SINIR İHLALLERİ KAPSAMINDA, MUHTEMEL GEÇİŞ GÜZERGAHLARININ OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ

Alican GÖKBUA¹, Serdar SELİM^{2,3}

¹Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzun Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya, cangokbua@gmail.com

²Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzun Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya,

³Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi 07058, Konyaaltı, Antalya serdarselim@akdeniz.edu.tr (sorumlu yazar)

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin güneydoğu sınırı dikkate alınarak, sınırlar arası muhtemel geçiş güzergâhlarının otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda topoğrafik yapı esas alınarak güneydoğu sınırının her iki tarafında stratejik yerleşim birimleri belirlenmiştir. Bölgenin dağlık yapısı nedeniyle arazi eğimine bağlı olarak en uygun güzergâhlar coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılarak otomatik olarak belirlenmiştir. Çalışma, veri toplama, sayısallaştırma, analiz ve değerlendirme olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada bölgenin, 30 m mekânsal çözünürlüklü Aster Global DEM sayısal yükseklik modeli ve 10 m mekânsal çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüsü temin edilmiştir. Görüntülere jeoreferanslama, mozaikleme ve geometrik düzeltme ön işlemleri uygulanmış ve analize hazır hâle getirilmiştir.

Çalışmanın analiz aşamasında, sınırın her iki tarafında yerleşim alanları belirlenmiştir. Yerleşimlerin belirlenmesi işleminde, sınıra yakın olması ve yerleşimin yoğun olması kriterleri dikkate alınmıştır. Belirlenen yerleşimler CBS ortamında işaretlenmiş ve öznetelik tabloları oluşturulmuştur. Ardından, başlangıç ve bitiş noktası olarak tanımlanan bu yerleşimlere sırasıyla uygun mesafe (Cost Path) analizi, uygun geri dönüş bağlantısı (Cost Back Link) analizi ve bu iki analizi entegre eden en uygun güzergâh (Least Cost Path; LCP) analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen raster formatlı güzergâh vektöre dönüştürülerek, yerleşimler arası mesafeler hesaplanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise 10 m mekânsal çözünürlüklü ve R, G, B, Nir olmak üzere dört bantlı güncel uydu görüntüsünden orthomosaik harita oluşturulmuş ve güzergâhlar bu harita üzerine aktarılmıştır. Mevcut arazi yapısı ile oluşturulan güzergâhlar karşılaştırılarak kontrolleri sağlanmıştır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneydoğu sınırında sınır içi ve sınır ötesi yerleşimler arasındaki dağlık araziler için muhtemel geçiş güzergâhları otomatik olarak tespit edilmiştir. Kullanılan yöntem, farklı girdilere bağlı olarak farklı bölgelerde uygulanabilir nitelikte olması nedeniyle yaygın etkiye sahiptir.

Anahtar Sözcükler: en uygun güzergâh, CBS, sınır ihlali, güzergâh planlama

ABSTRACT

AUTOMATICALLY DETERMINED POSSIBLE TRANSITIONAL ROUTES WITHIN THE SCOPE OF BORDER VIOLATION

In this study, it is aimed to automatically determine possible transit routes between borders considering the southeastern border of Turkey. Within this scope, strategic settlements have been identified on both sides of the southeastern border, based on the topographic structure. Due to the mountainous nature of the zone, the most suitable routes are automatically determined using geographic information systems (GIS) technologies, depending on the slope of the terrain. The study consists of four basic steps: data collection, quantification, analysis and assessment. In the first stage, a 30 m spatial resolution Aster Global DEM digital elevation model (DEM) and a 10 m spatial resolution Sentinel 2A satellite image are provided. Pre-processes such as georeferencing, pixelization and geometric correction have been applied to images and these images have been made ready for analysis.

In the analysis phase of the study, settlement areas were determined on both sides of the border. In the process of determining settlements, the criteria for close proximity to the border and intensive settlement were taken into account. The specified placements are marked in the GIS and attribute tables are created. Then, the appropriate path (Cost Path) analysis, Cost Back Link analysis and Least Cost Path (LCP) analysis integrating these two analyzes were applied to these settlements defined as start and end points. The raster format route obtained as a result of the analysis has been converted to the vector format and distances between the settlements have been calculated. In the last phase of the study, an orthomosaic map was created from the current satellite image of four bands with spatial resolution of 10 m and R, G, B, Nir and the routes were transferred on this map. Controls were provided by comparing the routes created with the existing land structure.

As a result, the possible transition routes for mountainous land border between domestic and cross-border settlements are automatically detected in the Turkey's southeastern border. The method has widespread influence, which is applicable to different regions depending on different inputs.

Key Words: least cost path, GIS, border violation, route planning

1. GİRİŞ

Türkiye, coğrafi konumu, ekolojik, sosyoekonomik ve sosyokültürel yapısı sebebiyle komşu ülkelere kıyasla oldukça stratejik bir ülkedir. En önemli sosyal çevre sorunu olarak uluslararası göç, sığınmacılar ve yasa dışı geçişler için Türkiye, hem hedef hem de transit ülke olarak bölgenin sürekli gündemindedir. Ülkenin doğu ve güneydoğusu, sınır ötesinde meydana gelen olumsuz gelişmelerden fazlaca etkilenmektedir. Özellikle Suriye’de uzun süredir devam eden iç karışıklık, bu ülke ile olan 911 km’lik sınır hattının korunmasını ve yasa dışı geçişlerin önlenmesini çok daha önemli hâle getirmiştir. Bu sınır hattının dağlık bir yapıda olması, yasa dışı geçişler için önlemlerin artırılmasını ve muhtemel geçiş güzergâhlarının belirlenmesini zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda çalışma, özellikle sınır ihlallerinin yoğun olduğu Türkiye’nin doğu ve güneydoğu bölgeleri için muhtemel geçiş güzergâhlarını girdilere bağlı olarak otomatik bir şekilde, kısa sürede ve yüksek doğrulukta belirleyebilmektedir. Bu kapsamda, hızlı ve doğru sonuçlar veren, teknolojik gelişmelere bağlı olarak özellikle son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiş olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılmıştır (Shankar vd., 2014). CBS ile en uygun güzergâh analizi uygulaması, turizm yollarının belirlenmesi (Hall and Page, 2009), kara yolu ulaşım güzergâhlarının belirlenmesi (Sarı ve Şen, 2017) ve orman yollarının belirlenmesi (Rees, 2004) gibi çok kapsamlı alanlarda kullanılmış ve kısa zamanda doğru sonuçlar vermesi sebebiyle bu çalışma kapsamında da tercih edilmiştir.

Çalışma temel olarak veri toplama, analiz ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. İlk aşamada ilgili bölgenin güncel ve açık erişimde olan uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bu görüntülere jeoreferanslama ve düzeltme ön işlemleri uygulanmış ve analize hazır hâle getirilmiştir. Ardından en uygun güzergâh analizini uygulamak üzere sınır içi ve sınır ötesindeki potansiyel yerleşim noktaları belirlenmiş ve eğime bağlı olarak en uygun güzergâhlar otomatik olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçları, muhtemel geçiş güzergâhlarının tek bir girdiye bağlı olarak hızlı ve yüksek doğrulukta belirlenebildiğini göstermektedir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında arazi kullanım durumu, mevcut yollar, görünürlük durumu, bitki örtüsü vb., girdilerin de sisteme dâhil edilerek muhtemel güzergâhların yeniden belirlenmesi planlanmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Türkiye’nin güneydoğu bölgesinde Suriye ve Irak sınırında, sınır hattı boyunca yürütülmüştür (Şekil 1). Bu bölge, sınır ötesindeki stratejik problemlerden dolayı sürekli gündemde olması ve topoğrafik yapı nedeniyle zorlu bir alan olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bölgede yoğun olmayan yerleşim birimleri bulunmaktadır. Eğim durumu, arazi genelinde büyük farklılıklar göstermektedir. Yerleşimler, arazinin kısmen düz olduğu kısımlarda yoğunlaşmıştır. Sarp kayalarlar, dik ve bitki örtüsü yönünden fakir araziler bölge bütününde yaygın olarak görülmektedir.

Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2. Veri Toplama ve Sayısallaştırma

Çalışmada ilk olarak bölgenin 30 m mekânsal çözünürlüklü Aster Global DEM sayısal yükseklik modeli (Çizelge 1) ve 10 m mekânsal çözünürlüklü güncel Sentinel 2A uydu görüntüsü (Çizelge 2) temin edilmiştir. Bu veriler açık kaynak kodlu ve ücretsiz erişilebilen veriler olması sebebiyle, çalışmanın uygulanabilirliği ve yaygın etkisi kapsamında önemlidir. Görüntülere jeoreferanslama, mozaikleme ve geometrik düzeltme ön işlemleri uygulanmıştır. Ardından, Türkiye ile en uzun kara sınırına sahip olan Suriye arasındaki birbirine en yakın yerleşim alanları

belirlenmiştir. Yerleşim alanlarının belirlenmesinde, sınıra yakın olması ve yerleşimin yoğun olması kriterleri dikkate alınmıştır. Rastgele belirlenen yerleşimler CBS ortamında nokta (point) olarak işaretlenmiş (Şekil 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) ve öznetelik tabloları oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Aster Global DEM uydu verisinin teknik özellikleri.

Teknik özellik	Açıklama	
Spektral Bantlar(nm)	Blue	0.52-0.60 nm
	Green	0.63-0.69 nm
	Red	0.78-0.86 nm
	Pan	0.78-0.86 nm
Yılı	1999	
Yersel çözünürlük	30 m	

Çizelge 2.Sentinel 2A uydu görüntüsü teknik özellikleri.

Teknik özellik	Açıklama	
Spektral Bantlar(nm)	Blue	0.490 nm
	Green	0.560 nm
	Red	0.665 nm
	NIR	0.842 nm
Yılı	2017	
Yersel çözünürlük	10 m	

Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinden, yerleşimleri içesine alan bölgeler kesilmiş ve uydu görüntüleri ile üst üste (overlay) bindirilmiştir. Ardından eğim (slope analysis) paftası oluşturulmuştur. Bu eğim haritaları üzerinden gidiş bağıntısı ve geri dönüş bağıntısı elde edilerek en uygun güzergâh analizleri gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan güzergâhlar vektör hâline dönüştürülerek mesafeler hesaplanmış, güncel uydu görüntüleri ile karşılaştırılarak görsel olarak doğrulukları denetlenmiştir.

Şekil 2a. Reyhanlı (Türkiye)-Halep (Suriye) Bölgesi.

Şekil 2b. Cizre (Türkiye)-Al Malikiyah (Suriye) Bölgesi.

Şekil 2c. Çardaklı (Türkiye)-Zaho (Irak) Bölgesi .

Şekil 2d. Çukurca (Türkiye)-Sheladiz (Irak) Bölgesi.

Şekil 2e. Üzümlü (Türkiye)-Amedi (Irak) Bölgesi.

2.3. En Uygun Güzergâh Analizi (LCP)

Sınırın her iki tarafında yerleşim alanları belirlendikten sonra başlangıç ve bitiş noktası olarak tanımlanan bu yerleşimlere sırasıyla uygun mesafe (Cost Path: CP) analizi, uygun geri dönüş bağlantısı (Cost Back Link: CBL) analizi ve bu iki analizi entegre eden en uygun güzergâh (Least Cost Path; LCP) analizi uygulanmıştır (Lee and Stucky, 1998). CP analizi, her hücre için en düşük birikimli maliyet mesafesini bir maliyet yüzeyi üzerinde en yakın kaynağa hesaplar. CBL analizi, En yakın kaynağa en az birikimli maliyet yolundaki bir sonraki hücre olan komşuyu tanımlar. LCP ise, kaynaktan hedefe giden en düşük maliyetli yolu hesaplar (Selim ve Sönmez., 2017). Dolayısıyla çalışma kapsamında eğim verisi kullanılarak, belirlenen kentler arasında arazi eğiminin çevre eğime göre en düşük olduğu kısımlar güzergâh olarak otomatik olarak belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli üzerinden en uygun eğim kullanılarak eğim haritasının oluşturulması, eğim haritası ile birlikte belirlenen noktalara gidiş bağıntısının bulunması daha sonra bu noktaların geri dönüş bağıntısının bulunması ve son olarak gidiş ve geri dönüş bağıntılarının birlikte kullanılması ile bulunan en uygun güzergâhlar tespiti aşamaları ile çalışmada ulaşılmak istenen güzergâhlar belirlenmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. En uygun güzergâh analizi aşamaları.

3. BULGULAR

Muhtemel geliş güzergâhları üzerinde bulunan dağlık araziler en uygun maliyet analizinden de anlaşılacağı üzere en az maliyet gerektiren ve en az enerji harcayacakları şekilde tespiti sağlanmış olup eğimin az olduğu alanlardan geçiş güzergâhları tespit edilmiştir. Ayrıca seçilen bölgeler dağlık arazilerin bulunduğu alanların yakınlarında ve içlerindedir. Ardından, bulunan güzergâhların uzunlukları tespit edilmiştir. Amedi-Üzümlü arası en uygun güzergâh 45,3 km, Zaho-Çardaklı arası en uygun güzergâh 12,3 km, Almalikiyah-Cizre arası en uygun güzergâh 24,92 km, Sheladiz-Çukurca arası en uygun güzergâh 41,6 km, Halep-Reyhanlı arası en uygun güzergâh 63,4 km olarak tespit edilmiştir (Şekil 4; 5; 6).

Çukurca ve Üzümlü bölgeleri, diğer bölgelere kıyasla sarp kayalıklardan ve kısmen yüksek eğimden oluşmaktadır. Aynı zamanda bitki örtüsünden yoksun ve yakın bölgelerde yerleşim birimi bulunmamaktadır. Aynı zamanda mevcut arazi kullanımı yönünden de boş arazi olarak değerlendirilebilmektedir. Yerleşim, tarım, orman vb. kullanımlar özellikle bu bölgelerde arazi yapısı ve eğime bağlı olarak yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla sınır ihlalleri kapsamında özel önlemlerin alınmasını gerektirecek bir görünüm ortaya koymaktadır.

Çardaklı, Reyhanlı ve Cizre bölgeleri ise hem yerleşim hem de tarım yönünden daha yoğun bölgelerdir. Bu bölgelerde eğim kısmen azdır. Dolayısıyla belirlenen en uygun güzergâhlar daha düz bir yapı göstermektedir. Reyhanlı-Halep arasındaki dağ silsilesi, en uygun güzergâhın dağ yamacını kullanmasını öngörmektedir. Zaho-Çardaklı arasında ise tarım faaliyetlerinin yapıldığı kısmen düz alanlar en uygun güzergâh içerisinde kalmaktadır.

a) Çukurca-Sheladiz

b) Üzümlü-Amedi

Şekil 4. En uygun güzergâh analizi gösterimi.

a) Çardaklı-Zaho

b) Reyhanlı-Halep

Şekil 5. En uygun güzergâh analizi gösterimi.

Şekil 6. Cizre-Almalikiyah en uygun güzergâh analizi gösterimi.

4. SONUÇLAR

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneydoğu sınırında sınır içi ve sınır ötesi yerleşimler arasındaki dağlık araziler için muhtemel geçiş güzergâhları otomatik olarak tespit edilmiştir. Başlangıç ve bitiş noktalarının en uygun güzergâh ile birleştirilmesinde sayısal yükseklik modeline bağlı olarak eğimin en düşük olduğu alanlar, geçişler için uygun olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, sınırların kontrolü için muhtemel geçiş güzergâhlarının girdilere bağlı olarak LCP analizi ile hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebildiğini ortaya koymaktadır. Çalışma ayrıca, ülkemizin doğu ve güneydoğusuna sınır olan ülkelerin içinde bulunduğu iç karışıklık nedeniyle sınırı geçmek isteyen mültecilerin arazi eğimine bağlı olarak hangi güzergâhları kullanabileceğini öngörmekte ve bu kapsamda politik ve askeri tedbirlerin alınmasına yardımcı olacak sonuçlar üretmektedir.

Çalışmada kullanılan yöntem, ülkemizin tüm sınırlarında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla çalışmanın yaygın etkisi yüksektir. Ülkemiz sınırlarının özellikle dağlık kesimlerinde bu yöntem uygulanarak elde edilen güzergâhlar üzerindeki stratejik noktalarda güvenlik tedbirleri artırılıp yasa dışı geçişlerin engellenmesi kolaylaştırılabilir. Bu kapsamda çalışma, CBS teknolojilerinin ülke savunmasında da etkin bir şekilde kullanılabileceğini uygulamalı olarak tekrar vurgulamaktadır.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, en uygun güzergâhların belirlenmesinde eğim faktörü yanında, görünürlük analizi, mevcut arazi kullanım durumu ve mevcut kontrol noktalarına mesafeler de dikkate alınarak farklı girdiler ile alternative güzergâhların da belirlenmesi düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada, verilerin temin edilmesi ve işlenmesi sürecinde donanım ve yazılım desteğinden dolayı Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Hall, C.M., and Page, S.J., 2009. Progress in tourism management: From the geography of tourism to geographies of tourism—A review. *Tourism Management*, 30(1), 3-16.

Lee, J., and Stucky, D., 1998. On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on digital elevation models. *International Journal Geographic Information Science*, 12 (8): 891-905.

- Rees, W.G.**, 2004. Least cost paths in mountainous terrain. *Computers & Geosciences*, 30: 203-209.
- Sarı, F., ve Şen, M.**, 2017. Least cost path algorithm design for highway route selection. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2 (1): 1-8.
- Selim, S., ve Sönmez, N.K.**, 2017. Route planning based on geographical information systems: Idebessoss Ancient City in Lycia. *Turkish Journal of Forestry*, 18 (4), 302-308. DOI: 10.18182/tjf.306842
- Shankar, H., Mani, G., and Pandey, K.**, 2014. Gis based solution of multi-depot capacitated vehicle routing problem with time window using tabu search algorithm. *Int. J. of Traffic and Transportation Engineering*, 3(2): 83-100.