

[966]

# HEYELAN DUYARLILIK HARİTALARINDA OTOMATİK VE KULLANICI TABANLI AĞIRLIKLANDIRMA YAKLAŞIMLARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Emrehan Kutluğ ŞAHİN<sup>1</sup>, Cengizhan İPBÜKER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arş. Gör., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, emrehans@gmail.com

<sup>2</sup>Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, buker@itu.edu.tr

## ÖZET

Heyelan duyarlılık haritaları üretimi ve heyelan alanlarını tespitinde çok sayıda faktörün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda, heyelan duyarlılık haritaları üretiminde kullanıcı ve otomatik tabanlı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Diğer bir taraftan, sezgisel karar verme, deneme-yanılma ve “kim ne yapmış” tarzı yaklaşımlar karar verme aşamasında yanılmalara neden olabilir. Bu nedenle, çok sayıda faktöre ait ağırlıklarının belirlenmesinde kullanıcı tabanlı yaklaşımlar yerine akıllı otomatik ağırlıklandırma yaklaşımları tercih edilmelidir.

Bu çalışmada Kİ-kare ve Bilgi kazancı adlı iki faktör ağırlıklandırma algoritmalarının Trabzon Araklı ilçesi için üretilen heyelan duyarlılık haritası üzerindeki etkinlikleri değerlendirilmiştir. Diğer bir taraftan kullanıcı tabanlı bir ağırlıklandırma yaklaşımı olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) metodu ile her iki farklı yaklaşımın performansları karşılaştırılmıştır. Heyelan duyarlılık haritası üretiminde kullanılmak üzere 11 adet (bakı, litoloji, arazi kullanımı, NDVI, drenaj yoğunluğu, yükseklik, plan eğriliği, eğim, eğim uzunluğu, sediment taşıma indeksi ve topografik ıslaklık) heyelana etkili faktör değerlendirilmeye alınmıştır. Duyarlılık haritalarının performanslarının tespiti amacıyla genel doğruluk ve başarı oranı eğrisine bakılmıştır. Elde edilen sonuçlar Ki-kare ve Bilgi Kazancı metodlarının ağırlıkları ile üretilen duyarlılık haritalarının geleneksel AHS metodu ağırlık sonuçlarına oranla yaklaşık %4 daha iyi performans verdiğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Analitik hiyerarşi süreci, heyelan duyarlılık haritası, bilgi kazancı, ki-kare, özellik ağırlıklandırma

## ABSTRACT

### PERFORMANCE EVALUATION OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING USING AUTOMATIC AND USER-BASED WEIGHTING APPROACH

Identification of landslides and production of landslide susceptibility maps require evaluating a number of land-related factors together. In recent years, two approaches such as user-based and automated decision based can be chosen for landslide susceptibility mapping. On the other hand, intuitive decision making, trial and error or “what others tell” approaches may lead to wrong decision for landslide susceptibility mapping analysis. Therefore, determination of factor weights problem should be performed by some intelligent approaches instead of personal choices when numerous factor databases are available.

In this study, effectiveness of the feature weighting algorithm, namely Chi-square and Info Gain algorithms were assessed in the determination of landslide susceptibility map of Araklı District of Trabzon province in Turkey. On the other hand, performances of the algorithms were compared with that user based Analytic Hierarchy Process (AHP) model. Eleven factors (i.e., slope, aspect, lithology, land use/cover, NDVI, drainage density, elevation, plan curvature, slope length, SPI and TWI) were considered as major factors to produce landslide susceptibility map of the study area. The quality of susceptibility maps was evaluated based on the overall accuracy and success rate curve analysis. Results showed that the weights determined by Chi-square and Info Gain algorithms outperformed the user based AHS method by about 4%.

**Keywords:** Analytic hierarchy process, landslide susceptibility mapping, info gain, chi-square, factor weighting

## 1.GİRİŞ

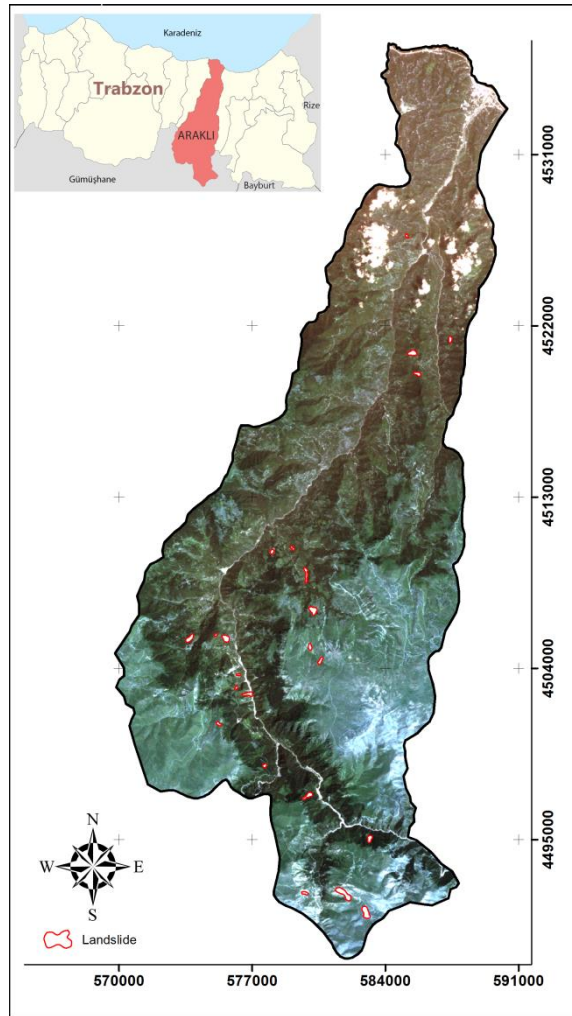
Heyelan duyarlılık haritalarının güvenilirliği kullanılan verilerin kalitesi, çalışma ölçeği, harita üretiminde kullanılan model ve analiz süreçlerini kapsayan birçok etkene bağlıdır. Bu etmenler içerisinde en öne çıkan ve duyarlılık haritası üretimini en kökten etkileyen işlem duyarlılık üzerinde etkili faktörlerin tespiti ve ağırlıkların belirlenmesidir. Özellikle, ağırlıklı bindirme teknikleri kullanılan modellerde (analitik hiyerarşi süreci, ağırlıklandırılmış lineer kombinasyon ve sıralı ağırlıklandırılmış ortalama gibi) faktör ağırlıkları hesaplanması heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde önemli bir role sahiptir. Bu nedenle çok sayıda faktörün birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık durumlar söz konusu olduğunda, karar vericilerin sezgisel, deneme-yanılma veya “başkaları ne yapıyor” gibi kullanıcı tabanlı yaklaşımlara başvurmaları yanlış kararların verilmesi riskini taşır. Bu risklerin azaltılması için karar vericilerin modern karar verme tekniği olan otomatik

ağırlıklandırma tekniğine başvurmaları doğru ve hızlı sonuçlara ulaşmalarında faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın temel amacı, otomatik filtre tabanlı özellik seçimi algoritmaları (Bilgi Kazancı ve Ki-kare) ile heyelan etkili faktörlerin optimum ağırlıklarının belirlenmesi ve ağırlıklı bindirme modeli ile heyelan duyarlılık haritası üretmektir. Ayrıca, kullanıcı tabanlı AHS ile faktörlerin ağırlıkları belirlenerek otomatik ağırlıklandırma algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma bölgesi olarak belirlenen Trabzon Araklı ilçesi için bakı, litoloji, arazi kullanımı, NDVI, drenaj yoğunluğu, yükseklik, plan eğriliği, eğim, eğim uzunluğu, sediment taşıma indeksi ve topografik ıslaklık indeksi kullanılmıştır.

## 2.ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Doğu Karadeniz bölgesi Trabzon ili il sınırları içerisinde bulunan Araklı ilçesi çalışma bölgesi olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). Çalışma bölgesinin kuzeyinden Karadeniz, güney sınırında Gümüşhane ili ve doğusunda Arsin ile batısında Sürmene ilçeleri bulunmaktadır. Yaklaşık 479 km<sup>2</sup> büyüklüğünde olan çalışma alanı coğrafik olarak 39°49' ve 40°04' doğu meridyenleri ve 40°57' ve 40°31' kuzey paralelleri arasında kalmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 0m ve 2876 m yükseklik ve 0 ile 70 derece aralığında eğime sahiptir. Çalışma alanının sahip olduğu coğrafik özellikleri, jeolojik yapısı ve meteorolojik etmenler bir araya geldiklerinde heyelan olaylarına duyarlı bir coğrafya özelliği göstermektedir. Mevsimsel dönemlerde gerçekleşen ve bölgede etkili olan yoğun yağışlar, bölgenin birçok mevkiinde can ve mal kayıplarına yol açan heyelan olayları görülmesine sebep olmuştur. Yaşanan afetler birçok can kaybına ve alt/üst yapılarda hafif ve ağır hasarlara neden olmuştur.



Şekil 1. Trabzon-Araklı çalışma bölgesi görüntüsü ve heyelan dağılımı

Heyelan duyarlılık haritaları için en önemli veri kaynağı sayısal yükseklik modeli (SYM) ve bu modelden türetilen verilerdir. Çalışmada SYM kullanılarak üretilen veriler sırasıyla bakı, plan eğriliği, drenaj yoğunluğu, eğim, eğim uzunluğu, sediment taşıma indeksi ve topografik ıslaklık indeksidir. Söz konusu veri setlerinin elde edilmesinde raster hesaplamalardan faydalanılmıştır. Tablo 1'de kurumlardan temin edilen ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak üretilen faktörler verilmiştir. Ayrıca, tabloda çalışmada kullanılacak faktörlerin isimleri, temin kaynağı, üretim aşaması ve türleri hakkında bilgiler incelenmiştir.

**Tablo 6.** Çalışmada kullanılan veri kaynak ve türleri

Veri Özelliği	Veri	Veri Kaynağı	Veri Türü
Yüzejeoloji	Heyelan envanter verisi	Literatür	Poligon
	Litoloji		
Yüzeje Topografya bilgisi	Yükseklik	Sayısallaştırılmış çizgi	Raster
	Plan eğriliği		
	Drenaj yoğunluğu		
	Bakı	SYM	
	Eğim		
Eğim uzunluğu			
Yüzeje-su ilişkisi	Topografik ıslaklık indeksi	SYM	Raster
	Sediment taşıma indeksi		
Yüzeje bitki örtüsü bilgisi	NDVI	Uydu görüntüsü	Raster
Yüzeje kullanım bilgisi	Arazi kullanımı/örtüsü		

Heyelan envanter haritaları, arazideki mevcut heyelan olan alanların dağılımı, büyüklük, alansal ve benzeri topografik özelliklerini gösteren haritalardır. Heyelan olan alanların doğru olarak belirlenmesi duyarlılık haritaları üretim sürecinde çok önemlidir. Bu çalışmada heyelan envanter haritası mevcut heyelan olan alanların yanında olmayan alanlar da eklenerek düzenlenmiştir. Heyelan envanter çalışmasının tamamlanmasından sonraki aşama mevcut haritadan faydalanılarak eğitim/test ve doğrulama veri setinin üretilmesidir. Eğitim/test veri seti bu çalışma için heyelan envanter haritasında %70 eğitim ve %30 doğrulama prensibi esas alınarak düzenlenmiştir. Üretim sürecinde poligon veri formatında bulunan harita 30m çözünürlükte raster veri formatına dönüştürülmüştür. Her iki çalışma bölgesi için düzenlenen heyelan envanter verilerine ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 2.** Trabzon-Araklı heyelan envanter bilgisi

Envanter Türü	Adet (Poligon)	Piksel Sayısı	Alan			
			Toplam (km <sup>2</sup> )	Ortalama (m <sup>2</sup> )	Maksimum (m <sup>2</sup> )	Minimum (m <sup>2</sup> )
<b>Olan</b>	113	16,343	14.82	131,231	144,764	13,660
<b>Olmayan</b>	34	3,325	2.98	87,694	251,884	14,328

Trabzon-Araklı çalışma alanına ait eğitim/test verinin hazırlanmasında %70 eğitim ve %30 doğrulama verisi olacak şekilde düzenlenmiştir. Böylelikle eğitim verisinin heyelan olan alanları için toplam 11,440 ve olmayan alanları için 2,328 piksel, doğrulama verisi olarak ise toplam 4,903 olan alanlar ve 997 olmayan alanları kapsayan sayıda pikseller içerisinde rastgele seçilmiştir. Çalışmada doğrulama verisi üretiminde heyelan envanter haritasında eğitim veri setinden bağımsız olarak oluşturulmuştur.

### 3.YÖNTEM

Bu çalışmada heyelan duyarlılık haritası üretmek için kullanılan faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesinde özellik ağırlıklandırma algoritmalarından faydalanılmıştır. Ayrıca, otomatik ağırlıklandırma metodlarının yanında kullanıcı tabanlı AHS'den faydalanılarak her iki yaklaşım sonuçlarının heyelan duyarlılık haritaları doğrulukları üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. İlk işlem olarak çalışma bölgesine ait heyelan envanter haritası ve heyelana etkili faktörlere ait haritalar temin edilmiştir. İkinci işlem adımında heyelana etkili faktörler tek bir tabaka haline getirilmiştir. Üçüncü işlem adımında kullanıcı tabanlı AHS ve otomatik ağırlıklandırma metodları Bilgi Kazancı ve Ki-kare metodları ile faktörlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bir sonraki işlem adımında ise faktörler tespit edilen ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmış faktör birleştirme yöntemi ile duyarlılık haritaları üretilmiştir. Son olarak, genel doğruluk ve ROC eğrisi yardımıyla üretilen haritaların doğrulukları ve istatistiksel başarımları değerlendirilmiştir.

### 3.1.Ki-kare Özellik Seçimi

Ki-kare testi ( $\chi^2$ ) iki değişken arasındaki ilişkinin bağımlı veya bağımsız olduğunu belirlemeye yarayan ayrık veriler için kullanılan bir hipotez test yöntemidir. Ki-kare istatistiğine dayalı özellik seçimi metodu iki adımı içermektedir. Yöntemin ilk kısmında özelliklerin sınıflara göre ki-kare istatistikleri hesaplanır. İkinci kısımda serbestlik derecesi ve belirlenen önemlilik seviyesine göre ki-kaynaşımı (chi-merge) prensibi ile ki-kare değerlerine bakılarak veri seti içerisindeki tutarsız özelliklerin bulunana kadar art arda özelliklerin ayrıştırılmasıdır (Liu ve Setiono, 1995a). Ki-kaynaşımı algoritması Kerber (1992) tarafından yazılmış ve Liu ve Setiono (1995b) tarafından ise yeniden düzenlenmiştir. Veri kümesi içinde yer alan bir faktör için hesaplanan ki-kare değeri, o faktörün sınıf içerisindeki bağımlılığını ölçmektedir. Sıfır değerine sahip bir faktör o küme içinde bağımsız olduğunu gösterir. Yüksek bir ki-kare değerine sahip olan faktör, veri kümesi için daha tanımlayıcıdır. Ki-kare değerinin hesaplanmasında kullanılan genel formül aşağıda verilmiştir.

$$x^2 = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^k \frac{(A_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (1)$$

Bu eşiklikte  $k$  sınıf sayısı,  $A_{ij}$  gözlenen frekans değeri ve  $E_{ij}$  ise beklenen (teorik) frekans değeridir.

### 3.2.Bilgi Kazancı Özellik Seçimi

Bilgi kazancı algoritması temel olarak verilen setteki her bir özelliği tek tek ne kadar iyi ayrılabilirliğini bulmaktır. Belirsizlik ölçütü olarak rastlantısal değişkenlerde kullanılan entropi, Bilgi Kazancı ölçümünde de kullanılır. Bilgi entropisi veri kümesi ve özelliğin belirsizliğini ölçülmesinde faydalandır. Entropi rastgeleliği, belirsizliği ve beklenmeyen durumun ortaya çıkma olasılığını gösterme durumudur. Bilgi kazanımında özelliklerin sınıflandırmasında değer özelliği eşik değerin üstünde olanlar ayrılarak alınır ve belirli bir eşik değerinin altında kalan özellikler ise indirgeme veya elenme işlemiyle çıkarılarak özellik seçimi gerçekleştirilir. Bilgi kazanımının özellik seçiminde kullanımını Shang vd. (2013) detaylı bir şekilde incelemiştir.

### 3.3.Analitik Hiyerarşi Süreci

Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHS, heyelan duyarlılık haritaları üretiminde farklı faktörlerin katkısının hesabında karşılaştırma matrisi tabanlı çok kriterli karar verme yöntemidir. Analitik hiyerarşi yönteminde, belirsizlik koşulları altında çok sayıda alternatif birbirleri ile karşılaştırılarak seçilebilirken aynı zamanda analiz sürecinde karar vericilerin tercihlerine bağlı olarak çok kriterli karar işlemi gerçekleştirilebilir. Bu yöntemde karar vericiler, kompleks bir problemi farklı düzeylerde ve bir dizi faktörler arasında basit bir karşılaştırma ve hesaplama yapabilir (Yang ve diğ., 2015). Bu bağlamda, AHS her bir kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve bu kriterlerin göreceli önemini analiz etmek için kullanılır (Kavzoglu ve diğ., 2014).

Karar verme süreci içinde AHS kapsamında ikili karşılaştırma metodu ile gerçekleştirilir. Söz konusu metod, kriter ağırlıklarının hesaplanması, kriterlerin birbirleriyle olan görece önemliliklerinin belirlenmesine yarayan teorik bir yaklaşımdır. Yöntem içinde ağırlıklar, doğrudan atama ile değil; olası tüm kriter çiftlerinin karşılaştırılması ile öz vektörlerden üretilmiş “en uygun” ağırlık kümesinin oluşturulması ile elde edilir (Saaty, 1994). Bu çalışmada kullanıcı tabanlı ağırlıkların belirlenmesinde AHS tabanlı ikili karşılaştırma metodu kullanılmıştır.

### 3.4.Ağırlıklı Faktör Bindirme Metodu

Bu çalışmada Ki-kare, Bilgi Kazancı ve AHS yöntemleri ile elde edilen ağırlıkların, ağırlıklı faktör bindirme metodu yardımıyla Trabzon Araklı ilçesi için heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Ağırlıklı faktör bindirme yöntemi ağırlıklandırılmış faktörler ile entegre bir tematik harita oluşturmak için birçok faktörü birleştirme yeteneğine sahiptir. Çalışmada ki 11 faktöre ilişkin faktör ağırlıklarının değerlendirilmesinden sonra ağırlıklı faktör bindirme metodu ile faktörler birleştirilmiş ve tematik haritalar üretilmiştir. Çalışma alanı için heyelan duyarlılık haritaları üretiminde ArcGIS programında ki “Overlay Tool” aracından faydalanılmıştır.

## 4.UYGULAMA

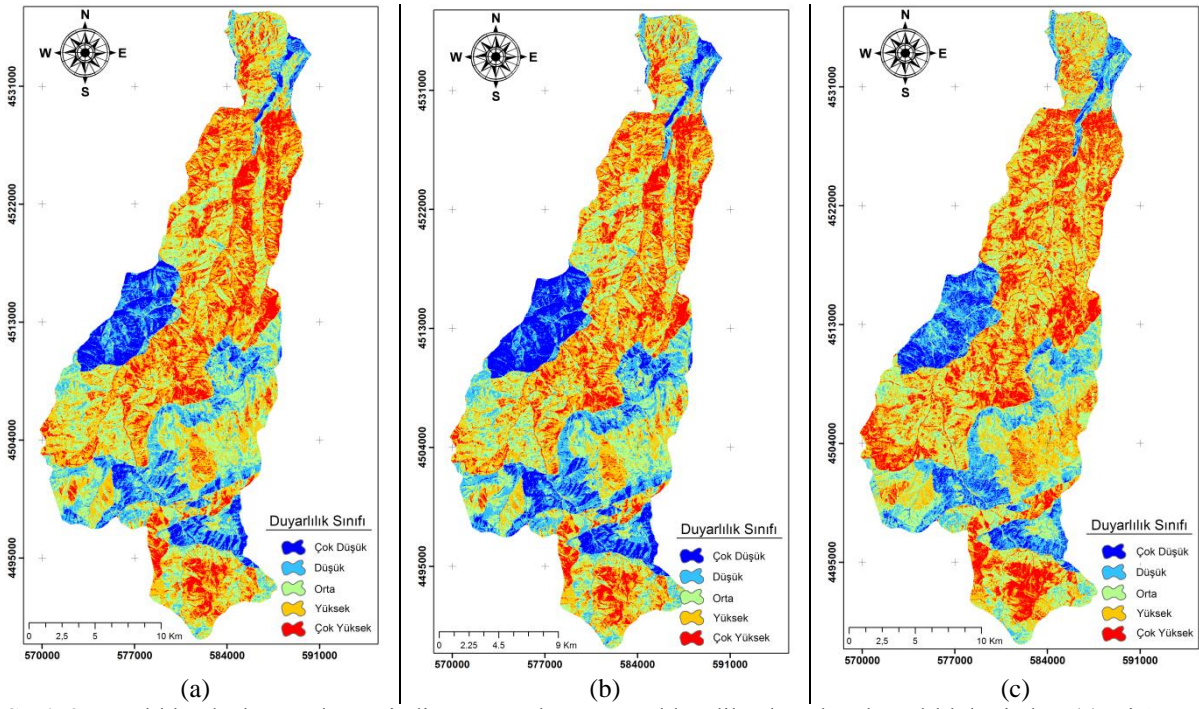
Faktör ağırlıklarının hesaplanması yaklaşımı ile heyelan duyarlılık haritaları üretiminde ağırlık belirleme tematik harita doğruluğu üzerinde önemli bir role sahiptir. Bu çalışmada faktör ağırlıklarının belirlenmesinde otomatik yaklaşımlardan Ki-kare ve Bilgi kazancı algoritmalarından faydalanılmıştır. Ayrıca literatürde sıklıkla kullanılan

kullanıcı tabanlı AHS metodu ile otomatik tabanlı algoritmaların ürettikleri ağırlıklar karşılaştırılarak harita doğrulukları incelenmiştir. Faktör ağırlıklarının tespitinde kullanılan algoritmaların ihtiyaç duydukları eğitim ve test verisi çalışma bölgesine ait heyelan olan ve heyelan olmayan alanları içeren heyelan envanter haritasından faydalanılmıştır. Eğitim ve test verisi içerinden rastgele örneklem metodu yardımıyla %70 eğitim verisi ve %30 test verisi seçilmiştir. Çalışmada dikkate alınan her bir heyelana etkili faktörün ağırlıklarının hesaplanmasında Ki-kare ve Bilgi Kazancı algoritmaları kullanılmış ve hesaplanan ağırlıklar Tablo 3’de verilmiştir. Ki-kare algoritması sonrası elde edilen ağırlıklar analiz edildiğinde litoloji, eğim ve bakı en etkin faktörler oldukları görülmüştür. Yükseklik, NDVI, TII ve AÖAK faktörleri orta seviye de duyarlı faktör grubunda ağırlıklandırılmıştır. Diğer taraftan drenaj yoğunluğu, eğim uzunluğu, STI ve plan eğriliği ise en az etkin faktör grubunda ağırlıklandırılmıştır. Bir diğer otomatik ağırlıklandırma metodu olan bilgi kazancında Ki-kare algoritmasına benzer şekilde litoloji, eğim ve bakı faktörleri en etkin ağırlıkları alırken yükseklik, NDVI, TII ve AÖAK ise orta etkinlikte ağırlık almışlardır. Son olarak drenaj yoğunluğu, eğim uzunluğu ve STI ve plan eğrilik faktörleri ise en az etkin ağırlıkları almışlardır.

**Tablo 3.** Ki-kare, Bilgi Kazancı ve AHS metodlarının faktörler için elde ettikleri ağırlıklar

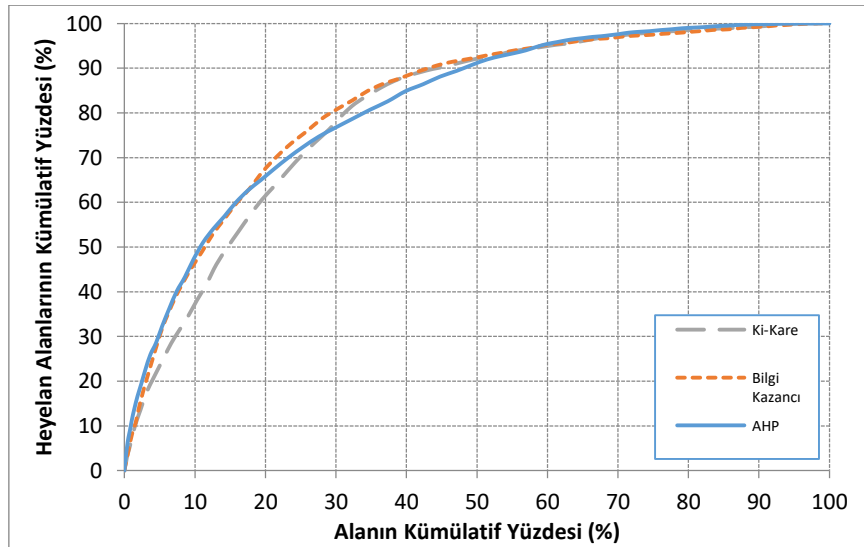
Faktörler	Ki-kare	Bilgi Kazancı	AHS
Bakı	0,2089	0,2069	0,0767
Drenaj Yoğunluğu	0,0387	0,0353	0,0287
Yükseklik	0,0590	0,0583	0,0159
AÖAK	0,0430	0,0398	0,1369
Litoloji	0,2416	0,2555	0,2477
NDVI	0,0588	0,0571	0,0759
Plan Eğriliği	0,0088	0,0074	0,0237
Eğim	0,2165	0,2253	0,2349
Eğim Uzunluğu	0,0379	0,0336	0,0398
STI	0,0357	0,0317	0,0196
TII	0,0512	0,0491	0,1002

Ki-kare ve Bilgi Kazancı algoritmalarının performansları bu çalışmada kullanıcı tabanlı AHS ile yaklaşımların performansları karşılaştırılmıştır. AHS yöntemi içerisindeki ikili karşılaştırma sonrası elde edilen ağırlıklar Tablo 3’de verilmiştir. İkili karşılaştırma ile görece ağırlıkların verildiği yöntemde en yüksek ağırlığın litoloji faktörünün sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca eğim, AÖAK, TII, bakı ve NDVI faktörlerinin de etki ağırlıkları aldıkları tespit edilmiştir. En az etkin faktörler incelendiğinde ikili karşılaştırma sonuçlarına göre eğim uzunluğu, drenaj yoğunluğu, plan eğriliği ve yüksekliğin en az etkiye sahip olan faktörlerden oldukları görülmektedir. Heyelan duyarlılık haritaları üretimi için Tablo 3’de elde edilen ağırlıklar Ağırlıklı Faktör Bindirme metoduna sokulmuştur. Elde edilen duyarlılık haritaları doğal kırıklar sınıflandırıcısı ile 5 duyarlılık sınıfına (çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük) ayrılarak tematik haritalar üretilmiştir (Şekil 3).



**Şekil 2.** Ağırlıklandırılmış Faktör Bindirme metodu sonrası elde edilen heyelan duyarlılık haritaları (a) Ki-kare, (b) Bilgi Kazancı ve (c) AHİ

Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının performanslarının incelenmesi amacıyla genel doğruluk ve başarı oranı eğrisi değerlerine bakılmıştır. Duyarlılık haritalarının genel doğrulukları sırasıyla Ki-kare, Bilgi Kazancı ve AHS yöntemleri için sırasıyla %88,40, %89,45 ve %84,41 olarak bulunmuştur. Genel doğruluk sonuçlarına göre en yüksek performansı bilgi kazancı algoritması ile edilen en düşük performansı AHS yöntemi ile elde edilmiştir. Diğer bir performans testi için başarı oranı eğrisinin %10 ve %40'lık değerlerine bakılmıştır (Şekil 3). Duyarlılık haritalarının indeks yüzdesinin %10'lık kısmında incelendiğinde sırasıyla heyelan alanlarının %38 ki-kare, %47 Bilgi Kazancı ve %47,5'lik alanın AHS ile üretilen duyarlılık haritası için elde edilmiştir. Duyarlılık haritalarının %40'lık alanın içerisinde kalan heyelan alan yüzdeleri incelendiğinde yaklaşık Ki-kare için %89, Bilgi Kazancı için %89 ve AHS içinse %85'lik bir oran elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde bilgi kazancı ve Ki-kare ağırlıklandırma algoritmaları ile üretilen haritaların hem %10'luk hem de %40 duyarlılık sınıflandırmasında performansı en yüksek olan harita olduğu tespit edilmiştir. Başarı oranı eğrisi sonuçları diğer doğruluk analizleri ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların birbirlerini doğrular nitelikte olduğu görülmüştür.



**Şekil 3.** Ağırlıklandırılmış Faktör Bindirme metodu sonrası elde edilen heyelan duyarlılık haritalarının başarı oranı eğrileri

## 5.SONUÇLAR

Bu çalışmada Trabzon Araklı ilçesinin heyelan duyarlılık haritası üretiminde faktör ağırlıklandırma algoritmalarının performansları kullanıcı tabanlı AHS metodu ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Ağırlıkları hesaplanan faktörler sırasıyla bakı, litoloji, arazi kullanımı, NDVI, drenaj yoğunluğu, yükseklik, plan eğriliği, eğim, eğim uzunluğu, sediment taşıma indeksi ve topografik ıslaklık indeksidir. Otomatik ağırlıklandırma metotları olan Ki-kare ve Bilgi Kazancı algoritmalarının işlem sonuçlarına göre çalışma bölgesi için litoloji, eğim ve bakı heyelan duyarlılığı üzerinde en etkin ağırlığa sahip olan faktörler olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan söz konusu algoritmalar eğim uzunluğu, plan eğriliği, drenaj yoğunluğu ve STİ faktörleri heyelan duyarlılığı üzerinde en az ağırlığa sahip faktörler olarak tespit edilmiştir. AHS metodunda litoloji ve eğim faktörleri kullanıcı ağırlıklandırma ve ikili karşılaştırma sonuçlarına göre en yüksek ağırlığa sahip faktörler olurken eğim uzunluğu, drenaj yoğunluğu, plan eğriliği ve yükseklik en az ağırlığa sahip faktörler olmuştur. Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının performansları analiz edildiğinde otomatik ağırlıklandırma metotları yaklaşık %4 oranda AHS metoduna oranla daha iyi genel doğruluk sonuçları vermiştir. Çalışma sonuçları özetlendiğinde benzer performans gösteren Bilgi Kazancı ve Ki-kare faktör ağırlıklandırma yaklaşımlarının bu çalışma alanı için heyelan duyarlılık haritalarının modelleme etkili sonuçlar ürettikleri tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

**Kavzoglu, T., Sahin, E.K., Colkesen, I.**, 2014. Landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression. *Landslides*, 11(3), 425-439.

**Kerber, R.**, 1992. ChiMerge: Discretization of Numeric Attributes, *Proceedings, Ninth National Conference on Artificial Intelligence*, pages 123-128.

**Liu, H., Setiono, R.**, 1995a, Chi2: Feature Selection And Discretization of Numeric Attributes, *Seventh International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Proceedings:388-391*

**Liu, H., Setiono, R.**, 1995b. Chi2: Feature Selection and Discretization Of Numeric Attributes. *Proceedings of the IEEE 7th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (TAI'95)*, 388-391, IEEE Press, Washington, DC.

**Saaty, T.L.**, 1980. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting. Resource allocation.* McGraw-Hill, New York.

**Saaty, T.L.**, 1994, *How to Make a Decision:The Analytic Hierarchy Process*, *Management Science*, November-December, 19-43.

**Shang, CX, Li, M, Feng, SZ., Jiang, QS., Fan, JP.**, 2013. Feature selection via maximizing global information gain for text classification. *Knowl-Based Syst.* 54:298-309.

**Yang, Z. H., Lan, H. X., Gao, X., Li, L. P., Meng, Y. S., Wu, Y. M.**, 2015. Urgent landslide susceptibility assessment in the 2013 Lushan earthquake-impacted area, Sichuan Province, China. *Natural Hazards*, 75(3): 2467-2487.