

AÇIK KAYNAK KODLU AĞ ANALİZ ALGORİTMALARI VE ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SİMÜLATÖRÜ

Ö. Akın^a, A. Eroğlu^a, H. Demirel^a

^a İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak İstanbul, Türkiye –
(akinom, eroglu18, hande.demirel@itu.edu.tr)

ANAHTAR KELİMELER: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Açık kaynak kodlu yazılım, Erişilebilirlik, Arazi örtüsü/kullanımı simülasyonları

ÖZET:

Açık kaynak kodlu yazılımlar, seçilen alan ile ilgili yapılabilecek analizlerde özgürlük sağlayabilmesi, karmaşık işlemleri otomatize edebilmesi ve herhangi bir yazılıma bağlı kalmadan çalışabilmesi açısından oldukça faydalıdır ve gittikçe popülerleşmektedir. Açık kaynak kodlu yazılım, geliştiriciler ve kullanıcılar tarafından lisanslama ücreti olmadan kullanılabilen, değiştirilebilen ve paylaşılabilen yazılım çeşididir. Bu çalışma kapsamında, arazi örtüsü/kullanımı ve ulaştırma ilişkisini analiz eden ve tamamlanan bir araştırma projesi için gerekli ve hali hazırda mevcut Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımlarında bulunmayan algoritmalar, açık kaynak kodlu programlama dili olan Python programlama dili yardımı programlanmıştır. Geliştirilen algoritmalar, kullanılan yazılıma araç olarak eklenmiş ve CBS platformunda analiz yapılabilecek duruma getirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen araçlar; erişilebilirlik analizleri, ağ bütünlüğü analizleri ve geleceğe yönelik arazi örtüsü/kullanımı simülasyonlarıdır. Bu analizlerden erişilebilirlik; bir konumdan, fırsatlara istenilen bir ulaştırma sistemi kullanılarak ulaşılabilme kolaylığıdır. Ağ bütünlüğü analizleri; ulaştırma yatırımlarının yıllara bağlı performansının ölçülebilmesi için hesaplanmakta ve ağ bileşenlerinin kendi içinde kıyaslanabilmesine imkan vermektedir. Arazi kullanımı simülasyonları ise; mevcut arazi kullanımı haritalarından yararlanarak geleceğe yönelik tahminde bulunabilmek için yapılmaktadır. Analizler başarı ile CBS yazılımı içinde çalışacak hale getirilmiş ve Türkçe bir arayüz ile son kullanıcıya sunulmuştur. Geliştirilen algoritmalar benzer analizler içinde kullanılabilir olacaktır.

KEYWORDS: Geographic Information Systems, Open source software, Accessibility, Land use simulations

ABSTRACT:

Open source software is very useful in terms of providing freedom in the analyzes that can be done about the theme of interest, automating complex processes and working without being dependent on any software and it is becoming more popular. Open source software is a type of software that can be used, modified and shared by developers and users without licensing fees. Within the scope of the study, algorithms which are required in a research project and not included in the existing Geographical Information System (GIS) softwares, have been added as a tool into the used software with the help of Python programming language, which is an open source programming language, and the tool is made available to perform analyzes on GIS platform. Tools developed within the scope of the study are; accessibility analyzes, connectivity analyzes and future land cover / use simulations. Accessibility is the ease of access from one location to another, using the desired transportation system. Connectivity analyzes are performed in order to measure the performance of transportation investments over the years and allow the comparison of network components. Land use simulations are made in order to make predictions for the future by using the existing land use maps. Analyzes have been made to work successfully in GIS software and presented to the end user with a Turkish interface. The developed algorithms can be used in similar analyzes.

1.GİRİŞ

Açık kaynak kodlu yazılımlar, genellikle gönüllülük esasına dayalı, geliştiriciler ya da kullanıcılar tarafından erişilebilir, değiştirilebilir ve geliştirilebilir ücretsiz lisanslı programlardır.

Açık kaynak kodlu bir programın, herhangi bir amaç için kullanılabilmesi, çalışma prensibi ve gereksinimlere uyarlanabilirliği, kopyaların yeniden dağıtılması, iyileştirilebilir olması ve tüm toplumun yararına iyileştirmeler yapılabilmesi, özgür yazılım kriterlerince kullanıcılar tarafından beklenen özellikleridir.

Friedrich'e göre, açık kaynak kodlu yazılımların karşılaması gereken on kriter şöyledir: serbest yeniden dağıtılması, kaynak

kodun programa dahil edilmesi, lisans, kaynak kod tabanının değiştirilmesine ve türetilmiş büyüme bütünlüğüne izin vermesi, bireylere veya gruplara ayrımcılık yapılmaması, dağıtılmış lisans olması, lisansın bir ürüne özgü olmaması, lisansın diğer yazılımları kısıtlamaması ve lisansın teknolojidenden bağımsız olması gerektiğidir (Friedrich, 2014).

Açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi sistemleri (CBS) yazılımlarının da bu özgür yazılım özelliklerini taşıması gereklidir. Açık kaynak kodlu coğrafi bilgi sistemleri, basit masaüstü CBS, uzaktan algılamaya yönelik CBS, 3 boyutlu CBS görselleştirme araçları ve diğer araçlar (CBS web haritalama, araçlar ve programlama kütüphaneleri, Mekansal veri tabanları) olmak üzere dört farklı kategoride incelenebilir (Tsou, 2011 ; Demirel ve Şeker, 2015).

Coğrafi Bilgi Sistemleri alanında Quantum GIS, Post GIS, Grass gibi açık kaynak kodlu programlar bulunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarında uygulama geliştirmek için tercih edilen dillerden açık kaynak kodlu programlama dili Python, zengin kütüphaneleri ve kolay anlaşılabilirliği nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir. Hazırlanan arayüzlerde kullanılan analiz yöntemleri, mevcut CBS programlarında tanımlı standard analiz yöntemleri içinde bulunmamaktadır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Geliştirilen algoritmalar, TÜBİTAK-1001 araştırma-geliştirme projesi olan ve tamamlanan ÇAYDAG-115Y692 projesinde kullanılmıştır. Algoritmaların test edilebilmesi için çalışma bölgesi verileri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında erişilebilirlik, ağ bütünlüğü ve arazi kullanım simülasyonlarına yönelik araç kutuları, açık kaynak kodlu Python dili ile CBS ortamına uygun çalışacak şekilde geliştirilmiştir ve geliştirilen arayüz türkçedir. Bir ESRI ürünü olan ArcMap programı üzerinde çalışabilecek şekilde tasarlanan araç kutularının kodlaması, Python 2.7 versiyonu ile yapılmıştır. Hazırlanan bu Türkçe arayüzler, çalışma bölgesi için 1997, 2007, 2014 yılları veri setleri ile test edilmiş ve verimli bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

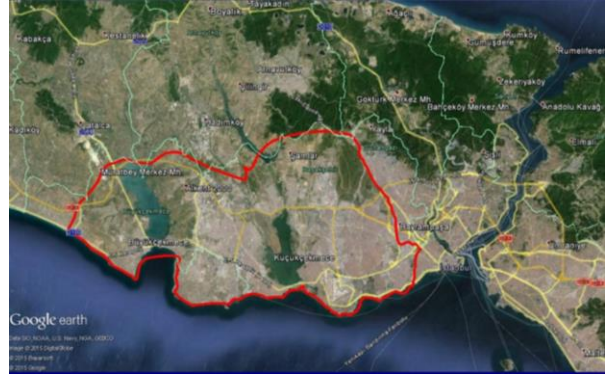
2.1 Çalışma Alanı

Çalışma bölgesi Şekil 1’de sunulmakta olup, İstanbul ili Avrupa Yakası’ndaki 19 ilçeyi, bu bölgede bulunan karayollarını (E-5, TEM ve bağlantı yolları) ve metrobüs hattının bir bölümünü kapsamaktadır. Çalışma bölgesinin toplam alanı yaklaşık 642 km² ve nüfusu 4.864.766’dur. Seçilen çalışma alanı, ulusal ve uluslararası yük taşımacılığında ana arter durumunda bulunan bir çekim merkezidir. Alan; kuzeyde Çatalca, doğuda Eyüp, batıda Büyükçekmece ve güneyde Bakırköy ilçeleriyle çevrili olup, İstanbul Avrupa yakasında Metrobüs hattının geçtiği 19 ilçe olarak belirlenmiştir. Bu ilçeler: Bakırköy, Beylikdüzü, Fatih, Bahçelievler, Zeytinburnu, Güngören, Küçükçekmece, Bağcılar, Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Esenyurt, Esenler, Avcılar, Çatalca, Büyükçekmece, Sultangazi, Başakşehir, Arnavutköy ve Eyüp’tür.

Bu bölgedeki 1997, 2007, 2014 yıllarına ait yol ağları, uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile elde edilmiş yerleşim, endüstri, boş alan, orman ve su kütlesi olmak üzere 5 farklı sınıfta değerlendirilen arazi kullanım haritaları, hastahane, üniversite gibi çekim merkezleri ve ilgili yıllara ait mekânsal değişkenler (eğim haritası, sayısal yükseklik modeli gibi) arayüzlere girdi veri olarak kullanılmıştır.

2.2 Erişilebilirlik

Erişilebilirlik, insanların ve/veya ticari faaliyetlerin istenilen mallara, tesislere ve etkinliklere ulaşabilme kolaylığı olarak tanımlanmakta olup, sürdürülebilir ulaştırmanın temelini oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında, potansiyel ve günlük erişilebilirlik göstergeleri olmak üzere iki farklı gösterge kullanılmıştır. Bu göstergelerden potansiyel erişilebilirlik, herhangi bir arazi kullanımından fırsatlara belirli bir ulaştırma sistemi üzerinden potansiyel erişilebilirlik kolaylığı şeklinde tanımlanabilmektedir (Hansen, 1959; Dalvi ve Martin, 1976). Eşitliği 1 No’lu eşitlikte gösterilmiştir.

$$A_p = \sum_j \frac{w_j}{c_{ij}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte w_j ağırlığı, gayri safi yurt içi hasıla ve nüfus gibi ekonomik veya çekim potansiyelini tanımlamaktadır. j hedef noktayı, c_{ij} ise başlangıç noktası i ve hedef noktası j arasındaki mesafeyi/ulaştırma süresini/maliyeti tanımlamaktadır (Dundon-Smith ve Gibb, 1994).

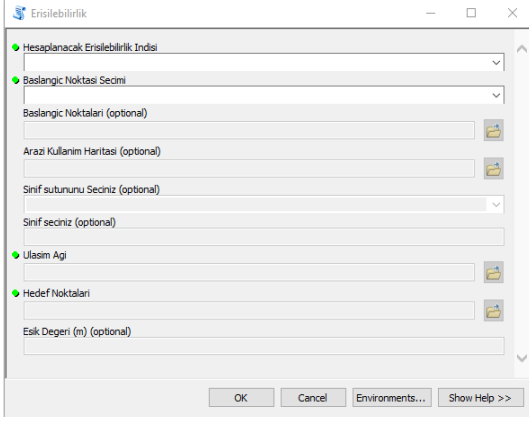
Günlük erişilebilirlik ise potansiyel erişilebilirliğe benzerdir, fakat ulaştırma zamanı/mesafesi yönünden hesaplamaları kısıtlamaktadır. Bireyin veya malın gün içinde ulaşabileceği fırsatlar, etkinlikler olarak düşünülebilir (Geurs, 2006). Eşitliği 2 No’lu eşitlikte gösterilmiştir.

$$A_d = \sum_j \frac{\delta_{ij} w_j}{(c_{ij})^\beta} \quad (2)$$

Eşitlikte, β mesafeye karşı direnç (distance decay parameter), δ_{ij} ise ikili (binary) günlük erişilebilirlik değişkenidir. Formülde yer almayan c_{max} değişkeni, günlük erişilebilecek komşuluk eşik değeridir. $c_{ij} \leq c_{max}$ olduğu durumlarda δ_{ij} bire eşit, olmadığı durumlarda ise sıfırdır. Çalışma kapsamında c_{max} değeri 3 kilometre olarak kullanılmıştır. Günlük erişilebilirlik literatürde daha çok yürüme ulaştırma türü veya toplu taşıma için kullanılmaktadır.

Literatürde tanımlı bu algoritmalar Python dilinde kodlanmış, başlangıç noktadan hedef noktaya ilgili yıla ait yol ağı üzerinden hesaplanabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 2 de gösterilen, erişilebilirlik için hazırlanan arayüzde potansiyel erişilebilirlik ve günlük erişilebilirlik hesaplama seçenekleri bulunmaktadır. Sınıflandırılmış arazi kullanımı görüntüsü ya da ilgi noktaları girdi olacak şekilde tanımlanarak toplam erişilebilirlik hesaplanabilmektedir.

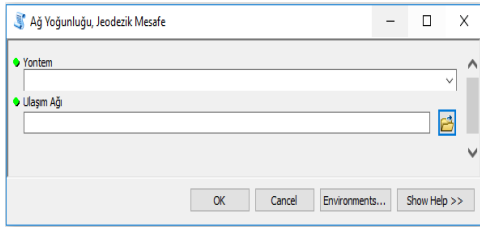


Şekil 2. Erişilebilirlik Arayüzü

Bu hesaplamada, başlangıç girdi verisi olarak arazi kullanımı haritası seçildiğinde, seçilen arazi örtüsü/kullanımı sınıfı üzerinde 1*1 km gridler oluşturulup, grid orta noktaları, analizde ihtiyaç duyulan başlangıç noktaları olarak üretilir. Bu yöntem, literatürde bulunan trafik bölgelerinin (zonlarının) ya da ilçe merkezlerinin orta noktalarını kullanan hazır yazılım paketleri çözümlerine kıyasla, içerdiği hassasiyet ve mekansal çözünürlük dolayısıyla büyük avantaj sağlamaktadır (Demirel vd., 2017). Başlangıç noktalarının yanı sıra varış noktaları ve ilgili yıla ait ulaşım ağı seçilerek, toplam erişilebilirlik veri tabanına kayıt edilir.

2.3 Ağ Bütünlüğü

Ulaştırma yatırımlarının yıllara bağlı performanslarının ölçülebilmesi için erişilebilirliğe ek olarak ağ bütünlüğü analizlerinin de yapılması gerekmektedir (Demirel vd., 2015). Ulaşım çalışmalarında, ağ bütünlüğü testleri, bir ulaşım ağının hizmet seviyesini değerlendirmek için kullanılan göstergelerdir. Ağ Yoğunluğu, 1 km² alan içerisine düşen ulaşım ağı uzunluğunun toplam kilometresidir. Oranın yüksek olması, ağın daha gelişmiş olduğunun göstergesidir. Jeodezik mesafe indisi ise, iki düğüm arasında, onları birbirine bağlayan en kısa yolların ortalaması şeklinde tanımlanmıştır (Bouttier vd., 2003).

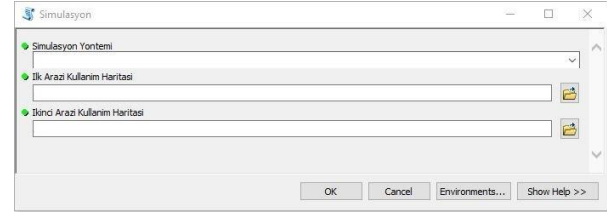


Şekil 3. Ağ Bütünlüğü Arayüzü

Şekil 3 de gösterilen, ağ bütünlüğü testi için hazırlanan arayüzde ağ yoğunluğu, jeodezik mesafe değerleri hesaplanmaktadır. Ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe için ilgili yıla ait yol ağı verisi girdi olarak tanımlanmaktadır. Ağ yoğunluğu hesabında, girdi yol ağı verisinin sınırları içerisinde 1*1 km gridler oluşturularak, grid başına düşen toplam yol uzunluklarının ortalaması hesaplanır ve işlem kolaylığı açısından harita ve tablo şeklinde sayısal olarak kayıt edilir. Jeodezik mesafenin arayüzde hesaplanabilmesi için Arcpy Python kütüphanesinden faydalanılmıştır.

2.4 Arazi Simülasyonu

İlgili yıllara ait yollara olan uzaklık, endüstri merkezlerine olan uzaklık, eğim, sayısal yükseklik modeli gibi mekansal değişkenlerin değişimleri sonucu gerçekleşen arazi kullanımı değişimi, üç farklı yöntemle analiz edilmiştir. Bu yöntemler lineer regresyon, mantıksal regresyon, yapay sinir ağlarıdır. Herhangi bir CBS yazılımında mevcut olmayan bu yöntemler, açık kaynak kodlu yazılım dili olan Python kullanılarak hazır bir CBS yazılımında analiz yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4'de gösterilen arayüz, lineer regresyon yönteminde çıktı olarak görsel bir sonuç verememekte ancak sayısal olarak tahmin edilen yılın arazi kullanımı sınıflarına ait alanını gösterebilmektedir. Mantıksal regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri ise hem görsel bir harita şeklinde, hem de tablo olarak arazi kullanım sınıflarının değerlerini başarılı bir şekilde gösterebilmektedir. Bu simülasyonlar geleceğe yönelik yapılabilecek yatırımlar ve şehirlerin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.



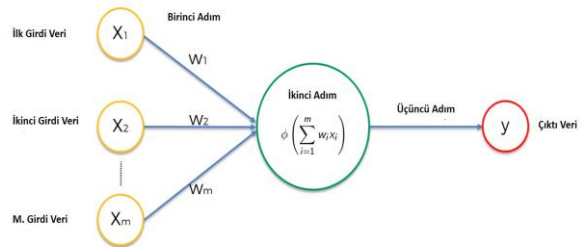
Şekil 4. Arazi Simülasyonu Arayüzü

Kullanılan yöntemlerden lineer regresyon yöntemi, bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkinin belirlenmesinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir.

$$y = \beta x + \epsilon \quad (3)$$

3 numaralı eşitlikte gösterilen yöntemde, x olarak gösterilen tahmin edici değişken, bağımsız değişken; y olarak gösterilen tahmin edilen çıktı ise bağımlı değişken olarak isimlendirilir

Mantıksal regresyon birden fazla bağımlı ya da bağımsız değişkenlerden 1 ya da 0 şeklinde ikili sonuca varma prensibiyle çalışır. Yöntemin 1 ya da 0 sonucuyla çalışması bu yöntemin bir sınıflandırma algoritması olarak kullanılmasına olanak tanır.



Şekil 5. Yapay Sinir Ağları Modeli

Şekil 5'de gösterilen, yapay sinir ağları modeli lineer olmayan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. En popüler yapay sinir ağları yöntemi geri beslemeli yapay sinir ağları modelidir. Girdi veri setindeki değerler rastgele ağırlıklarla değerlendirilerek ara katmanlara gider ve sonra çıktı katmanı ile karşılaştırılır. Karşılaştırmalar sonrasında düzeltme değerlerine

uygun olacak şekilde ağırlıklar geri yayımlı olarak düzeltme getirilerek değişir.

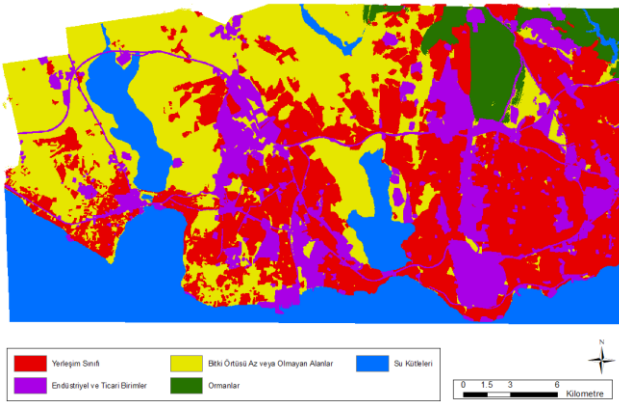
Arazi Simülasyonu için tasarlanan arayüz, Python kütüphanelerinden GDAL, Keras, Numpy ve scikit-learn kütüphaneleri kullanılarak hazırlanmıştır. Tasarlanan arayüz ile, arazi kullanımının belirli bir periyottaki değişimine göre gelecekte olabilecek arazi kullanımı başarılı bir şekilde simüle edilebilmektedir.

3. SONUÇLAR

Tasarlanan arayüzler ArcMap programına entegre edilmiş ve farklı yıllardaki veri setleri ile test edilmiştir. Çalışma alanı için 2007 ve 2014 yıllarında, yerleşim sınıfından eğitim merkezlerine olan potansiyel toplam erişilebilirliğin %21.31, sağlık merkezlerine olan potansiyel toplam erişilebilirliğin ise %38.46 artış gösterdiği, erişilebilirlik arayüzü üzerinden hesaplanmıştır. Yine aynı yıllara ait ulaşım ağı verisi kullanılarak jeodezik mesafe ve ağ yoğunluğu değerleri hesaplanmış ve 2007 den 2014 yılına oransal jeodezik mesafe artışı %12.34 ve oransal ağ yoğunluğu artışı %9.46 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar bir kaç CBS analiz yöntemi bir arada kullanılarak kontrolü yapılmış ve arayüzlerin beklenen doğrulukta çalıştığı gözlemlenmiştir. Arazi kullanımı simülatörü için ise 1997 yılından 2007 yılına olan arazi kullanımı ve mekânsal değişkenler değişimi referans alınarak önce 2014 yılı arazi kullanımı tahmin edilmiş ve bu yılın mevcut arazi kullanımı haritasıyla alan bazlı olarak karşılaştırılmıştır. Bu şekilde modelin doğrulaması yapıldıktan sonra çalışma bölgesinin 2023 yılındaki sınıf dağılımı Şekil 6'da gösterildiği gibi simüle edilmiştir. Kullanılan yöntemlerden mantıksal regresyon yöntemi kentsel alan sınıfının diğer sınıflarla olan ilişkisini gösterememiş, ancak yapay sinir ağları yöntemi bu ilişkiyi gösterebilmiştir.

Yapılan çalışma doğrultusunda yıllara bağlı kentsel alan değişim ile yol ağına yapılan yatırımlar arasında bir korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

Kontrolleri ve uygulaması yapılan arayüzler, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde açık kaynak kodlu yazılımların işlevsel ve kullanışlı olduğunu göstermektedir. Hali hazır yazılım paketlerinin içinde mevcut olmayan analiz yöntemleri, bu sayede kullanılan yazılımlara entegre edilebilir ve sonuçlar bu sayede görselleştirip yaygınlaştırılabilir. Bu yazılımlara olan ilginin artması Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gelişiminde sürükleyici bir rol oynamaktadır.



Şekil 6. Yapay Sinir Ağları 2023 Arazi Kullanım Tahmini

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK ARDEB-1001 programı çerçevesinde 115Y692 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir. Projeye katkı veren IETT'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Bouttier, J., Francesco, P.D., Gutter, E., 2003. Geodesic distance in planar graphs, *Nucl. Phys. B*, 663 (3), 535–567.

Dalvi, M.Q., Martin, K.M., 1976. The measurement of accessibility: some preliminary results. *Transportation* 5, 17–42

Demirel, H., Kompil, M., Nemry, F., 2015. A framework to analyze the vulnerability of European road networks due to Sea-Level Rise (SLR) and sea storm surges, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 81, 62-76.

Demirel, H., Korkutan, M., Shoman, W., Alganc, U., 2017. Geographic information system (GIS) based accessibility analysis for highway transportation. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences* 8, 339–344.

Demirel, H., Şeker, D. Z., 2015. Fotogrametrik Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar: Yeni Bir Dönem, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015 / Konya.

Dundon-Smith, D. M., Gibb, R. A., 1994. The Channel Tunnel and regional economic development. *Journal of Transport Geography*, 2(3), 178-189.

Friedrich, C., 2014. Comparison of ArcGIS and QGIS for Applications in Sustainable Spatial Planning, MSc Thesis, Universität Wien, Wien;

Geurs, K. T., 2006. Accessibility, Land Use and Transport: Accessibility Evaluation of Land Use and Transport Developments and Policy Strategy (First Edition), Rotterdam: Eburon.

Hansen, W.G., 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners* 25 (1), 73–76.

Tsou, M-H, Smith, J., 2011. Free and Open Source Software for GIS education;