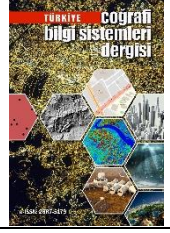




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN 2687-5179



Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Parametre Puanlama Yöntemi İle Hakkâri İli Çığ Tehlike Haritasının Oluşturulması

Sacit Mutlu^{*1}, İshak Cindioğlu², Ahmet Özkan Kul³, Azad Sağlam Selçuk¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Afet Yönetimi ve Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Van, Türkiye

²Van İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Van, Türkiye

³ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Van, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Çığ
CBS
Hakkâri
Tehlike
Puanlama

Ülkemizde meydana gelen doğa kaynaklı bir afet olan çığdan dolayı can ve mal kayıpları yaşanabilmektedir. İklimsel koşullar ve topoğrafik etmenlerden ötürü Hakkâri İlinde geçmişten günümüze birçok çığ olayı yaşanmış ve yöre halkına ciddi kayıplar yaşatmıştır. Kaydedilen çığ vakaları dikkate alındığında Hakkâri İli 52 çığ afetine maruz kalarak ülke çapında bu afeti en fazla yaşayan illerden birisidir. Afet türüne ait parametrelerin ağırlık değerlerinin literatür verilerine göre belirlenmesi ve işlenmesi tehlike boyutunun anlaşılması açısından hayati öneme sahiptir. Çığ oluşumuna neden olan eğim, yükseklik, bakı, arazi kullanımı ve eğrisellik parametreleri bu çalışmada esas alınmıştır. Arazi kullanımı CORINE-CLC-2012 verilerinden, eğim, bakı ve eğrisellik haritaları ise sayısal yükseklik modelinden elde edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada puanlama yöntemi ile 7.095 km² yüzölçümüne sahip olan Hakkâri İlinin çığ tehlikesi ortaya konulmuştur. Tehlike haritasına bakıldığında yerleşim birimlerini etkileyecek çığ patikalarının yüksek oranda olduğu görülmüştür. Bu alanlar özellikle Hakkâri İlinin güneyi ve Hakkâri İli ile Şemdinli ilçesi arasındadır. Bu anlamda gerçekleştirilen bu çalışmada gelecekte oluşması muhtemel risklerin değerlendirilebilmesi, azaltılması, önleyici tedbirlerin alınması için bir altlık oluşturması ve karar vericileri yönlendirmesi amaçlanmıştır.

Hakkari Avalanche Hazard Map Creation Using Geographic Information System (GIS) and Parameter Scoring Method

Keywords:

Avalanche
GIS
Hakkâri
Hazard
Scoring

ABSTRACT

Loss of life, injury and material losses are experienced due to avalanche, which is a natural disaster that occurs almost every year in our country. Due to climatic conditions and topographic factors, many avalanches have occurred in Hakkari from past to present and have caused serious losses to the local people. Considering the recorded avalanche cases, Hakkari province is one of the provinces that experienced 52 avalanche disasters throughout the country. Determining and processing the weight values of the parameters of the disaster type according to the work area is of vital importance in terms of understanding the danger dimension. Slope, elevation, aspect, land use and curvature parameters that cause avalanche formation were taken as basis in this study. Land use was obtained from CORINE-CLC-2012 data and slope, aspect and curvature maps were obtained from Digital Elevation Model. In this study, the Avalanche hazard of Hakkari Province, which has a surface area of 7,095 km², was revealed with the subjective scoring method. When the hazard map is examined, it is seen that there is a high rate of avalanche paths that will affect the settlements. These areas are especially in the south of Hakkari Province and between Hakkari Province and Şemdinli District. In this sense, in this study, it is aimed to evaluate possible risks that may occur in the future, to reduce them, to form a base for taking preventive measures and to guide decision makers.

Sorumlu Yazar

*sacitmutu@yyu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1632-722X
(Ishak.Cindioğlu@afad.gov.tr) ORCID ID 0000-0002-4085-9501
(kulahmetozkan@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-1854-2206
(azadsaglam@yyu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4943-3870

Kaynak Göster:

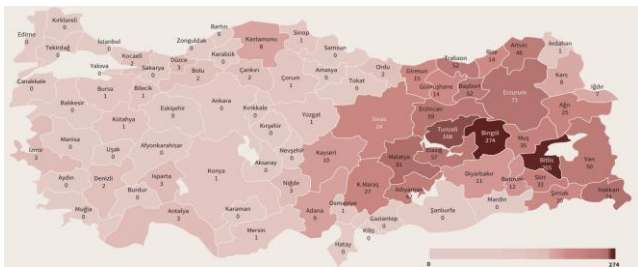
Mutlu S, Cindioğlu İ, Kul A Ö & Selçuk A S (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Parametre Puanlama Yöntemi İle Hakkâri İli Çığ Tehlike Haritasının Oluşturulması. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(2), 71-78.

1. GİRİŞ

Çığ olayları, insan yaşamına, ekonomiye, alt ve üstyapılara, bitki örtüsüne ve çevreye zarar veren doğa kaynaklı afetler arasında yer almaktadır. Eğimli ve bitki örtüsünün olmadığı ya da çok seyrek olduğu yamaçlarda hızla hareket eden bir kar kütleleri olarak tanımlanan çığ olayı özellikle afet yönetiminin tehlike ve risk değerlendirmesi açısından oldukça önemli bir doğa olayıdır (Gürer & Yavaş, 1994; Taştekin, 2003). Literatürdeki birçok çalışmada ifade edildiği gibi, çığ parametrelerine bakıldığında bölgenin meteorolojik, çevresel, topografik ve insan kaynaklı faktörleri sıralanmaktadır (Choubin vd., 2019; Kumar vd., 2019; Cetinkaya & Kocaman, 2022; Varol 2022).

Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi sistemleri gibi coğrafi bilgi teknolojilerinden yararlanarak çığ tehlike ve risk haritalarının elde edilmesi maliyet, zaman, işgücü ve analiz doğruluğu açısından günümüzde etkin olarak uygulanmaktadır. (Yılmaz, 2010; Kumar & Snehmani Srivastava, 2018, Eckerstorfer vd., 2016; Bühler vd., 2018; Cetinkaya & Kocaman, 2022; Varol 2022).

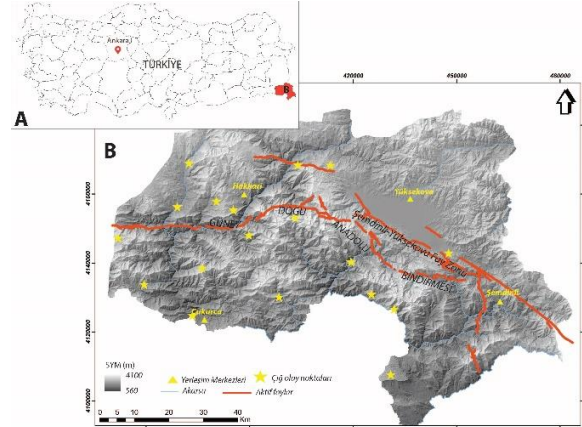
Ülkemiz geneline bakıldığında 124 yıllık verilere göre (1890-2014); oluşan çığ olayı sayısı 1997, hayatını kaybeden insan sayısı 1446 ve yaralı sayısı ise 420'dir (AFAD,2020). Meydana gelen bu çığların ülkenin doğu kesiminde daha fazla olduğu, özellikle Bitlis, Bingöl, Tunceli, Malatya ve Hakkâri illerinde meydana geldiği kayıt altına alınmıştır (AFAD, 2018) (Şekil 1).



Şekil 1. 1950-2019 yılları arasında Türkiye'de gerçekleşmiş çığ olaylarının il bazında sayıları (AFAD, 2018).

Hakkâri İli Ülkemizin güneydoğu ucunda yer almakta (Şekil 2) olup İran ve Irak ülkelerine de sınır durumundadır. Hakkâri, Güney Doğu Anadolu Bindirmesi ile şekillenen yüksek dağları (Buzul Dağı-3620 m, Karadağ-3500 m, İkiyaka dağları-3798 m) ve doğrudan atımlı bir karaktere sahip olan Şemdinli Yüksekova Fay zonunun şekillendirdiği Yüksekova Havzası'na (1845 m) sahiptir (Koçyiğit, 2005; Sançar, 2018) (Şekil 2). Jeolojik ve tektonik parametrelere bağlı olarak Yüksekova Havzası dışında geniş düzlükleri olmayan, 4000 metrelere kadar yüksekliğe sahip olan Hakkâri İli dağlık, engebeli, derin akarsu ve ırmaklara sahip olan bir bölgedir. Topoğrafik yükseklik farkı oldukça yüksek olan bölge Çığıl (Zap suyu) tarafından drene olmaktadır. Çalışma alanı karmaşık tektonik yapısı, topoğrafik yüksekliği, kar örtüsü, meteorolojik özellikler ve tetikleyici etkenler nedeniyle çığ, deprem, sel, kaya düşmesi ve heyelan afetlerini yaşamaya uygun bir konumda yer almaktadır (İlerisoy vd., 2022) (Şekil 2).

İstatistiki çalışmalara bakıldığında Hakkâri'de meydana gelen afetler içerisinde birinci sırayı alan çığ afetinin Merkez ilçe başta olmak üzere 52 adet olduğu (Tablo 1) kaydedilmiştir (AFAD,2021). Meydana gelen çığ olaylarının çoğu yerleşim birimlerine zarar vermiş ve bu yerleşim birimleri genel hayata etkili ilan edilerek nakledilmiştir (AFAD,2021).



Şekil 2. (a) Çalışma alanının konumu, (b) Hakkâri İli'nin yükseklik, fay ve çığ noktaları haritası.

Tablo 1. Hakkâri'de 1970-2021 yılları arasında meydana gelen afetlerin sayısı (İRAP, 2021)

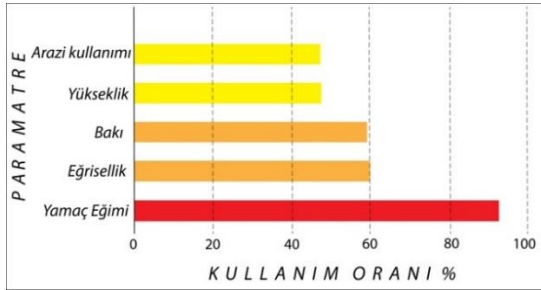
İlçe Adı	Çığ	Kaya	Heyelan	Su	Deprem
		Düşmesi			
Merkez	19	10	9	6	1
Çukurca	2	3	1	0	0
Derecik	6	0	0	0	0
Şemdinli	17	2	4	1	0
Yüksekova	8	1	2	1	1
Toplam	52	16	16	8	2

2. YÖNTEM

Çığ tehlike haritasının oluşturulması için 5 adet temel parametre kullanılmıştır. Bu çalışmada topoğrafya ilişkili olan parametrelerin üretilmesine olanak sağlayan Sayısal Yükseklik Modeli (20 m çözünürlükte) verisi USGS Yer Bilimleri Araştırma adresinden, arazi kullanımı verileri ise Corine Land Cover -CLC-2012 adresinden temin edilmiştir Eğim, eğrisellik ve baki haritaları ise SYM verilerinden üretilmiştir. Elde edilen raster ve vektör formattaki veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı yardımıyla yeniden sınıflandırılarak sadeleştirilmiştir.

Şekil 3'te yer alan ve çığ tehlikesi için farklı ağırlıkta önemi olan parametrelere Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bir değer atanmış olup, ağırlıklara göre yeniden sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan parametre puanlama sistemi literatür derlemelerine bağlı olarak oluşturulmuştur. Önceki çalışmalarda çığ oluşumu için etkin olan parametreler herhangi bir istatistiksel değerlendirme yapılmadan kullanılmıştır. İlk etapta ana parametreler önem derecesine göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmaya göre puanlama yapılmıştır (Şekil 3). Literatürde önem derecesine göre kullanılan ana parametreler içerisinde çığ oluşumunu etkileyen en önemli parametre eğimdir (Schweizer vd., 2003; Maggioni & Gruber,2003; Ghinoi & Chung,2005; NGU, 2010; Covasniuanu vd., 2011; Suk & Klimanek, 2011; Simea, 2012; Selçuk, 2013; Aydın vd., 2014;

Özşahin & Kaymaz, 2014; AFAD, 2015; Nasery & Kalkan, 2021; Varol, 2022). Dolayısıyla eğim parametresine puanlama tablosunda en yüksek değer (90) atanmıştır (AFAD, 2015). Eğrisellik ve Bakı parametreleri kullanım oranlarına göre bakıldığında ikinci sırada yer almaktadır (Moore vd., 1991; Maggioni & Gruber, 2003; Suk & Klimanek, 2011; Simea, 2012; Kumar vd., 2019; Singh vd., 2019). İkinci sırada yer alan bu parametreye en yüksek 60 değeri atanmıştır. Aydın vd. (2014), Özşahin & Kaymaz (2014) araştırmacıları tarafından hiç kullanılmayan arazi kullanımı ve yükseklik parametreleri ise önem derecesi ve kullanım oranlarına göre son sırada yer almaktadır (Ghinoi & Chung, 2005; Covasnianu vd., 2011; Simea, 2012). Arazi kullanımı ve yükseklik parametrelerine de en yüksek 45 değeri atanmıştır. Puanlama tablosunda her bir ana parametrenin alt gruplarına en yüksek 90 ve en düşük 0 değeri belirlenmiştir. Ana parametrelerin sınıflandırılması da literatür verilerine göre puanlandırılmıştır (Tablo 2.).

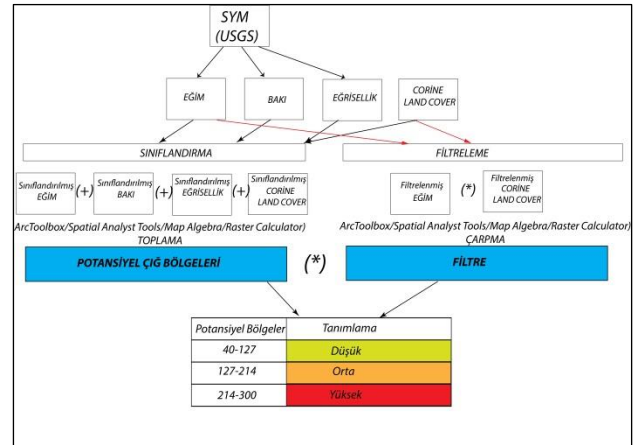


Şekil 3. Literatür çalışması temelli parametre kullanım oranlarına bağlı verilen puanlama (AFAD, 2015'ten değiştirilerek alınmıştır).

Tablo 2. Tehlike haritası için kullanılan puanlama tablosu.

Parametre	Sınıflandırma	Puan
Eğim °	0-12	0
	12-28	30
	28-45	90
	45-55	60
	55-65	30
SYM (M)	560-1500	0
	1500-2000	15
	2000-3000	30
	3000-4100	45
	Bakı °	Kuzey (0-22,5)
Kuzeydoğu		40
Doğu		20
Güneydoğu		20
Güney		20
Güneybatı		20
Batı		40
Kuzeybatı		60
Kuzey (337,5-360)		60
Arazi Kullanım	Ormanlık alan	0
	Seyrek ormanlık a.	15
	Karışık tarım a.	30
	Çıplak-kayalık a.	45
Eğrisellik	İçbükey	20
	Düz	40
	Dışbükey	60

Aşağıda yer alan yöntem alt başlıklarında sınıflamalara atanan puanların açıklamaları yer almaktadır. Her bir alt parametre atanana puana göre yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan alt parametreler bir bütün haline getirilmiş ve CBS yazılımı ile toplanmıştır. Puanlama tablosunda sıfır değeri verilen alt parametrelerinin analizde ayıklanması için filtreleme işlemi yapılmıştır. Filtreleme işleminde puanlama tablosunda sadece (0) değeri atanana eğim ve arazi örtüsü parametreleri için hesaplama yapılmıştır. Diğer parametreler filtreleme işlemine tabi tutulmamıştır. Filtreleme işlemi ve toplama işlemi ile elde edilen iki altlık harita çarpma işlemi ile çıktı haritası haline getirilmiştir. Bu işlemler sonucunda tüm puanlamaların karşılaştırması ile 40-300 aralığında bir değer elde edilmiştir. Tehlike haritasının duyarlılığını ortaya koymak adına değerler (Sınıf Aralığı=(300-40)/3=86,6) 3 sınıfa bölünmüştür (Düşük: 40-127, Orta: 127-214, Yüksek: 214-300). Bu değer sınıflamasına bağlı olarak çıktı haritası düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır (Simea, 2012; Nagarajan vd., 2014) (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışmada kullanılan yöntemin akış şeması.

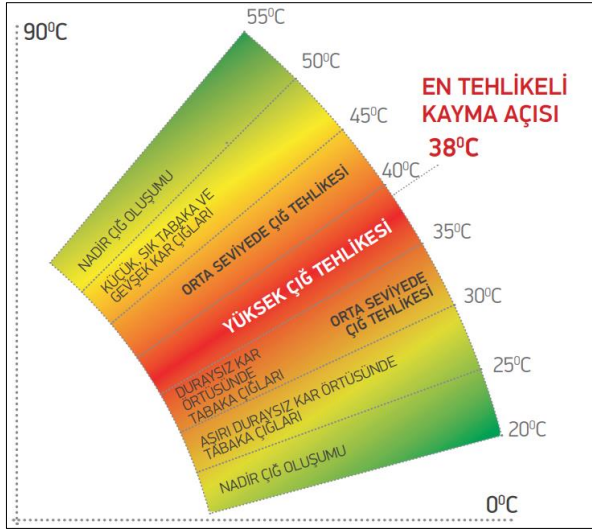
2.1. Eğim

Çiğ başlangıcı açısından duyarlı bölge, tehlike ve riskli bölgeler ile ilgili yapılan uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı çalışmaların çoğu yamaç eğimi parametresini kullanmıştır (Maggioni & Gruber, 2003; Ghinoi & Chung, 2005; NGU, 2010; Elmastaş & Özcanlı, 2011; Covasnianu vd., 2011; Suk & Klimanek, 2011; Simea, 2012; Selçuk, 2013; Aydın vd., 2014; Özşahin & Kaymaz, 2014; Nasery & Kalkan, 2021; Varol, 2022).

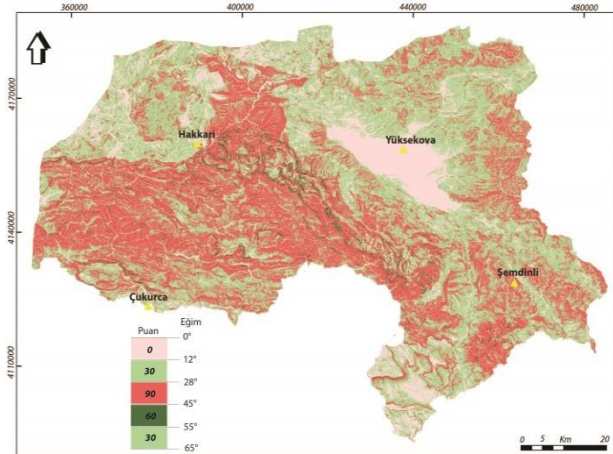
Çiğ duyarlılık haritalarının oluşturulmasında en önemli parametre olan yamaç eğimi derecesi genellikle 28 ile 60 derece arasındaki eğimler dikkate alınmıştır (LaChapelle, 1985; Butler & Walsh, 1990; Salm vd., 1990; McClung & Schaerer, 1993; Munter, 1999; Schweizer vd., 2003; Göl, 2005; Parshad vd., 2017; Singh vd., 2019; Varol, 2022). Çiğ olayının ayırt edilmesinde en önemli ayırt edici olan eğim parametresi, yer çekimi ve sürtünme arasında yer alan kesme kuvveti ile ilişkilidir (Albrecht vd., 1994; Ancey, 2009).

Bu çalışmada kullanılan eğim parametresine ait puanlama sisteminde literatürde en fazla kullanılan ve bölgeye konum olarak yakın olan çalışmalar dikkate

alınmıştır (Nasery & Kalkan, 2021; Selçuk, 2013) Çalışma alanı 0°-65° arasında eğim değerlerine sahiptir. 12° altındaki eğim değerlerine (0) puanı verilmiş ve filtreleme işlemi ile analize dahil edilmemiştir (Nasery & Kalkan, 2021). (12°-28°)- (55°-65°) arasındaki eğimlere 30 puan verilmiştir (Nasery & Kalkan, 2021). (45°-55°) arasındaki eğimlere 60 puan ve (28°-45°) arasındaki eğimlere ise en yüksek puan olan 90 verilmiştir. (Tablo 2, Şekil 5, 6), (Albrecht vd., 1994; Selçuk, 2013; AFAD, 2015).



Şekil 5. Yamaç eğimine göre çığ sıklığının dağılımı (AFAD, 2015).



Şekil 6. Eğim değerlerinin puanlama sistemi.

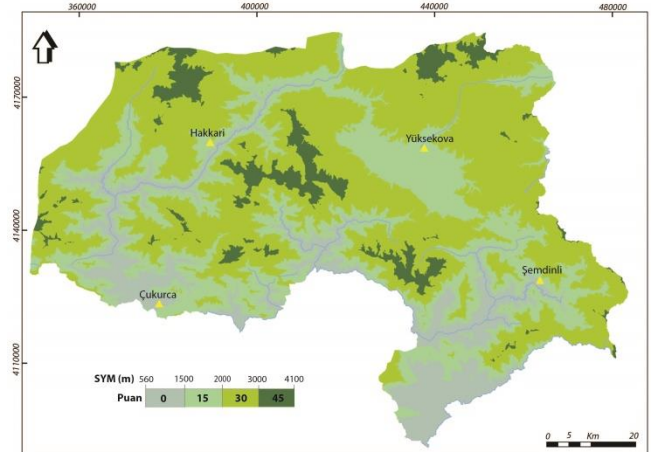
2.2. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

Yükseklik çığ oluşumunda dolaylı etkili olan parametrelerden birisidir (Kumar vd., 2017, 2018). Yükseklik artışına bağlı olarak sıcaklık, kar yağışı, kar örtüsü kalınlığı ve rüzgâr hızı da artmaktadır (Covasianu vd. 2011; Selçuk, 2013; Nagarajan vd., 2014; Nasery & Kalkan, 2021). Düşük kotlarda sıcaklık yüksek olduğu için hem kar örtüsü içerisinde zayıf zonların oluşumuna neden olan metamorfizma azalır hem de çığ oluşumunu azaltan bitki örtüsü sıklaşmakta ve boyu artmaktadır. Aksine yüksek kotlara çıkıldıkça sıcaklık azalmasına bağlı olarak bitki örtüsü seyrekleşmekte ve kar örtüsü tabakası ve kar metamorfizmasının artmasına neden olmaktadır (AFAD,

2015; Parshad vd., 2017; Kumar vd., 2019; Singh vd., 2018).

Yapılan birçok araştırma 1000 m ve altındaki rakımlarda çığ oluşumunun çok nadir olduğunu ifade etmektedir (McClung & Schaerer, 2006; Selçuk, 2013; Nasery & Kalkan, 2021; Varol, 2022). Çalışma alanının yükseklik dağılımına bakıldığında minimum yüksekliğin 560 m ve maksimum yüksekliğin ise 4100 metre olduğu görülmektedir (Şekil 7). Hakkâri İli'nde daha önce kaydedilen çığ vakalarının çoğu 2500 metre ve üzeri rakımlardadır (Şekil 2B).

Sayısal yükseklik modelinin puanlama sistemi hem literatür çalışmaları hem de Hakkâri İli çığ geçmişi dikkate alınarak yapılmıştır (Tablo 2). 3000-4100 m yüksekliğe sahip alanlar 45 puan, 2000-3000 m aralığındaki yükseklikler 30 puan, 1500-2000 aralığındaki yükseklikler 15 puan ve 1500 m rakım altındaki alanlar ise 0 puan olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 7), (LaChapelle, 1985; Butler & Walsh, 1990; Salm vd., 1990; McClung & Schaerer, 1993; Nasery & Kalkan, 2021).

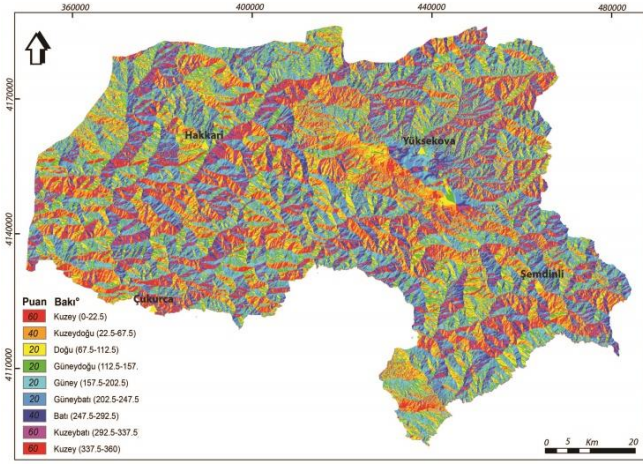


Şekil 7. Çalışma alanının ağırlıklandırılmış SYM haritası

2.3. Bakı

Çığ tehlikesine sahip alanların belirlenmesi ve değerlendirmesi açısından bakı önemli bir parametredir (Selçuk, 2013). Bakı, topoğrafya yüzeyinin maksimum eğim yönü olarak ifade edilmekte ve yamaç yönünün kuzeyle yapmış olduğu azimut cinsinden elde edilen açı olarak tanımlanmaktadır (Singh vd., 2018; AFAD, 2015).

Kar tabakasının stabilitesi bakı faktörüne göre; sıcaklık, buharlaşma, güneş ışığına maruz kalma ve su tutma özelliklerini değiştirmektedir. Avusturya ve İsviçre bölgelerinde yapılan çalışmaların istatistiklerine göre meydana gelen çığ olaylarının çoğu K, KB, KD yamaç yönelimine sahip alanlarda meydana gelmiştir (Benedikt, 2002). Dolayısıyla Kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu yamaçları yüksek puanlama ile (60) analize eklenmiştir. Fakat bakı değerleri açısından genel değerlendirme yapılacak olursa tüm değerlerde de (0° ile 359,9°) çığ oluşumu meydana gelebilir (AFAD, 2015). Bu değerlendirmelere bağlı olarak da çalışmada hiçbir bakı değerine (0) puanı atanmamıştır. Kullanılan bakı değerleri en düşük 20 puan ve en yüksek 60 puan olarak sınıflandırılmıştır (Nasery & Kalkan, 2021). (Şekil 8).

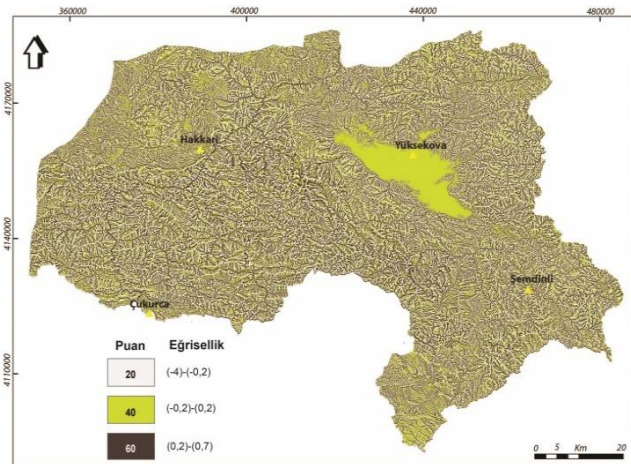


Şekil 8. Çalışmada kullanılan bakı değerlerinin puanlama haritası.

2.4. Eğrisellik

Kütle hareketlerinde önemli bir parametre olarak değerlendirilen eğrisellik, sayısal yükseklik modelinden (SYM) üretilmiştir. SYM'den üretilen bu harita düz ($-0,2-0,2$), içbükey ($<-0,2$) ve dışbükey ($0,2<$) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Maggioni & Gruber, 2003). Bu üç sınıfta da çığ oluşumu meydana gelmekte iken her bir parametrenin ağırlığının diğer parametrelere göre daha fazla olduğunu ifade eden araştırmalar da mevcuttur (Moore vd., 1991; Maggioni & Gruber, 2003; NAC, 2014; Nagarajan vd., 2014).

Çalışmada üç eğrisellik sınıfı için de puanlama yapılmış olup; en yüksek çığ potansiyeline sahip dışbükey yamaçlara yüksek puan (60) verilmiştir (NAC, 2014; AFAD, 2015). Dış bükey yamaçlardan sonra çığ oluşumu düz yamaçlarda gözlemlendiğinden ötürü bu yamaçlara ise 40 puanı verilmiştir (AFAD, 2015). Çığ oluşumu açısından en düşük yamaç türü olan iç bükey yamaçlarda 20 puan verilerek analize eklenmiştir (AFAD,2015; Nasery & Kalkan, 2021) (Şekil 9).



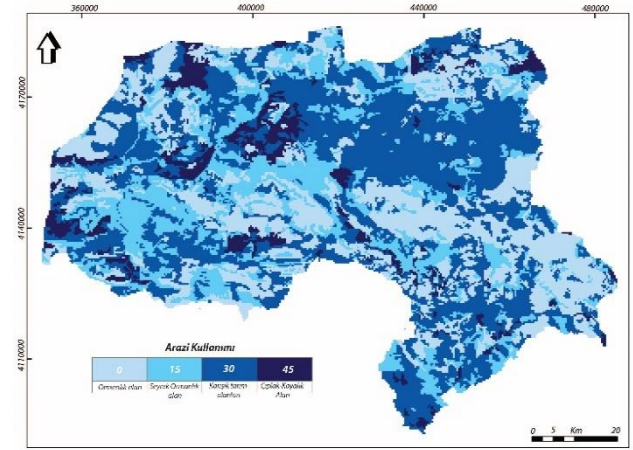
Şekil 9. Çalışma alanının eğrisellik haritası.

2.5. Arazi kullanımı

Arazi örtüsü çığ oluşumunu ve özellikle kar örtüsü ile ilgili özellikleri etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bitki örtüsü/orman çığı durdurmayabilir, fakat yoğun bitki örtüsü/orman çığın başlamasına

katkıda bulunan kar tabakası kalınlığı ve miktarını önemli ölçüde tutabilir ve en aza indirebilir (Selçuk, 2013). Risk azaltma yöntemi olarak kullanılan çığ önleme yapıları arasında ormanların etkisi büyüktür. (Ciolli vd., 1998; Mohammed vd., 2015; Kumar vd., 2017). Dolayısıyla ormanlık alanlar en düşük çığ tehlikesine sahipken, çıplak arazi en yüksek çığ tehlikesine sahiptir.

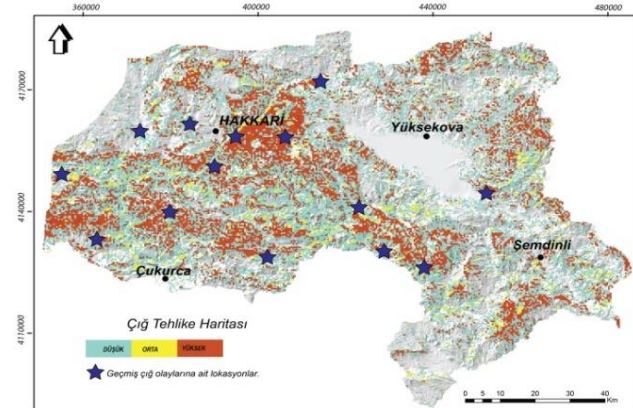
Çalışmada kullanılan arazi/bitki örtüsü verileri CORİNE (Coordination of Information on The Environment) altyapısı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler CORİNE sınıflandırma sisteminden sadeleştirilerek ormanlık alan, seyrek ormanlık alan, karışık tarım alanları ve çıplak-kayalık alan şeklinde 4 sınıfta toplanmıştır. Puanlama sisteminde (Şekil 10) ormanlık alanlara 0 puanı atanmıştır. En yüksek puan (45 puan) çıplak-kayalık alanlar olarak belirlenmiştir. Karışık tarım alanlarına 30 ve seyrek ormanlık alanlara ise 15 puan değeri verilmiştir (AFAD,2015)



Şekil 10. Arazi kullanım puanlama haritası.

3. BULGULAR

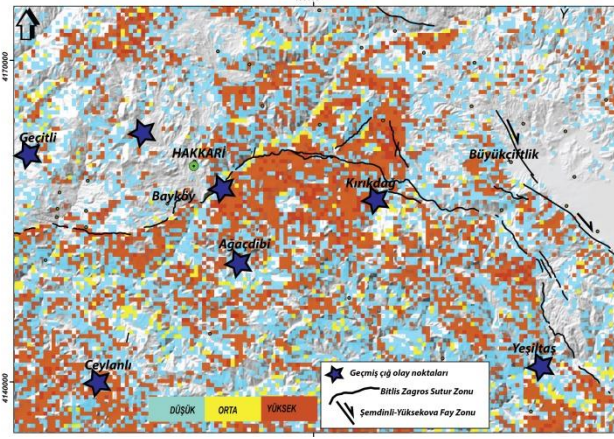
Bu çalışmada parametre puanlama yöntemi ile Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak Hakkâri İlinin çığ tehlikesi ortaya konulmuştur (Şekil 11).



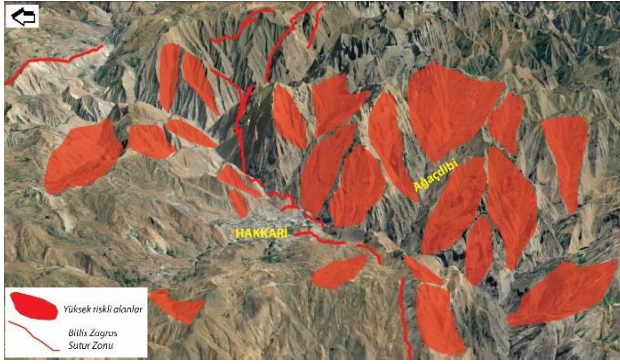
Şekil 11. Hakkâri İli çığ tehlike haritası

Çalışmada çığ tehlikesi düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 sınıfa bölünmüştür. Çığ tehlike haritasına bakıldığı zaman yüksek tehlikeye sahip alanların Hakkâri İlinin güneyinde yer alan Bayköy, Ağaçdibi, Keklikpınar ve Kırıkdağ köylerinde olduğu görülmektedir. (Şekil 12, 13). Bu bölgeler aynı zamanda

Bitlis-Zagros Bindirme Zonu ve Şemdinli-Yüksekova Fay Zonu'nun yer aldığı aktif sismik zonlardan biridir.



Şekil 12. Hakkâri güneyinde yer alan çığ tehlikesi olan alanlar.



Şekil 13. Hakkâri güneyinde yer alan çığ patikalarının Google Earth görünümü.

Sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, eğrisellik ve arazi kullanım parametrelerinin puanlama analizi ile ortaya çıkarılan çığ tehlike haritasına bakıldığında özellikle Hakkâri İli'nin kırsal kesimlerinin tehlikeli olduğu görülmektedir. Özellikle Bitlis Zagros Bindirme Zonu'nun topoğrafya üzerindeki etkisi batı kesimde daha fazla olduğundan, bu kesimdeki tehlikeli alanlar doğu kesime göre daha fazladır. Bölgede aktif birer sismik zon olan hem Bitlis Zagros Bindirme Zonu hem de Şemdinli Yüksekova Fay Zonu bölgede bulunan tehlikeli çığ patikalarını tetikleyecek dinamik unsurlardır. Hakkâri İli'nde tehlike arz eden çığ poligonları bu sismik zonlar üzerinde yer almaktadır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmada kullanılan parametre puanlama sistemi maliyet, zaman, işgücü ve analiz doğruluğu açısından avantajlı bir yöntemdir. Fakat bu çalışma da sadece topoğrafik veriler ve arazi örtüsü verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla çığ oluşumunu etkileyen meteorolojik, kar örtüsü ve çığ tetikleyicileri verileri ile de desteklenmesi gerekmektedir.

Hakkâri İli için oluşturulan çığ tehlike haritasına bakıldığında özellikle ilin güneyinde yer alan Bayköy, Ağaçdibi, Keklikpınar ve Kırıkdağ köylerinde çığ tehlikesinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 12,13). Çalışma alanında tehlike teşkil eden diğer bölgeler ise Hakkâri İli ile Şemdinli İlçeleri arasında bir doğru

şeklinde uzanan Bitlis Zagros Bindirme Zonu üzerinde bulunan Darıca, Yeşiltaş, Çevre ve Beyyurdu köyleridir (Şekil 11). Bu yerleşim birimleri aynı zamanda geçmiş yıllarda çığ olayına da maruz kalmışlardır. Hakkâri İli'nde önceki yıllarda meydana gelen çığ lokasyonları ile bu çalışma da oluşturulan tehlike haritası uyumludur. AFAD (2021) tarafından önceki yıllarda kaydedilen ve lokasyonları bilinen 14 çığ olayının tehlike haritasında 11'nin yüksek tehlikeli ve 3'ünde orta tehlikeli alanda olduğu görülmektedir (Şekil 11).

Hakkâri İli için oluşturulan çığ tehlike haritasına bakıldığında; yüksek tehlikeli bölgelerin yerleşim yerlerine yakın oldukları görülmektedir. Özellikle bu alanlara çığ oluşumuna neden olan tüm parametreleri (topoğrafik, meteorolojik, kar örtüsü özellikleri ve çığ tetikleyicileri) yansıtacak çığ istasyonlarının yapılması önemlidir.

Bu çalışmada ortaya konulan tehlikeli bölgeler afet risk yönetiminin gerçekleştirilmesinde, önlem alınmasında ve can/mal kaybının en aza indirilmesinde önemli bir çıktıdır. Bütünleşik afet yönetiminin Hakkâri merkez ve İlçelerinde uygulanabilmesi, ancak tehlike ve riski oluşturan tüm unsurların bir arada değerlendirilmesi ile gerçekleşir. Risk değerlendirmelerinin yapılarak önleyici faaliyetlerin (çığ saptırma duvarı, çığ tüneli, erken uyarı sistemi vb.) alınması önem arz etmektedir.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Çalışmanın şekillenmesine ve yayınlanmasına katkı sunan sayın hakemlere ve editörlere çok teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Çalışmaya yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar/lar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- AFAD (2015) Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması, Çığ Temel Kılavuz, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3468/xfiles/cig_temel-kilavuz-tr.pdf [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- AFAD (2018). Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri Raporu, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- AFAD (2020). Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_K

- [utuphane/KurumsalRaporlar/Afet Istatistikleri 2020 web.pdf](#): [Erişim Tarihi:02.02.2022].
- AFAD (2021). Hakkari İl Afet Risk Azaltma Planı, <https://hakkari.afad.gov.tr/kurumlar/hakkari.afad/irap-plani/Hakkari-IRAP-GUNCEL-.pdf> [Erişim Tarihi:17.08.2022],
- Albrecht V M, Jaeneke G, Sommerhoff W & Kellermann (1994). Wetter – Lawinen, In: Deutscher, Österreichischer A, herausgeber. *Alpin-Lehrplan* 9: 1–198.
- Ancey C (2009). Snow avalanches. In: Delage P, Schrefler B, editors. *Wiley & Sons*, New York.
- Aydın A, Bühler Y, Cristen M & Güner İ (2014). Avalanche Situation İn Turkey and Back Calculation of Selected Events. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1145-1154. <https://doi.org/10.5194/nhessd-2-581-2014>
- Butler D R & Walsh S J (1990). Lithologic, Structural, and Topographic Influences on Snow-Avalanche Path Location, Eastern Glacier National Park, Montana. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 80(3), 362–378. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1990.tb00302.x>
- Bühler Y, Von Rickenbach D, Stoffel A, Margreth S Stoffel L & Christen M (2018). Automated Snow Avalanche Release Area Delineation-Validation Of Existing Algorithms And Proposition Of A New Object-Based Approach For Large-Scale Hazard İndication Mapping. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 18, 3235–3251. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-3235-2018>
- Cetinkaya S & Kocaman, S. (2022). Snow Avalanche Susceptibility Mapping For Davos, Switzerland, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B3-2022, 1083–1090. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1083-2022, 2022>
- Choubin B, Borji M, Mosavi A, Sajedi-Hosseini F, Singh V, P & Shamshirband, S. (2019). Snow Avalanche Hazard Prediction Using Machine Learning Methods. *Journal of Hydrology*, 577, 123929. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.123929>
- Ciulli M., Tabarelli S, Zatelli P (1998). 3D Spatial Data Integration for Avalanche Risk Management. In: Fritsch D, Englich M, Sester M, editors. *ISPRS Commission IV Symposium on GIS - Between Visions and Applications*, pp. 121–127.
- Corine Land Cover (2022). Land Cover. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012> [Erişim: 01.09.2022].
- Covasniuanu A, Grigoraş I R, State L E, Balin D, Hogaş S & Balin I (2011). Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique And 3D Modeling. Case Study-Ceahlau National Park. *Rom. Journ. Phys.*, 3-4, 476-483. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1884082>
- Eckerstorfer M, Bühler Y, Frauenfelder R & Malnes E (2016). Remote Sensing of Snow Avalanches: Recent Advances, Potential, and Limitations. *Cold Reg. Sci. Tehnol.* 121, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.11.001>
- Elmastaş N & Özcanlı M (2011), Bitlis İlinde Çığ Afet Alanlarının Tespiti Ve Çığ Risk Analizi, *VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, 303-314.
- Ghinoi A & Chung C J (2005). STARTER: A Statistical GIS-Based Model For The Prediction Of Snow Avalanche Susceptibility Using Terrain Features: Application To Alta Val Badia, Italian Dolomites. *Gemorphology*, 66, 305-325. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.018>
- Göl C (2005). Çığ Olgusu ve Ormancılık. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 49-63.
- Gürer İ & Yavaş Ö M (1994). Anadolu'da Çığ Olayları. *Sivil Savunma Dergisi*, 36-135, 15-30 994.
- USGS (2022). United States Geological Survey <https://earthexplorer.usgs.gov/> [Erişim: 01.09.2022].
- İRAP (2021). İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP), <https://hakkari.afad.gov.tr/kurumlar/hakkari.afad/irap-plani/Hakkari-IRAP-GUNCEL-.pdf>. [Erişim Tarihi: 29.08.2022].
- İlerisoy Z, Gökşen F, Soyluk A & Takva Y (2022). Deprem Kaynaklı İkincil Afetler ve Türkiye Örnekleme. *Online journal of Art and Design*, 10(2), 138-148.
- Koçyiğit A (2005). 2005.01.25, MW 5.9 Sütlüce (Hakkari) Depreminin Kaynağı: Başkale Fay Kuşağı, GD Türkiye, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye.
- Kumar S & Snehmani Srivastava P K (2017) GIS-Based MCDA–AHP Modelling For Avalanche Susceptibility Mapping Of Nubra Valley Region, Indian Himalaya. *Geocarto International* 32(11):1254– 1267. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1206626>
- Kumar S & Snehmani Srivastava P K (2018) Geospatial Modelling And Mapping Of Snow Avalanche Susceptibility. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 46(1):109–119. <https://doi.org/10.1007/s12524-017-0672-z>
- Kumar S, Snehmani Srivastava P K & Bhatiya S (2019) Geospatial Probabilistic Modelling For Release Area Mapping Of Snow Avalanches. *Cold Reg Sci Technol* 165(June):102813. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.102813>
- LaChapelle E R (1985). The ABC of Avalanche Safety. Seattle, Washington.
- Maggioni M & Gruber U (2003). The Influence of Topographic Parameters on Avalanche release Dimension and Frequency. *Cold Regions Science and Tecknology*, 37, 407-419. [https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(03\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(03)00080-6)
- McClung D M & Schaerer P (2006). The Avalanche Handbook, 3rd edition. *The Mountaineers Books*, Seattle, WA, USA.
- Mohammed A S, Naqvi AH & Firdouse Z (2015). An Assessment And İdentification Of Avalanche Hazard Sites İn Uri Sector And Its Surroundings On Himalayan Mountain. *Springer*, 1499-1510.
- Moore I D, Grayson R B & Ladson A R (1991). Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications. *Hydrol. Process.* 5, 3–30. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- Munter W (1999). 3*3 Lawinen: Entscheiden in kritischen Situationen. Agentur Pohl and Schellhamer, *Garmisch-Partenkirchen*. ISBN 3-00-002060-8.

- NAC (National Avalanche Center), (2014). Snow, Weather, and Avalanches: Observational Guidelines for Avalanche Programs in the United States, [http:// www.fsavalanche.org/](http://www.fsavalanche.org/) [Erişim tarihi: 16.10.2014].
- Nagarajan R, Venkataraman G & Snehamani H (2014). Rule Based Classification of Potential Snow Avalanche Areas. *Natural Resources and Conservation*, 2, 11-24. <https://doi.org/10.13189/nrc.2014.020201>
- Nasery S & Kalkan K (2021). Snow Avalanche Risk Mapping Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis: The Case Of Van, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(9), 782. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07112-4>
- NGU (Geological Survey of Norway) (2010). Method For The Susceptibility Mapping Of Snow Avalanches in Norway. Technical Report, 14 p.
- Özşahin E & Kaymaz Ç K (2014). Avalanche Susceptibility and Risk Analysis of Eastern Anatolian Region Using GIS. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 120, 663-672. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.147>
- Parshad R, Srivastava P K, Snehamani S G, Kumar S & Ganju A (2017) Snow Avalanche Susceptibility Mapping Using Remote Sensing And GIS İn Nubra-Shyok Basin, Himalaya, India. *Indian J Sci Technol* 10(31), 1–12. <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i31/105647>
- Salm B, Burkard A & Gubler H U (1990). Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung fuer den Praktiker mit Beispielen. Mitteilungen des Eidgeno'ssischen Institutes fur Schnee- und Lawinenforschung 47. Eidgeno'ssischen Institutes fur Schneeund Lawinenforschung - Davos.
- Sançar T (2018). Yüksekova Havzası'nın (Güneydoğu Türkiye) Yükselim Hızı Tarihçesi'nin Araştırılması. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 61(2), 207-240. <https://doi.org/10.25288/tjb.439182>
- Schweizer J, Bruce Jamieson J & Schneebeil M (2003). Snow Avalanche Formation. *Reviews of Geophysics*, 41(4). <https://doi.org/10.1029/2002RG000123>
- Selçuk L (2013). An Avalanche Hazard Model for Bitlis Province, Turkey, Using GIS Based Multicriteria Decision Analysis. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 523-535. <https://doi.org/10.3906/vet-1303-36>
- Simea I (2012). The Avalanches from Rodnei Mountains. *PhD Thesis*, Babeş-Bolyai University, Faculty of Geography, 30p.
- Singh D K, Mishra V D, Gusain H S, Gupta N & Singh AK (2019) Geospatial Modeling for Automated Demarcation of Snow Avalanche Hazard Areas Using Landsat-8 Satellite Images and in Situ Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 47(3):513–526. <https://doi.org/10.1007/s12524-018-00936-w>
- Singh V, Thakur P K, Garg V & Aggarwal S P (2018). Assessment of Snow Avalanche Susceptibility of Road Network-A Case Study of Alaknanda Basin. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, Dehradun*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-461-2018>.
- Suk P & Klimanek M (2011). Creation of the Snow Avalanche Susceptibility Map of the Krkonose Mountains Using GIS. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 28, 237-246. <https://doi.org/10.11118/actaun201159050237>
- Taştekin A T (2003). Meteoroloji ve Çığ. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/meteorolojivecig.pdf> [Erişim Tarihi:17.08.2022].
- Varol N (2022). Avalanche Susceptibility Mapping With The Use Of Frequency Ratio, Fuzzy and Classical Analytical Hierarchy Process For Uzungol Area, Turkey. *Cold Reg. Sci. Technol.* 194, 103439. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2021.103439>
- Yılmaz I (2010). Comparison of Landslide Susceptibility Mapping Methodologies for Koyulhisar, Turkey: Conditional Probability, Logistic Regression, Artificial Neural Networks, and Support Vector Machine. *Environmental Earth Sciences*, 61(4), 821-831. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0394-9>



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>