



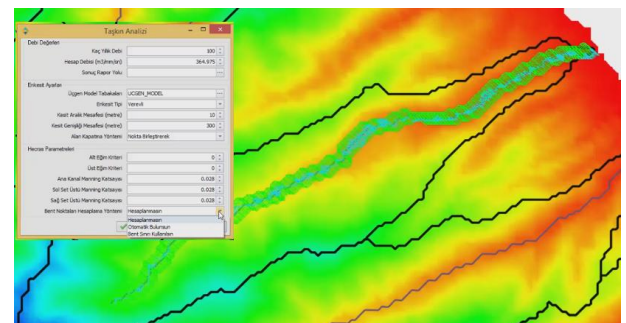
Şekil 11. Mockus hidrografı ve hesap sonuçları

Taşkın Debi Hesabı		Drenaj alanının 24 saatlik yağış süresindeki değeri	
YATIRILAN YÖNTEM	TAŞKIN	TAŞKIN	TAŞKIN
Mockus	2.00	1	1.130
			0.949
			0.780
			0.208
			0.949
			0.208
			0.949
			0.208
			0.949
			0.208

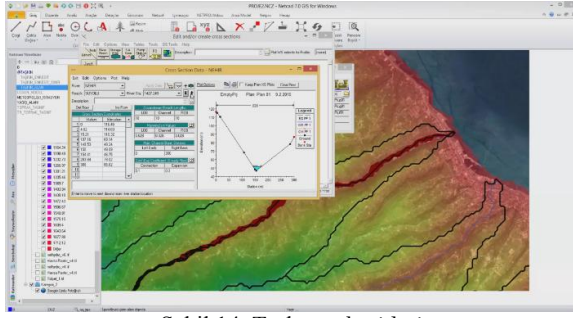
Şekil 12. Mockus hidrograf yöntemine göre farklı yağış frekansları için taşkın debisi hesap sonuçları

2.4. Taşkın Açısından Tehlikeli Alanların Belirlenmesi

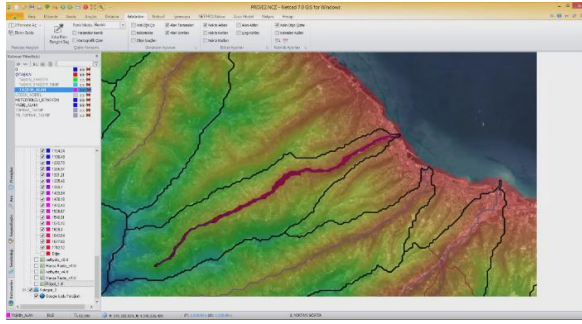
Taşkın debi hesaplaması yapılan akış kolu üzerindeki taşkın sınırlarının belirlenebilmesi için akış kolu üzerinde 10 metre aralıklarla, 300 metrelik enkesitler oluşturulmuştur (Şekil 13). Arazi enkesitleri üzerinde taşkın sınırlarının belirlenebilmesi için bu çalışmaya esas olan havza akış kolu için manning katsayısı değeri 0.028 olarak belirlenmiş, akış koluna ait alt ve üst eğim değerleri Nethydro tarafından otomatik olarak hesaplatılmıştır. Belirlenen parametrelere göre her bir enkesitteki taşkın sınırları oluşturulmuş (Şekil 14), akış kolu üzerindeki taşkın açısından tehlikeli alanlar belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 13. Taşkın analizi enkesit parametreleri



Şekil 14. Taşkın enkesitleri



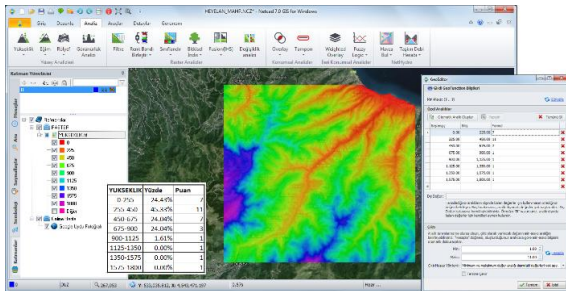
Şekil 15. Taşkın açısından tehlikeli alanlar

3. HEYELAN DUYARLILIK HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Çalışma sahasına ilişkin heyelan duyarlılık analiz modeli, yükseklik verisinin birinci ve ikinci türev analizleri olan ‘topografik nemlilik’, ‘yamaç eğimi’, ‘yamaç yönelimi’, ‘topografik yükseklik’, ‘bitkisel indis’ analizleri ile litoloji girdi olarak kullanılarak ‘uzman görüşünü temel alan ‘mAHP yöntemi (Nefeslioglu vd. 2013) ile oluşturulmuştur.

3.1. Topografik Yükseklik Analizi

Topografik yükseklik, her bir gridin deniz seviyesine göre yükseklik değerlerini tanımlar. Araziden alınan yükseklik değerlerine sahip noktaların lineer enterpolasyon yöntemi ile sayısal yükseklik modelinin üretilmesi ile oluşturulur. Sayısal yükseklik verisi girdi olarak kullanılarak çalışma alanına ilişkin ‘Topografik Yükseklik’ analizi Netcad 7 GIS/ ANALIST ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşmiş heyelanlar ile yükseklik değerleri birlikte değerlendirildiğinde, proje alanında genel olarak heyelanların yüksekliğin düşük olduğu alanlarda görüldüğü gözlemlenmiş ve yükseklik tematikleri baz alınarak uzman görüşü puanlamalara yansıtılmıştır. Çalışma alanı, en düşük 1 m, en yüksek 1800 m değerlerine sahiptir; bu sahada gerçekleşmiş heyelanların %45.33’ü 255-450 metre yükseklik değerindeki alanlarda gerçekleştiği gözlemlenmiş, uzman görüşüne göre belirlenen değerler Geoeditor operatörü üzerinden mAHP modeline girilmiştir (Şekil 16).

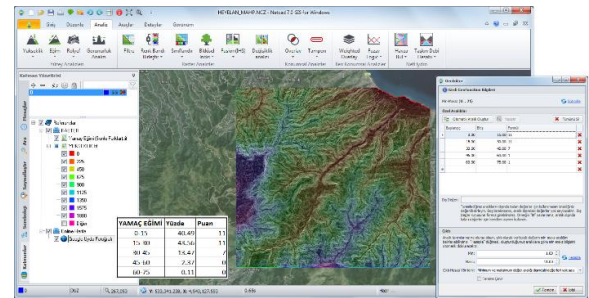


Şekil 16. Topografik yükseklik analizi ve uzman görüşü ile puanlaması

3.1.1. Yamaç Eğimi Analizi

Sayısal yükseklik modelinin birinci türevlerinden biri olan ‘Yamaç Eğimi’, topografik dikliğin azalma yönünde yükseklik değerlerindeki değişim miktarının bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Wilson and Gallant, 2000).

Yamaç eğimi heyelan duyarlılığı için en kritik parametrelerden biridir. Raster yükseklik verisi girdi olarak kullanılarak çalışma alanına ilişkin ‘Yamaç Eğimi’ analizi Necad 7 GIS/ ANALIST ile ‘sonlu farklar’ yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşmiş heyelanlar ile sonlu farklara göre hesaplatılmış yamaç eğimi değerleri birlikte değerlendirilmiştir. Çalışma alanında gerçekleşmiş heyelanların %43.56’i 15-30 yamaç eğimi değerine sahip alanlarda gerçekleştiği gözlemlenmiş, uzman görüşüne göre belirlenen değerler Netcad 7 GIS/ ANALIST Geoeditor operatörü üzerinden mAHP modeline girilmiştir (Şekil 17).

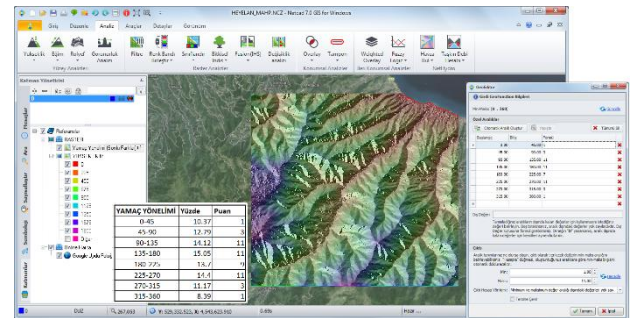


Şekil 17. Yamaç eğimi analiz sonucu ve uzman görüşü ile puanlaması

3.1.2. Yamaç Yönelimi Analizi

‘Yamaç Yönelimi’ Wilson and Gallant (2000) tarafından, topografik dikliğin azalım doğrultusunun kuzeyden itibaren saat yönünde yapmış olduğu açı olarak tanımlanmaktadır. Yine aynı araştırmacılar derece cinsinden yamaç yönelimi değerinin sayısal yükseklik modelinin birinci dereceden türevini esas alan sonlu farklar yöntemini kullanarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabileceğini ifade etmektedirler.

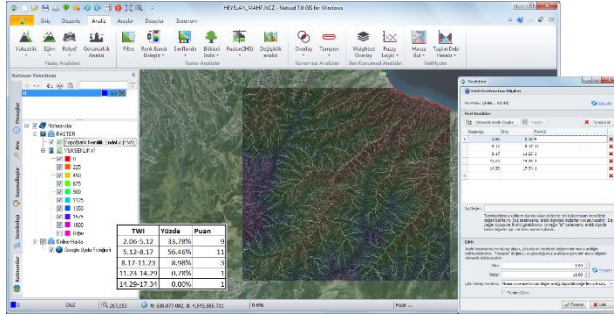
Yamaç yönelimi analizinden elde edilen sonuçlar ile gerçekleşmiş heyelanlar birlikte değerlendirildiğinde; çalışma sahasındaki gerçekleşmiş heyelanların %68.44’ünün doğu, güney ve batı yönlerde olduğu gözlemlenmiş ve uzman görüşü mAHP modeline Geoeditor editörü üzerinden girilmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Yamaç yönelimi analiz sonucu ve uzman görüşü ile puanlaması

3.1.3. Topografik Nemlilik Endeksi-TWI

‘Topografik nemlilik endeksi (TWI)’, topografik anlamda suya doymuş alanların lokasyonlarının ve boyutlarının ifade edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. TWI, topografik anlamda suya doymuş alanların lokasyonlarının ve boyutlarının ifade eder (Moore et al. 1991). Raster yükseklik verisi girdi olarak kullanılarak topografik nemlilik endeksi ile çalışma alanına ilişkin ‘Topografik Nemlilik Endeksi (TWI)’ analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında gerçekleşmiş heyelanların %55’i 2.57-5.94 aralığındaki TWI değerine sahip alanlarda gerçekleşmiştir. Uzman görüşüne göre belirlenen değerler Netcad 7 GIS/ ANALIST Geoditör operatörü üzerinden mAHP modeline girilmiştir (Şekil 19).

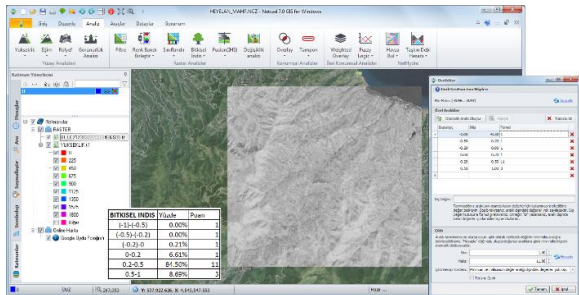


Şekil 19. Topografik Nemlilik Endeksi analiz sonucu ve uzman görüşü ile puanlaması

3.1.4. Bitkisel İndis Analizi

Bitkisel İndis, elektromanyetik spektrumdaki farklı dalga boyulu yansıma değerlerine matematiksel işlemler uygulanarak bitki örtüsünün yoğunluğunu gösteren tek bir değer elde edilmesidir. Genel olarak bitkiler, görünür ışın bölgesi denilen 0,4–0,7 µm dalga boyundaki ışınları absorbe ederler. Kızılötesi ışınlar ise çok düşük oranda absorbe ederlerken çok büyük bir bölümünü yansıtırlar.

Bitkisel indis heyelan duyarlılığı için en önemli parametrelerden birisidir. Landsat 7 uydusunun kırmızı ve yakın kızılötesi bandları girdi olarak kullanılarak Bitkisel İndis Analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanına ilişkin gerçekleştirilen bitkisel indis analizi değerlendirildiğinde, heyelanların %84.50’nin 0.2-0.5 bitkisel indis değerleri aralığında olduğu gözlemlenmiş ve uzman görüşü mAHP modeline Geoditör editörü üzerinden girilmiştir (Şekil 20).

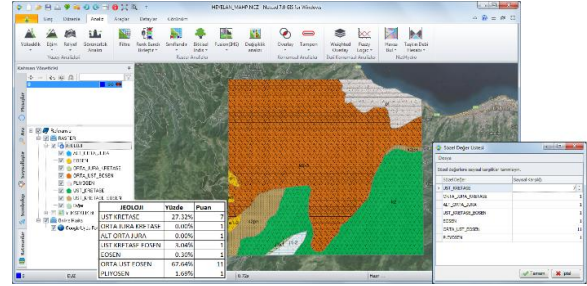


Şekil 20. Bitkisel İndis analiz sonucu ve uzman görüşü ile puanlaması

3.1.5. Litoloji

Heyelan oluşumunda bölgenin litolojik özellikleri son derece önemli bir faktördür. Bu nedenle, proje sahasının jeoloji haritası (MTA 1/25000 Jeoloji Haritaları) kullanılarak Netcad 7 GIS ile uygun veritabanı tasarımı ile sayısal jeoloji haritası üretilmiştir. Çalışma sahasında Triyas’dan Kuvaterner’e kadar değişen yaşlara sahip litolojiler bulunmaktadır. Bölgedeki aktif heyelanların

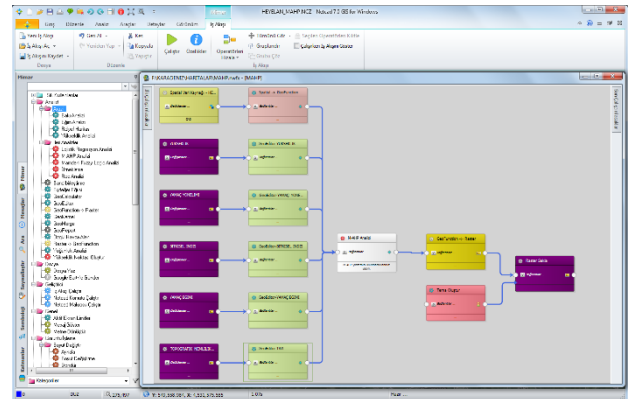
%67.64’ü Ort-Üst Eosen, %27.32’si Üst Kretase, %3.04’ü Üst Kretase-Eosen ve %1.69’u Pliyosen litolojilerinde gerçekleşmiştir. Uzman görüşüne göre Litolojik yaşların bölgedeki heyelan duyarlılığına etkisi Netcad 7 GIS/ ANALIS Spatial to GeoFunction operatörü üzerinden mAHP modeline girilmiştir (Şekil 21).



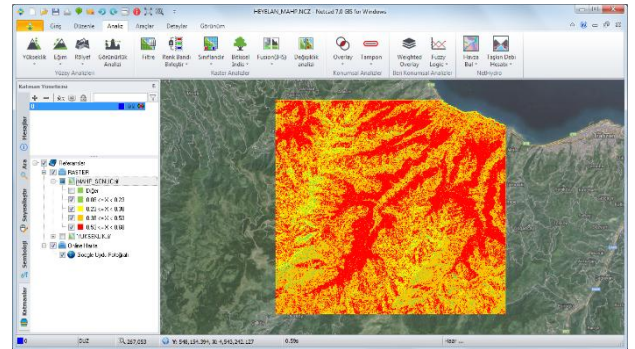
Şekil 21. Litolojik birimler ve Netcad 7 GIS Spatial to GeoFunction ile puanlanması

3.1.6. Heyelan Duyarlılık Modeli

Heyelan duyarlılık modelinin girdileri olan birinci türev analizler tamamlandıktan sonra, her bir girdi için belirlenen uzman görüşü parametrik değerler olarak Geoditör operatörlerinde tanımlanmıştır. Heyelan duyarlılık girdileri Netcad 7 GIS Mimar içerisinde algoritması ve arayüzleri hazır olan mAHP operatörü ile değerlendirilmiş ve modele eklenen tema operatörü ile heyelan duyarlılık sonucunun dört tematik aralıkta oluşması sağlanarak model tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Heyelan duyarlılık modellemesi



Şekil 23. Heyelan duyarlılık haritası

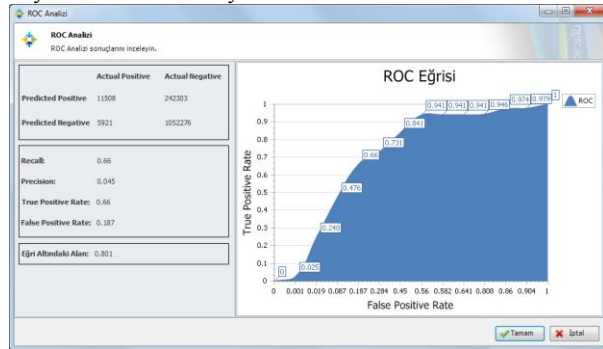
Gerçekleştirilen analiz ile topografik yükseklik, litoloji, yamaç eğimi, yamaç yönelimi ve topografik nemlilik endeks parametrelerinin bütünleşik ve korelatif olarak uzman görüşünü temel alan mAHP yöntemine göre bir

arada değerlendirilmesi sonucunda çalışma sahasındaki heyelan duyarlılığı dört tematik aralıkta oluşturulmuştur. Analiz sonucuna göre heyelan duyarlılığı en yüksek alanlar 0.53 – 0.68 aralığında değer alan kırmızı ile gösterilen alanlardır; heyelana en az duyarlı alanlar ise en fazla 0.23 değer alan yeşil bölgelerdir (Şekil 23).

Heyelan duyarlılığı için tasarlanan model ile gerçekleştirilen analiz sonucunda çalışma sahasındaki potansiyel heyelana duyarlı alanlar belirlenmiştir. Heyelan duyarlılığı yüksek olarak belirlenen bölgelerde bulunan yapılaşmış alanlar önlem alınması veya daha az duyarlı alanlara taşınması önerilmektedir; bu alanlara ilişkin verilecek yeni yapılaşma kararlarında ise potansiyel tehlikeler göz önünde tutulmalıdır.

3.1.7. Heyelan Duyarlılık Analiz Sonucunun Doğruluğunun Değerlendirilmesi

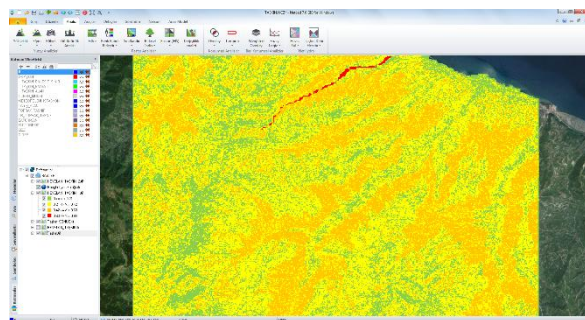
ROC eğrisi, ikili sınıflandırma sistemlerinde ayırım eşik değerinin farklılık gösterdiği durumlarda, hassasiyetin kesinliliği olan oranıyla ortaya çıkmaktadır. ROC daha basit anlamda doğru pozitiflerin, yanlış pozitiflere olan kesri olarak da ifade edilebilir. Heyelan duyarlılığı için yapılan analizin doğruluğu söz konusu alanda daha önce gerçekleşmiş heyelanlar referans alınarak ikili değerlendirme sisteminde ROC eğrisi ile ölçülmüştür. Netcad 7 GIS/Mimar arayüzünde bulunan 'ROC Analizi' operatörü kullanılarak doğrulama modeli tasarlanmıştır. ROC değeri 0.81 olarak elde edilmiş olup (Şekil 24), buna göre hazırlanan heyelan duyarlılık haritası sahayı temsil eder niteliktedir.



Şekil 24. ROC analiz sonucu

4. TAŞKIN VE HEYELAN ANALİZ SONUÇLARINA GÖRE YERLEŞİLEBİLİRLİK HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Gerçekleştirilen taşkın ve heyelan duyarlılık analizleri bir arada değerlendirilerek çalışma sahasındaki yerleşim için uygun olan ve olmayan alanlar belirlenmiştir. Çoklu tehlike analiz modeli girdileri olan taşkın ve heyelan duyarlılık sonuçları Geocalculator kullanılarak eşit ağırlıklarla birleştirilmiş ve bu çalışma kapsamında dikkate alınan iki doğal tehlike açısından yerleşime uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Çoklu tehlike sonuç haritası

5. SONUÇLAR VE YORUM

Bu çalışma kapsamında Akçaabat (Trabzon) ve yakın bölgesi için Mockus hidrograf yöntemiyle taşkın duyarlılığı, mAHP yöntemiyle de heyelan duyarlılık değerlendirmesi yapılmış ve elde edilen iki duyarlılık haritası kullanılarak, saha yerleşime duyarlılık açısından değerlendirilmiştir. Çalışma doğrudan yöntemsel yaklaşım açısından değerlendirmeleri içermekte olup, bu kapsamda hazırlanan yerleşime duyarlılık haritası doğrudan kullanılabilecek nitelikte değildir. Bir saha için yerleşime uygunluk haritası kullanılacaksa, o saha için mümkün olabilecek tüm doğal tehlikelerin mutlaka dikkate alınması, bunun yanı sıra topografik şartlardan ortaya çıkan sınırlamalar ile çeşitli amaçlar için ayrılmış alanların da mutlaka dikkate alınması ve ona göre nihai haritaların üretilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada ise temel olarak doğal tehlikelerin modellenmesine ilişkin gelişen yöntemsel yaklaşımların ve harita üretiminde kullanılacak teknolojilerin ulaştığı aşama gösterilmektedir. Özellikle son yıllardaki teknolojik gelişmeler bu tür haritaların karmaşık yöntemler ve algoritmalar ile kolaylıkla üretilmesini sağlamaktadır. Bu durum sınırları olan arazilerin verimli ve etkin kullanımını sağlamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu çalışmadan elde edilen bilimsel ve teknik sonuçların son derece ümit verici olduğunu göstermektedir.

REFERANSLAR

Tarboton, D.G., The analysis of river basins and channel networks using digital terrain data, Sc.D. thesis, Dep. of Civ. Eng., Mass. Inst. of Technol., Cambridge, 1989. (Also available as Tech. Rep. 326, Ralph M. Parsons Lab. for Water Resour. and Hydrodyn., Dep. of Civ. Eng., Mass. Inst. of Technol., Cambridge, 1989).

Nefeslioglu, H.A., Sezer, E.A., Gokceoglu, C., Ayas, Z., 2013. A Modified Analytical Hierarchy Process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments. Computers & Geosciences, 59, 1-8.

Wilson, J. P. and Gallant, J. C., 2000. Terrain analysis principles and applications. John Wiley and Sons, Inc., Canada, 479 p.