

Davraz Kayak Merkezi (Isparta-Türkiye) Çığ Tehlike Gösterim Haritasının Oluşturulması

Avalanche Hazard Indication Mapping in Davraz Ski Center (Isparta-Turkey)

Haluk ERSAN¹, Abdurrahim AYDIN², Remzi EKER²

Özet

Bu çalışmada Davraz Kayak Merkezi (Isparta-Türkiye) için çığ tehlike gösterim haritası üretilmiştir. CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretimi işlemi 3 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) iki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi ve 3) çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi. Potansiyel çığ başlama bölgeleri topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak otomatik şekilde belirlenmiştir. Belirlenen çığ kopma bölgelerinden meydana gelebilecek çığ olaylarının akma sınırlarının belirlenmesi için ELBA+ iki boyutlu çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. İki çığ simülasyon sonuçlarından otomatik olarak çığ tehlike gösterim haritası üretmek için LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA+) isimli algoritma kullanılmıştır. Çalışma alanında 539 tane başlama bölgesi belirlenmiştir. Potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 555,1 ha (toplam alanın %10,2'si), çığ tehlikesi altında bulunan toplam alan ise 1560,9 ha (toplam alanın %28,6'sı) bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çığ tehlike gösterim haritası, CBS, Davraz, ELBA+.

Abstract

In this study, an avalanche hazard indication map was produced for Davraz Ski Center (Isparta-Turkey). The GIS based avalanche hazard indication map generation process is divided into 3 basic stages: 1) determination of potential release zones, 2) determination of avalanche flowing borders with two-dimensional avalanche simulations, and 3) generation of an avalanche hazard indication map. Potential avalanche release zones are automatically determined based on GIS using topographic parameters. ELBA+ two-dimensional avalanche simulation software was used to determine the flow borders of the avalanche that may release from determined potential release zones. The algorithm, called LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA +), was used to automatically generate an avalanche hazard indication map from the results of two avalanche simulations. In the study area, 539 start zones were identified. The total area of potential release zones was 555.1 ha (10,2% of total area) while a total area under the avalanche hazard was 1560.9 ha (28.6% of the total area).

Keywords: Avalanche hazard indication map, GIS, Davraz, ELBA+.

Received: 02 February 2017, Revised: 22 March 2017, Accepted: 29 June 2017

*Bu makale Haluk Ersan'ın Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapmış olduğu Yüksek Lisans Tez çalışmasından hazırlanmıştır.

Address: ¹Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konuralp Yerleşkesi, 81620, Düzce
E-mail: hersan@ormansu.gov.tr

² Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi, 81620, Düzce

1. Giriş

Çığlar, kar kaplı dağlık alanlarda meydana gelen yerel dinamik olaylardır. Mevcut kar örtüsünün yapısı, yerel topoğrafya ve iklimik faktörler arası etkileşimler sonucu oluşurlar (Hebertson ve Jenkins, 2003). Global ölçekte dağlık alanlarda her yıl on binlerce çığ olayının meydana geldiği söylenebilir. Bunların büyük bir bölümü, dağlık alanların yerleşim ve alt yapı tesislerine uzak bölgelerinde insanoğluna herhangi bir zarar vermeden meydana gelirler. Ancak son yıllarda yerleşim yerleri ve insan aktiviteleri gittikçe artarak dağlık alanlara yayılmıştır. Yerleşim yerleri insan faaliyetleri, madencilik, dağ rekreasyon aktiviteleri, iletişim ve ulaşım hatları, dağ evleri artış göstererek çığ alanlarına kadar uzanmışlardır. Çığ kaynaklı meydana gelen kaza sayıları ve ölüm rakamları ile ilgili istatistikler incelendiğinde özellikle Orta Avrupa, Japonya ve Amerika’da 1960’lı yıllardan sonra dağlık alanlarda rekreasyon aktivitelerinde bulunanların bunların içinde de kayakçıların önemli bir oran oluşturduğu görülmektedir (Kristensen, 1998; Ikeda ve ark., 2000; Irwin ve Owens, 2004). Kayak tesislerindeki pistlerde çığlardan kaynaklı meydana gelen ölümlerle ilgili tekil bazı bilgilere literatürde ulaşılmakla birlikte (Anonim, 1990) genel bir istatistiki bilgiye ulaşılamamıştır. Bununla beraber hizmet binaları, konaklama alanları, pistlerdeki teleferik hatları gibi altyapı tesislerinin güvenli yerlere inşa edilmesi hususu önemlidir. Nitekim Türkiye’deki bazı kayak tesislerinde doğrudan tesislerin üzerine çığ düşmesi olaylarına en güncel örnek 20 Ocak 2013 tarihinde İzmir-Bozdağ kayak merkezine ve 08.01.2011 tarihinde Isparta-Davraz kayak tesislerindeki teleferik hattına düşen çığ olaylarıdır.

Çığlara karşı etkin bir korumadan bahsetmek için çığların meydana geldiği/gelebileceği yerlerin belirlenmesi ve haritalandırılması temel bir iş adımıdır. Nitekim bundan dolayı çığ olaylarının sıklıkla yaşandığı ülkelerde (İsviçre, Fransa, İtalya gibi Alp ülkeleri) çığların meydana geldiği yerleri belli eden değişik detay bilgi içeren farklı ölçeklerde haritalar 1960’lı yılların başından beri bilimsel esaslara göre üretilmektedir. Üretilen haritalar genellikle daha önceden meydana gelen çığ kayıtlarından, arazi ve vejetasyon örtüsü incelemeleri sonucu çığların bıraktığı izlerden (sessiz şahitler) ve son 20-30 yıl ise daha ziyade çığların meydana gelebileceği yerlerin morfolojik analizlerine dayalı CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımları yardımıyla belirlenip haritalara işlendiği “Çığ Tehlike Gösterim Haritası” tekerrür aralığı ve etki basıncının bir fonksiyonu olarak çoğunlukla model sonuçları ve detaylı arazi çalışmalarına dayalı çığların ulaşabileceği yerlerin belirlenip tehlike bölgelemesinin yapıldığı “Çığ Bölgeleme Haritası” ile Çığ

Bölgeleme Haritasına dayalı beşeri unsurların da zarar görebilirlik derecesini gösteren Çığ Risk Haritası olarak bilinen haritalardır (De Crecy, 1980; Aydın, 2013; Rudolf-Miklau ve ark., 2014).

Çığ tehlike gösterim haritaları çığların nerelerde meydana gelebileceğini göstermek için hazırlanan ve ana amacı tehlikeli olabilecek bölgelere dikkat çekmek olan haritalardır (De Crecy, 1980; Aydın, 2013; Rudolf-Miklau ve ark., 2014). Bu haritaların ana işlevi içerisinde tehlikenin boyutlarını belirlemek bulunmamaktadır. Bununla birlikte Çığ Tehlike Bölgeleme Plan veya Haritalarının bulunmaması durumunda çoğu zaman çığlar hakkında bilgi edinilebilecek yegâne kaynaktırlar. İsviçre’de çığ tehlike gösterim haritaları genellikle büyük alanlar için hazırlanmaktadır (ölçek 1:10000-1:50000). Avusturya’da bu anlamda bir çığ tehlike gösterim haritası olmamakla beraber geniş alanlarda tehlikeli bölgeleri gösteren genel bakış (overview) haritaları bulunmaktadır. Bu haritalar da aynı şekilde tehlike bölgeleme çalışmalarında kullanılmakta ve küçük ölçektedirler (ölçek 1:10000-1: 50000) (Rudolf-Miklau ve ark., 2014; Hübl ve ark., 2007). İtalya’da çığ tehlikesi bulunan bölgelerde çığ tehlike haritaları (CLPV: La carta locallizzazione delle valanghe) 1:25000 ölçeğinde hazırlanmaktadır. Ayrıca meydana gelen çığlar 1:10 000 ölçeğinde kayıt edilmektedir (Hübl ve ark., 2007; Aydın, 2013). Özellikle İtalya’nın Güney Tirol bölgesinde bu haritalar 1980’li yıllardan beri hazırlanmaktadır. Fransa’da ise hava fotoğraflarının yorumlanması ve arazi çalışmalarının kombine edilmesiyle çığ tehlike gösterim haritaları (CLPA: Carte des Localization Probable des Avalanches) yıllık olarak meydana gelen çığların eklenmesiyle de güncellenmekte ve 1:25000 ölçekte hazırlanmaktadır (De Crecy, 1980). Bununla birlikte Norveç’te 1979 yılından itibaren 1:50000 ölçekli, ABD ve Kanada’da 1:24000 ölçekli Japonya’da 1:25000 ölçekli çığ tehlike haritaları üretilmekte ve bölgeleme çalışmaları ile diğer altyapı planlama çalışmalarına altlık olarak kullanılmaktadır (Aydın, 2013; Rudolf-Miklau ve ark., 2014; Hübl ve ark., 2007).

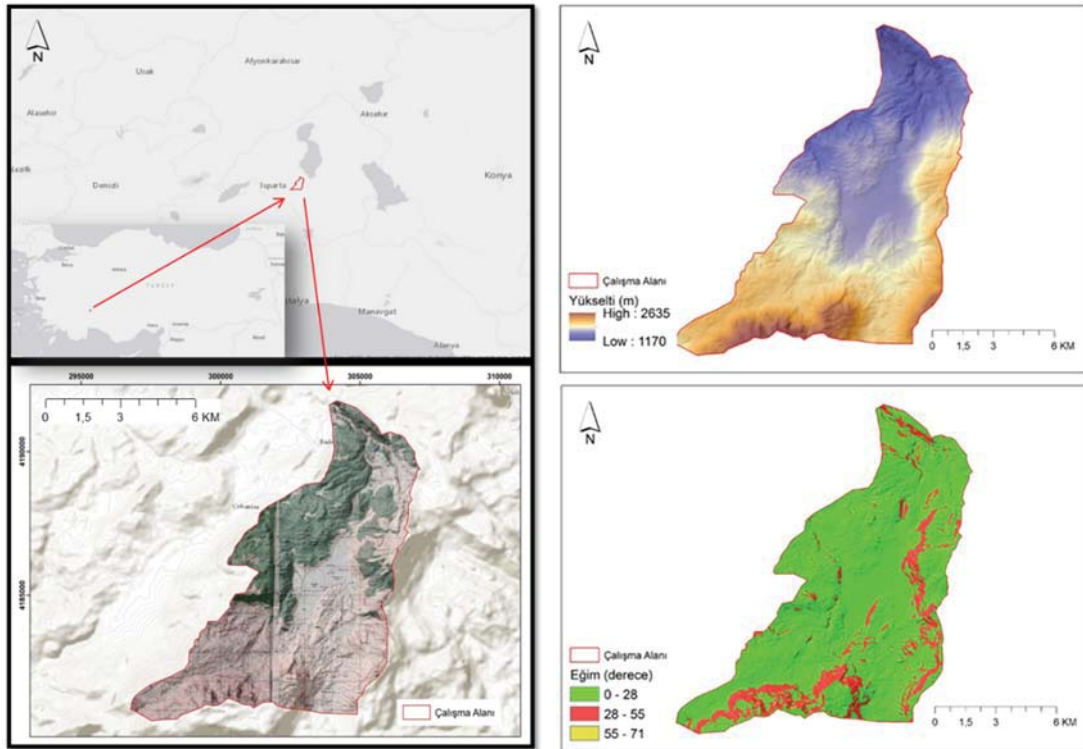
Bu çalışmada Davraz Kayak Merkezi (Isparta-Türkiye) için çığ tehlike gösterim haritası üretilmesi amaçlanmıştır. CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretimi işlemi 3 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) iki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi ve 3) çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi. Potansiyel çığ başlama bölgeleri topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak otomatik şekilde belirlenmiştir. Belirlenen çığ başlama bölgelerinden meydana gelebilecek çığ olaylarının akma sınırları yani tehlike sınırlarının belirlenmesi için ELBA+ iki boyutlu çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. ELBA+ iki çığ

simülasyon yazılımı sonuçlarından otomatik olarak çığ tehlike gösterim haritası üretmek için LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA+) isimli algoritma kullanılmıştır.

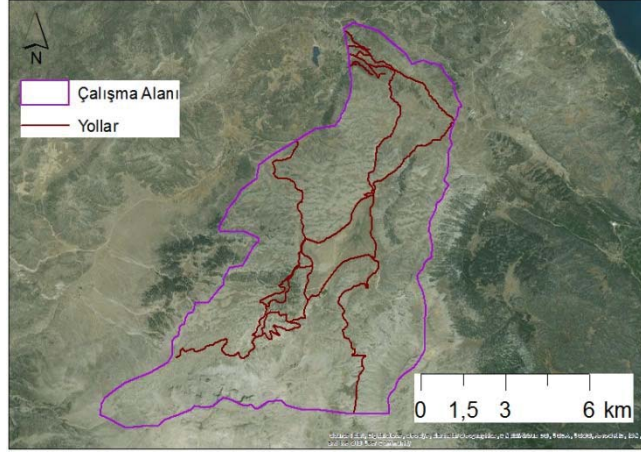
2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı olan Davraz Kayak Merkezini içerisine alan havza, Akdeniz Bölgesi'nde Isparta il sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı UTM European Datum Zone 36 Koordinat sisteminde, 296775D-4191776K ve 307148D-4180635K koordinatları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı 5462,9 ha büyüklüğündedir. Davraz Dağı, Akdeniz Bölgesi'nin Göller yöresinde, Eğirdir ve Kovada Gölleri arasında yükselen bir dağ kütesidir. Batı Toros Dağları, Teke Yarımadası'nda kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda birbirine paralel birkaç sıra halinde uzanmaktadır. Davraz Dağı bu sıra dağların orta bölümünde yer almaktadır (Ceylan, 2009). Çalışma alanının yükseltisi 1170 m ile 2635 m arasında değişmektedir (Şekil 1). Çalışma alanının ortalama yükseltisi ise 1821 m'dir. Çalışma alanı eğim açısından çığların meydana geldiği eğim değerlerine göre değerlendirildiğinde, alanın %15,6'sı 28° ile 55° eğim alanlarında yer alırken, %84,3'u 28° eğimlerin altında, geriye kalanı ise 55° eğimlerin üstünde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı ulaşım yolları bakımından değerlendirildiğinde alan sınırları içerisinde kalan yolların toplam uzunluğu 51,1 km'dir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası (solda) ve yükseklik ve eğim haritaları (sağda)

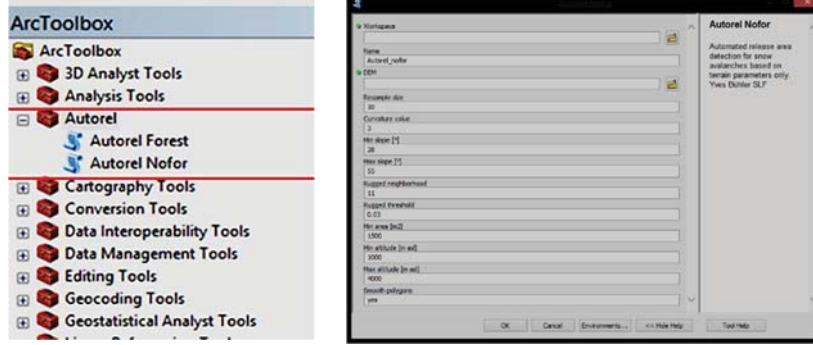


Şekil 2. Çalışma alanı yol haritası

2.2. Çığ Tehlike Gösterim Haritası Üretimi

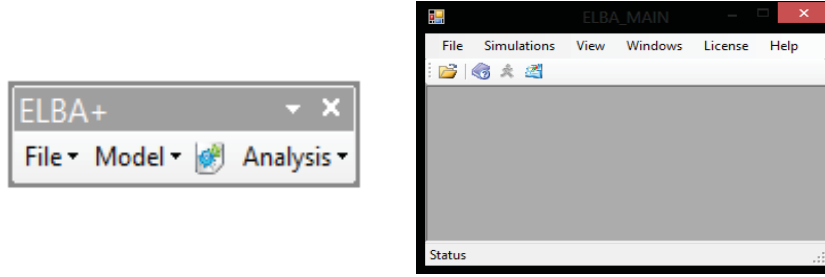
CBS tabanlı çığ tehlike gösterim haritası üretimi işlemi 3 temel aşamaya ayrılmaktadır: 1) potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi, 2) iki boyutlu çığ simülasyonları ile çığ akma sınırlarının belirlenmesi ve 3) çığ tehlike gösterim haritalarının üretilmesi. Potansiyel çığ başlama bölgeleri topoğrafik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak otomatik şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla (Bühler ve ark., 2013) tarafından geliştirilen “Autorel” isimli algoritma kullanılmıştır. Algoritma ArcGIS 10.1 yazılımı altında ArcMap araç-kutusu olarak tasarlanmıştır (Şekil 3). Autorel temelde iki farklı kod içermektedir. Autorel Nofor olarak isimlendirilen birinci algoritma ormanlık alanları dikkate almadan potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Autorel Forest olarak adlandırılan ikinci algoritma ise ormanlık alanları dikkate alarak potansiyel başlama bölgelerini belirlemektedir. Algoritmanın temel girdisi Sayısal Arazi Modeli (SAM) verisidir. Algoritma potansiyel başlama bölgelerini ormanlık alanı dikkate alarak veya almadan belirlemektedir. Bu çalışmada havza içerisinde çığ başlamasına engel olabilecek özellikte orman alanı olmadığından ormanlık alanı dikkate almayan algoritma kullanılmıştır. Algoritma gerekli topoğrafik parametreleri temel girdisi olan SAM verisinden türetmektedir. Çalışmada girdi olarak kullanılan SAM verisi 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik haritadan üretilmiştir. Algoritma ile potansiyel çığ başlama bölgeleri vektör veri olarak üretilmektedir. Ancak SAM verisinden türetilen parametreler raster veri olduğundan piksel boyutu (resample size) ayarlanabilmektedir. Çalışmada piksel boyutu 10 m olarak seçilmiştir. Eğrimsellik değeri (curvature value) 3, eğim değerleri 28° ile 55° arasında, pürüzlülük eşiği (rugged threshold) 0,03, pürüzlülük komşuluk (rugged neighborhood) değeri 11 olarak seçilmiştir. Yükseklik değerleri 1000 m ile 4000 m arasında seçilmiş ve potansiyel çığ başlama bölgelerinin alanı minimum 1500 m² olarak tanımlanmıştır. Algoritma ile üretilen

başlama bölgelerinin ham olarak kullanılmaması ancak bir uzman denetiminden geçtikten ve gerektiğinde düzeltmeler yapıldıktan sonra potansiyel başlama bölgesi olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada da vektör tabanlı veri daha sonra revize edilerek potansiyel çığ başlama bölgeleri gerçeğe uygun olarak elde edilmiştir.



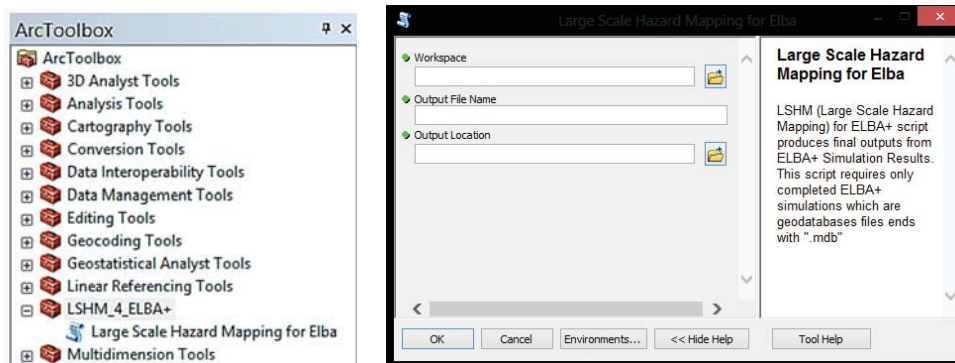
Şekil 3. ArcMap Araç Kutusu (solda) ve Autorel Nofor ara yüz görüntüsü (sağda)

Potansiyel başlama bölgeleri belirlendikten sonra bu kopma bölgelerinden meydana gelebilecek çığ olaylarının akma sınırları yani tehlike sınırlarının belirlenmesi için iki boyutlu çığ simülasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda ELBA+ iki boyutlu dinamik çığ simülasyon yazılımı kullanılmıştır. ELBA+ (Energy Line Based Avalance) yazılımı Avusturya Bodenkultur Üniversitesi'nde Voellmy modelini esas alarak geliştirilmiş ve Avusturya genelinde detaylı kayıt edilen 147 çığ olayının analizi ile parametreleri kalibre edilerek kullanıma sunulmuş bir yazılımdır. Yazılımın iki ana modülü bulunmaktadır (Şekil 4): I) ELBA+ ArcGIS eklentisi ve II) ELBA+ Simülasyon Modülü. ELBA+ yazılımı ile gerçekleştirilen simülasyonlarda başlama bölgesi (m^2), başlama bölgesinde kar derinliği (m), başlama bölgesinde kar yoğunluğu (kg/m^3), katkı ve direnç bölgeleri (opsiyonel), sürtünme parametreleri (yer sürtünme, Coulomb, μ ve iç sürtünme, Türbülans, ξ) ve SAM'dır. Burada yine 1/25000 ölçekli topoğrafik haritadan üretilmiş SAM verisi kullanılmıştır. Başlama bölgeleri daha önce belirtildiği gibi potansiyel başlama bölgelerini belirleme algoritmasının çıktısı olan vektör format (ki burada ELBA+ yazılımında kullanılabilmek için "shapefile" formattan "Personel Geodatabase" formatına aktarılmaktadır) olarak yazılımda kullanılmıştır. Simülasyon için gerekli bahsedilen diğer parametreler (kar derinliği ve sürtünme parametreleri vs.) yazılımın önceden tanımlı (default) değerleri değiştirilmeden kullanılmıştır. Buna göre başlama bölgesi için kar derinliği 1.5 m, yer sürtünme parametresi başlama bölgesi için 0.25, akma bölgesi için 0.155 ve durma bölgesi için 0.25 olup iç sürtünme parametreleri simülasyon esnasında dinamik olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4. ELBA+ ArcGIS eklentisi (solda) ve ELBA+ Simülasyon Modülü görüntüsü (sağda)

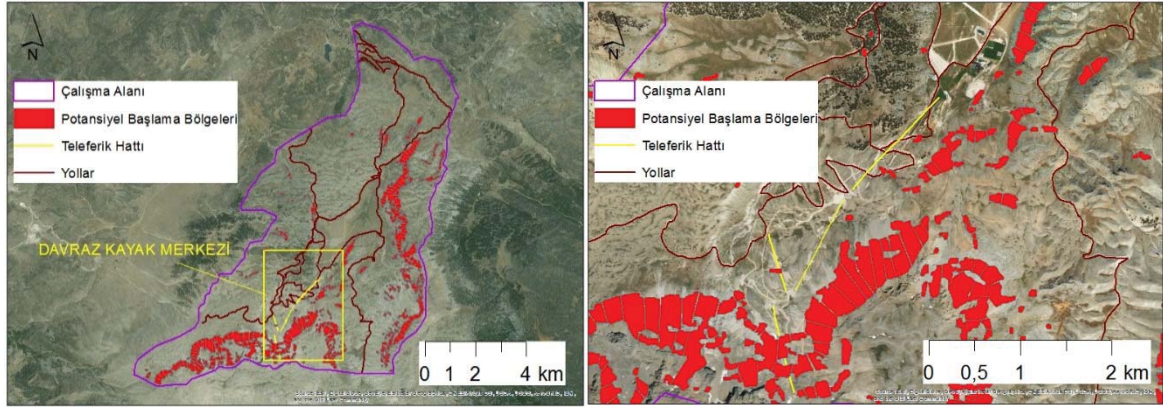
Çığ akış sınırlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan iki boyutlu çığ dinamik simülasyon yazılımı ELBA+'ın çıktıları, yazılım ile gerçekleştirilecek simülasyon için gerekli tablo ve vektör (feature) verilerin saklandığı ArcGIS veri seti (dataset) içerisinde tablo olarak saklanmaktadır. Çığ tehlike gösterim haritasının üretilebilmesi için, ELBA+ yazılım tarafından üretilen bu çıktıların görselleştirilmesi gerekmektedir. Yazılımın kendi bünyesinde bulunan sonuçların görselleştirilmesi işlemi her bir simülasyon için ayrı ayrı yapılabilmektedir. Bu ise çok sayıda başlama bölgesi dikkate alındığında oldukça zaman kaybına sebep olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için geliştirilen LSHM4ELBA+ algoritması ile çığ tehlike gösterim haritası üretimi gerçekleştirilmiştir. LSHM4ELBA+ (Large Scale Hazard Mapping for ELBA+) isimli algoritma, ELBA+ iki çığ simülasyon yazılımı sonuçlarından otomatik olarak çığ tehlike gösterim haritası üretmektedir. LSHM4ELBA+, Python programlama dili kullanılarak ArcGIS 10.1 yazılımında çalışan araç kutusu (toolbox) olarak tasarlanmıştır (Şekil 5). LSHM4ELBA+ araç kutusu altında bulunan kodlar (scripts) çalıştırılarak uygulama gerçekleştirilmektedir. LSHM4ELBA+ algoritmasının girdisi ELBA+ yazılımının çıktılarıdır. LSHM4ELBA+ algoritmasının çıktısı ise “shapefile” formatında vektör veridir. Bu vektör veri çığ tehlike sınırlarını göstermektedir (Eker ve Aydın, 2016).



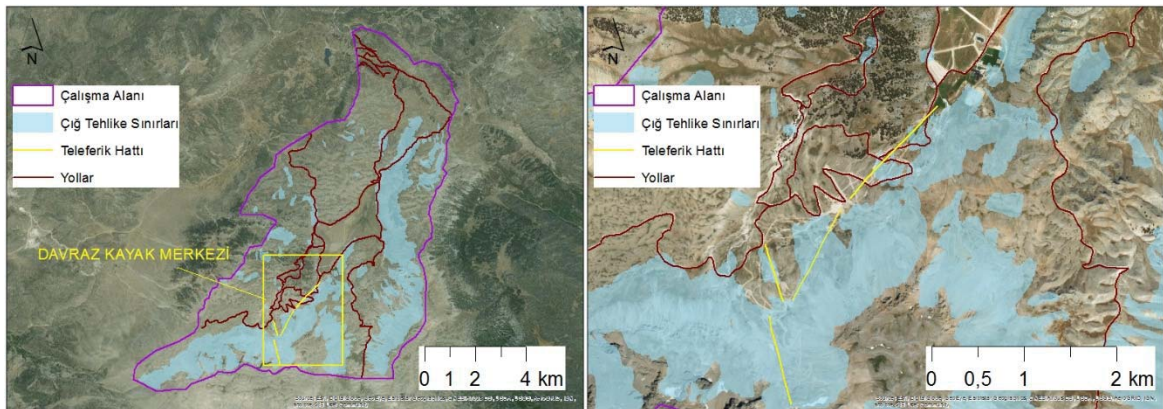
Şekil 5. LSHM4ELBA+ ArcMap araç kutusu (solda) ve kullanıcı ara yüzü (sağda)

3. Bulgular

Çalışmada potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan “Autorel” algoritmasının çıktısı Şekil 6’da verilmektedir. Buna göre çalışma alanında 539 tane başlama bölgesi belirlenmiştir. Potansiyel başlama bölgelerinin alanları 521,5 m² ile 114101,0 m² arasında değişmekte olup potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 555,1 ha (yani çalışma alanının %10,2’si)’dir. Potansiyel başlama bölgeleri belirlendikten sonra daha önce de belirtildiği gibi bu alanlardan kopabilecek çığların tehlike sınırlarının belirlenmesi amacıyla iki boyutlu dinamik çığ simülasyonları yapılmış ve LSHM4ELBA+ isimli algoritma ile tehlike gösterim haritaları üretilmiştir. Bu işlemlerin ardından elde edilen çığ tehlike sınırları Şekil 7’de gösterilmektedir. Buna göre 539 adet potansiyel başlama bölgesinden kopabilecek çığların tehlike sınırları toplamda 1560,9 ha olup toplam alanın %28,6’sına karşılık gelmektedir.



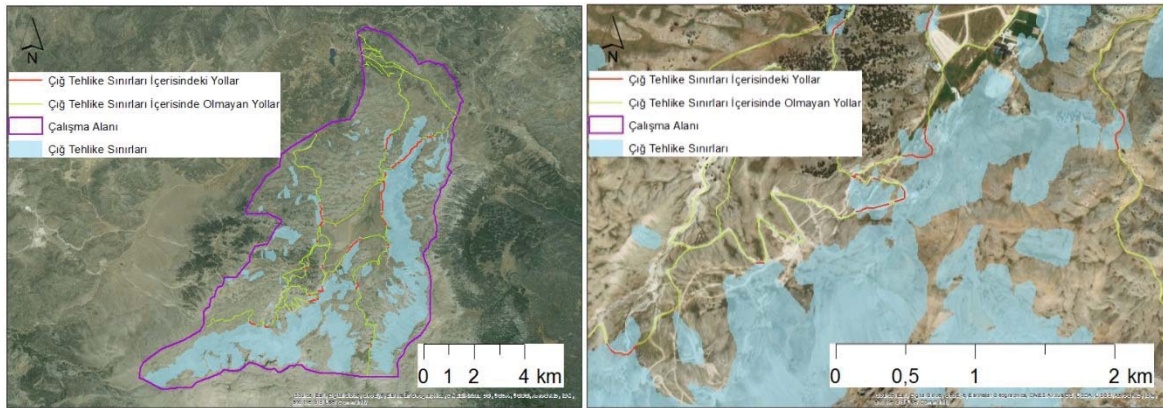
Şekil 6. Potansiyel başlama bölgeleri (solda) ve yakın görüntü (Davraz Kayak Tesisi üzeri) (sağda).



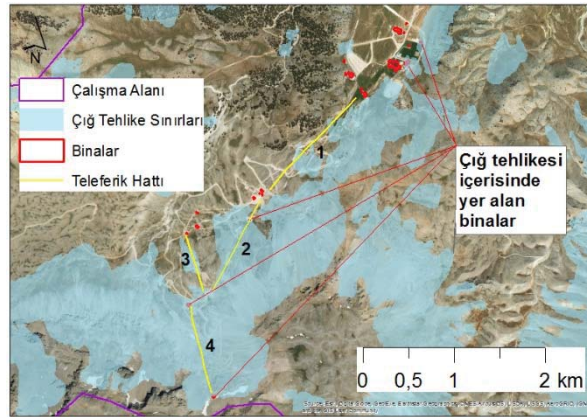
Şekil 7. Çığ tehlike gösterim haritası (solda) ve yakın görüntüsü (Davraz Kayak Tesisi üzeri) (sağda).

Elde edilen çığ tehlike sınırları ile alandaki mevcut yolların çakıştırılması sonucu alandaki yolların çığ tehlikesi bakımından durumları değerlendirilebilmektedir. Yapılan

çakıştırma analizine göre (Şekil 8) alanda yer alan toplam 51,1 km yolun 12,4 km'si çığ tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Buna göre alandaki yolların toplam uzunluğunun %24,3'ü tehlike sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde yer alan Davraz Kayak Tesisine ait teleferik hatları çığ tehlikesi açısından değerlendirilmiştir. Teleferik hatları ve çığ tehlike sınırları Şekil 9'da çakışık olarak verilmektedir. Buna göre alanda yer alan dört teleferik hattının (1, 2, 3 ve 4 olarak numaralandırılmıştır) hepsi çığ tehlikesinden etkilenmektedir. Alanda yer alan 4 kod nolu hattın tamamı çığ tehlike sınırları içerisinde yer alırken 2 kod numaralı hat en fazla etkilenen diğer teleferik hattıdır. En az etkilenen teleferik hattı ise 1 kod numaralı hattır. Alan içerisinde yer alan bina türü yapılar çığ tehlikesi bakımından değerlendirildiğinde alanda yer alan 31 adet bina türü yapının 5 tanesinin çığ tehlike sınırları içerisinde konumlandığı gözlenmektedir (Şekil 9).



Şekil 8. Alandaki yolların çığ tehlike durumu (solda) ve yakın görüntüsü (Davraz Kayak Tesisi üzeri) (sağda).



Şekil 9. Teleferik hatları, binalar ve çığ tehlike sınırları

4. Sonuç ve Değerlendirme

Çığ tehlike gösterim haritaları çığların nerelerde meydana gelebileceğini göstermek için hazırlanan ve ana amacı tehlikeli olabilecek bölgelere dikkat çekmek olan haritalardır. Bu haritaların ana işlevi içerisinde tehlikenin boyutlarını belirlemek bulunmamaktadır. Bu çalışmada CBS tabanlı olarak, topoğrafik parametreler ve iki boyutlu çığ simülasyonları kullanılarak 3 temel aşamada çığ tehlike gösterim haritası üretimi gerçekleştirilmiştir. Böylece bu çalışma ile ülkemiz için önemli kayak merkezlerinden biri olan Davraz Kayak Merkezinin çığ tehlike gösterim haritası üretilmiştir. Üretilen haritanın alandaki bina, teleferik hatları ve yollar gibi yapılar ile çakıştırılması ile bu yapılardan çığ tehlikesine maruz kalabilecek olanlar belirlenmiştir. Toplam alanın %28.6'sı üretilen haritaya göre çığ tehlikesi altında yer almaktadır. Yine alandaki yolların %24.3'ü tehlike altında yer almaktadır. Ayrıca alandaki teleferik hatlarının da tehlike altında olduğu söylenebilmektedir. Nitekim alanda 08.01.2012 tarihinde saat 10:30 da meydana gelen çığ olayı, Davraz Kayak Merkezinde yer alan teleferik ayağına çarparak teleferik koltuklarına hasar vermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından 2015.02.02.288 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Katkılarından Düzce Üniversitesi BAP birimine dolaylı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim, 1990. Snow avalanche hazards and mitigation in the United States, National Research Council, Panel on Snow Avalanche, National Academy Press, Washington DC.
- Aydın A. 2013. Çığ Kontrolü. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Basılmamış Ders Notları.
- Bühler, Y., Kumar, S., Veitinger, J., Christen, M., Stoffel, A. and Snehmani. 2013. Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13: 1321–1335.
- Ceylan, S. 2009. Davraz Dağı (Isparta)'nda Kış Turizmi, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 22: 205-230.
- De Crecy, L. 1980. Avalanche zoning in France-regulations and technical basis, *Journal of Glaciology*, 26: 325-330.
- Eker, R. and Aydın, A. 2016. Customization and Automation of Geoprocessing with Python in ArcGIS for Natural Hazards and Forestry-related Applications, International Forestry Symposium (IFS 2016) 07-10 December 2016, Kastamonu/Turkey, p. 608-618.

- Hebertson, E.G. and Jenkins, M.J. 2003. Historic climate factors associated with major avalanche years on the Wasatch Plateau, Utah, *Cold Regions Science and Technology*, 37(3): 315–332.
- Hübl, J., Fuchs, S. and Agner, P. 2007. Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung, IAN Report 90, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien-Austria.
- Ikeda, S., Maehara, T., Nitta, R. and Enright, D. 2000. A study of 4 avalanche accidents in Japan during '99-'00 season, International Snow Science Workshop, Big Sky Montana, p. 21-27.
- Irwin, D. and Owens, I. 2004. A history of avalanche accidents Aotearoa New Zealand, International Snow Science Workshop, Jackson Hole, Wyoming, USA, p. 8.
- Kristensen, K. 1998. A survey of avalanche accidents in Norway, NGI Publication: 25 years of snow avalanche research, Oslo.
- Rudolf-Miklau, F., Sauer Moser, S. and Mears, A.I. 2014. The technical avalanche protection handbook, Wiley Ernst&Sohn, p. 430.