



Fotogrametrik Nokta bulutunun Görünürlük Analizinde Kullanımı: Gümüşhane Seyir Terası Yer Seçimi

Mehmet Akif Günen*

*Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.(ORCIDID: 0000-0001-5164-375X),
akif@gumushane.edu.tr

(1st International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2021, November 1-3, 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.996605)

ATIF/REFERENCE: Günen M.A., (2021). Fotogrametrik Nokta bulutunun Görünürlük Analizinde Kullanımı: Gümüşhane Seyir Terası Yer Seçimi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 295-299.

Öz

Kentsel nüfusun hızlı artışı ile beraber kültürel, ekonomik, sosyal ve çevresel değişimler kaçınılmaz olmuştur. Yerel yönetimler şehrin cazibesini arttırarak yerel ve yabancı turist ağırlamak için farklı turizm atımları gerçekleştirmektedir. Uçurum, kanyon ve vadi gibi zorlu topografyalara inşa edilen seyir terasları son zamanlar oldukça rağbet gören turizm tesisleri haline gelmişlerdir. Bu tür noktaların görünürlük analizinin yapılması bölgesel turizmin ilerletilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada Gümüşhane ilinin 7 farklı noktasına inşa edilmesi senaryolaştırılan seyir terasları için görünürlük analizi gerçekleştirilmiştir. Görünürlük analizi için profesyonel fotogrametrik kamera ile elde edilen görüntüler nokta bulutu oluşturmak için işlenmiştir. Daha sonra, yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip 3 boyutlu nokta bulutu gürültüden arındırmak için filtrelenmiş ve ardından sayısal arazi modeline dönüştürülerek görünürlük analizi gerçekleştirilmiştir. Görünürlük analizinde yoğun olarak uydu görüntülerinden elde edilen sayısal arazi modelleri yerine fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutu üzerinden işlemler gerçekleştirilerek analiz yüksek doğrulukla gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. MATLAB programlama dilinde gerçekleştirilen analizler sonucunda %13.12 görüş alanına sahip bölge en uygun yer olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler:Görünürlük analizi, fotogrametri, nokta bulutu, seyir terası, yer seçimi.

Use of Photogrammetric Point Cloud in Viewshed Analysis: Gümüşhane Observation Terrace Site Selection

Abstract

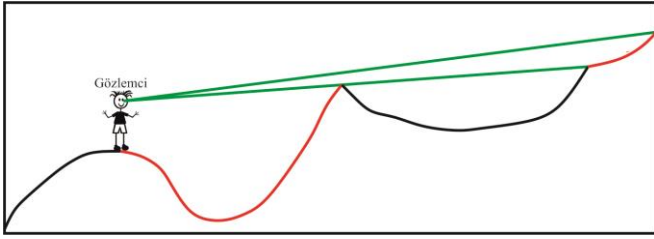
Cultural, economic, social, and environmental changes have become unavoidable as the metropolitan population has grown rapidly. Local governments are launching a variety of tourism programs to improve the city's attractiveness and attract both domestic and international visitors. Built on difficult topographies such as cliffs, canyons, and valleys, observation terraces have recently become popular tourist attractions. The examination of such places' visibility is critical for developing regional tourism. In this study, viewshed analysis was carried out for the viewing terraces, which were scripted to be built at 7 different points in Gümüşhane. Images obtained with a professional photogrammetric camera for viewshed analysis were processed to form a point cloud. The 3D point cloud was then filtered with high spatial resolution to reduce noise before being transformed into a digital terrain model for viewshed analysis. In the viewshed analysis, operations are performed on the photogrammetrically produced point cloud rather than the digital terrain models derived from satellite photos, resulting in high accuracy. The region with a field of view of 13.12 % was determined to be the most suited location as a result of the MATLAB programming language analyses.

Keywords:Viewshed analysis, photogrammetry, point cloud, observation terrace, site selection.

Sorumlu Yazar: akif@gumushane.edu.tr

1. Giriş

Bir noktanın başka bir noktadan görülüp görülmediğini görünmezlik veya görünürlük analizi ile belirlemek tek bir noktadan görülebilen toplam alanı tahmin etmek Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) temel uygulama alanı haline gelmiştir. Görünürlük analizi genel olarak arazi yüzeyindeki bir noktadan belirli veya çoklu doğrultulara bakıldığında görünen alanın belirlenmesi sürecidir (Alsadik, Gerke, ve Vosselman, 2014; Brabyn, 2015). Şekil 1’de görüş alanına dayalı görünürlük analizi verilmiştir. Günümüzde görünürlük analizi arkeolojik alanlarda (Mauro ve Durastante, 2020), rüzgâr türbini kurulumunda (Alphan, 2021), turizm (Brabyn, 2015), radyo-haberleşme kulesi konum belirlenmesinde (Klampfer, Mohorko, Čučej, ve Chowdhury, 2011), şehir çevre planlamasını değerlendirmede (Leduc ve Hartwell, 2020), askeri (Williamson ve McLin, 2015) ve orman yangını gözetleme istasyonu yeri belirleme (Lee ve ark., 2019) gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Geçmişte, askeri amaçlar öncelikli kullanılan görünürlük analizi CBS’nin özel sektörde yaygınlaşmasıyla birlikte, geniş bir kullanım alanında uygulanmaya başlamıştır. Turizmde CBS kullanılması, ekonomik, hızlı ve akılcı sonuçlar sağlayarak karar vericilere sağladığı görsel ve istatistiksel veriler nedeniyle tercih edilmektedir. Özellikle gelişmekte olan şehirlerde seyir terası gibi bölgesel turizmi canlandıracak yatırımlarda modern yaklaşımların kullanılması yerel yönetimlere daha az maliyetli, akılcı ve uygulanabilir çözümler sağlayacaktır.



Şekil 1. Görüş hattına dayalı görünürlük analizi. Kırmızı alanlar görünür bölümleri, siyahlar görünmez bölümleri ve yeşil ise bakış hattını göstermektedir.

Veri toplama ve işlemedeki teknolojik gelişmeler, Dünya yüzeyi hakkında çok büyük miktarda veri üretilmesini sağlamaktadır. Fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutları insan algısı açısından görselleştirilmesi gerekmektedir. Bu veriler çeşitli dönüşümler kullanılarak bilgisayar ortamında görselleştirilmektedir. Araziye topografik karakterler bilgisayar ortamında genellikle sayısal yüzey modeli (SYM) ile temsil edilir. SYM, metre veya enlem-boylam olarak düzenli aralıklarla yerleştirilmiş yüksekliklerin bir matrisidir. SYM basit bir veri yapısına sahiptir, analiz edilmesi daha kolaydır ve çözünürlüğü arttıkça doğruluğu artar (Karkinli ve ark., 2015; Kim, Rana ve Wise, 2004).

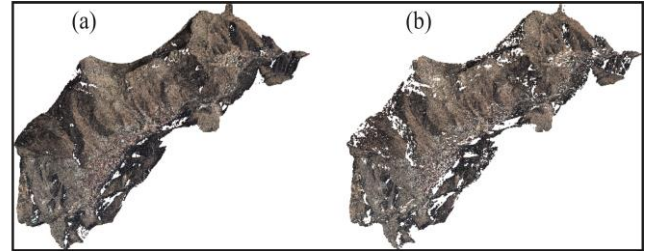
Görünürlük tanımı ilke olarak Tandy tarafından (Tandy, 1967) 1967’de ortaya atılmıştır. 1968’de arazideki görünürlüğü otomatik olarak ölçmek için tasarlanan bir bilgisayar programında uygulanmıştır (Amidon ve Elsner, 1968). Son yıllarda, gerçek zamanlı işlemlerde ve özellikle bilgisayar ve konsol oyunlarında kullanılan grafiklerin görünürlük sorununu çözmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Yüzey üçgenleri, voksel ve gizli nokta kaldırma temelli yöntemler en popüler olan görünürlük analiz yaklaşımlarıdır. Üçgenleme tabanlı yöntemler, yüzey normalinin yönü, uzayda bir üçgen ve gözlemciden bakış doğrultusundaki çizgi arasındaki kesişimi uygulanmaktadır. Voksel tabanlı yöntemlerde, nokta bulutu voksel olarak temsil edilmektedir ve

görünürlük noktalarından ziyade vokseller bazında analiz edilmektedir. Nokta bulutu verisinin doğrudan kullanıldığı gizli nokta kaldırma yönteminde, görünür noktaları bulmak için orijinal nokta bulutu ikili bir alana yansıtılır. Daha sonra, dönüştürülmüş bu nokta bulutunun dışbükey gövdesinde bulunan noktaları çıkartılır. İlgili yöntemlerin hesaplama maliyeti, hız ve doğruluk açısından avantajları ve dezavantajları vardır (Alsadik ve ark., 2014; Katz, Tal, ve Basri, 2007). Bu çalışmada bilgisayar belleği açısından hesaplama maliyeti avantajı sağladığından ve bir yüzey oluşturmaktan kaçınmasından dolayı voksel tabanlı yöntem kullanılmıştır.

Bu çalışmada Gümüşhane iline inşa edilmesi senaryolaştırılan 7 farklı seyir terası için en fazla görüş alanına sahip farkı mekânsal yerlerin görünürlük analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda fotogrametrik olarak elde edilen yüksek mekânsal doğruluğa sahip nokta bulutu ızgaralanmış SYM modeline dönüştürülerek analiz yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada nokta bulutu üretmek için Gümüşhane il merkezine ait 741 adet görüntü fotogrametrik uçuş için özelleştirilmiş uçağa monte edilen UltraCamX kamera ile elde edilmiştir. Görüntüler %80 enine/boyuna bindirme oranlarında yakalanmıştır. Her görüntü 14430x7200 boyutlarında olup kamera odak uzaklığı 100.5 mm’dir. Fotogrametrik olarak işlenen görüntülerin geo-koordinatlandırılması için düzgün dağıtılmış adet kontrol noktası kullanılmıştır. İlgili kontrol noktalarına ait ortalama karesel hata 1.7 cm’dir. Oluşturulan nokta bulutu 10 cm yer örneklem aralığına sahiptir. Görünürlük analizi için ilgili mekânsal çözünürlük çok yüksek olduğu için veri 3 m’ye rastsal olarak örneklenmiştir. Elde edilen nokta bulutu Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutu ve filtrelenmiş nokta bulutu

Bir voksel, üç boyutlu düzenli bir ızgarayı temsil eder ve birçok araştırma alanında kullanılmaktadır (Aleksandrov, Zlatanova, Kimmel, Barton, ve Gorte, 2019). Uzayda düzenli bir 3B ızgara üzerinde bir değeri temsil eden hacim öğeleri olan vokseller, yeryüzünde yer alan mevcut veya planlanan yapıların ve nesnelerin gerçekçi ve doğru bir modellemesini oluşturulur. Fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutu filtrelendikten sonra 3 boyutlu ızgaralanmış SYM’ye dönüştürülerek voksel tabanlı görünürlük analizi için kullanılmıştır. İlgili Matlab koduna (URL, 2021)’den ulaşılabilir.

3. Bulgular ve Tartışma

Görünürlük analizi, görünürlüğü değerlendirmek için en popüler CBS araçlarından biridir. Ancak, görünürlüğü insan perspektifinden belirlerken çeşitli sınırlamaları vardır. Araziye ait eğim, baki ve yükseklik gibi topografik karakteristiklerden ve gözlemciden gözlenen nesneye olan mesafeden büyük ölçüde etkilenir. Bu özelliklerin hiçbiri standart görünürlük alanı analizlerinde ayarlanmaz. Bununla birlikte, görüş alanı, iki temel nedenden (gözlenen bir nesne ile gözlemci arasındaki mesafe ve arazinin 3. boyutu) dolayı insan perspektifine göre daha zayıf bir görünürlük sağlamaktadır. Algılanan arazinin görsel önemi, görünür arazinin kişinin çevre algısı üzerinde ne kadar etkili olduğunu tanımlamak için kullanılabilir bir terimdir. Daha yakın görünen nesnelere, uzaktaki nesnelere göre daha fazla öneme sahip olarak algılanır. Bu, algılanan nesne ile gözlemci arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olan nesnelere göre boyutu ve nesne-arka plan netliği gibi birçok faktörün bir sonucudur (Leduc ve Hartwell, 2020; Nutsford, Reitsma, Pearson, ve Kingham, 2015). Görüş alanı, özellikle tasarlandığı büyük ölçekli arazi analizinde son derece kullanışlı bir araç olsa da, insan perspektifinden özellikle önemli olan bir görünürlük özelliği olan arazinin 3. boyutunu tasvir etmekte başarısız olur. Şekil 3'de çalışma bölgesinin farklı gösterimlerle Google Earth Pro'dan elde edilerek sunulmuş sayısal arazi modelleri sunulmuştur.



Şekil 3. Gümüşhane'nin (a) SYM temsili ve (b) abartılı gösterimi.

Şekil 3.b, Şekil 3.a'dan çok daha fazla görsel öneme sahip olsa da, her ikisi de aynı görüş açısını sağlar. Bilgisayar sistemlerinin ve görüntü yakalama sistemlerinin teknolojilerindeki gelişmeler havai fotogrametrisinin gelişimini hızlandırmıştır. Havadan hızlı görüntü yakalama yeteneği, maliyet avantajı ve küçük ölçekli fotogrametrik uygulamalarda havai fotogrametrisi yersel ölçü düzeyinde doğruluk sağlamaktadır (Civicioglu ve Besdok, 2021). İnsansız hava aracı tabanlı fotogrametrik uygulamalar, topografik irtifa bilgisi üretme konusunda sınırlı bir yeteneğe sahip olsa da, profesyonel uçaklarla gerçekleştirilen uçuşlar çok yüksek 2B uzamsal doğruluk üretir. Bu nedenle, bu çalışmada profesyonel uçağa monte edilen fotogrametrik dijital hava kamerası ile elde edilen görüntüler Agisoft Metashape yazılımı kullanılarak nokta bulutu üretilmesi için kullanılmıştır.

Nokta bulutları belirli ızgara boyutları kullanılarak SYM oluşturmak için kullanılmaktadır (Civicioglu ve Besdok, 2021). Üretilen nokta bulutları gürültüden bağımsız değildir. Ölçme sisteminin doğasından kaynaklanan ve dış etkenlere bağlı bu gürültülerin giderilmesi için Cloud Compare yazılımında yer alan istatistiksel aykırı değer kaldırma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin parametreleri olan ortalama mesafe tahmini için nokta kullanım sayısı ve standart sapma değerleri sırasıyla 20 ve 1 olarak belirlenmiştir. Nokta bulutunun filtreleme öncesi ve sonrası durumları Şekil 2'de gösterilmiştir. Filtreleme sonrasında oluşturulan nokta bulutu SYM oluşturmak için kullanılmıştır. Sayısal arazi modeli yerine SYM'nin kullanılmasının en büyük nedeni bina, direk ve ağaç gibi görüş alanını kapatabilecek nesnelere hesaba katılmasıdır. Bu çalışmada nokta bulutu üçgen tabanlı lineer enterpolasyon yöntemi kullanılarak 5×5m ızgara boyutlu SYM'ye dönüştürülmüştür. Bu ızgara boyutunun küçük seçilmesi hesaplama maliyetini arttırmış, büyük seçilmesi ilgili boyuttan küçük nesnelere görünürlük hesabına katılmamasına neden olacaktır. Görünürlük analizi sonucunda gözlemci noktalarına ait konum bilgileri ve ilgili gözlemci noktalarından görünen alanlar Tablo 1'de verilmiştir.

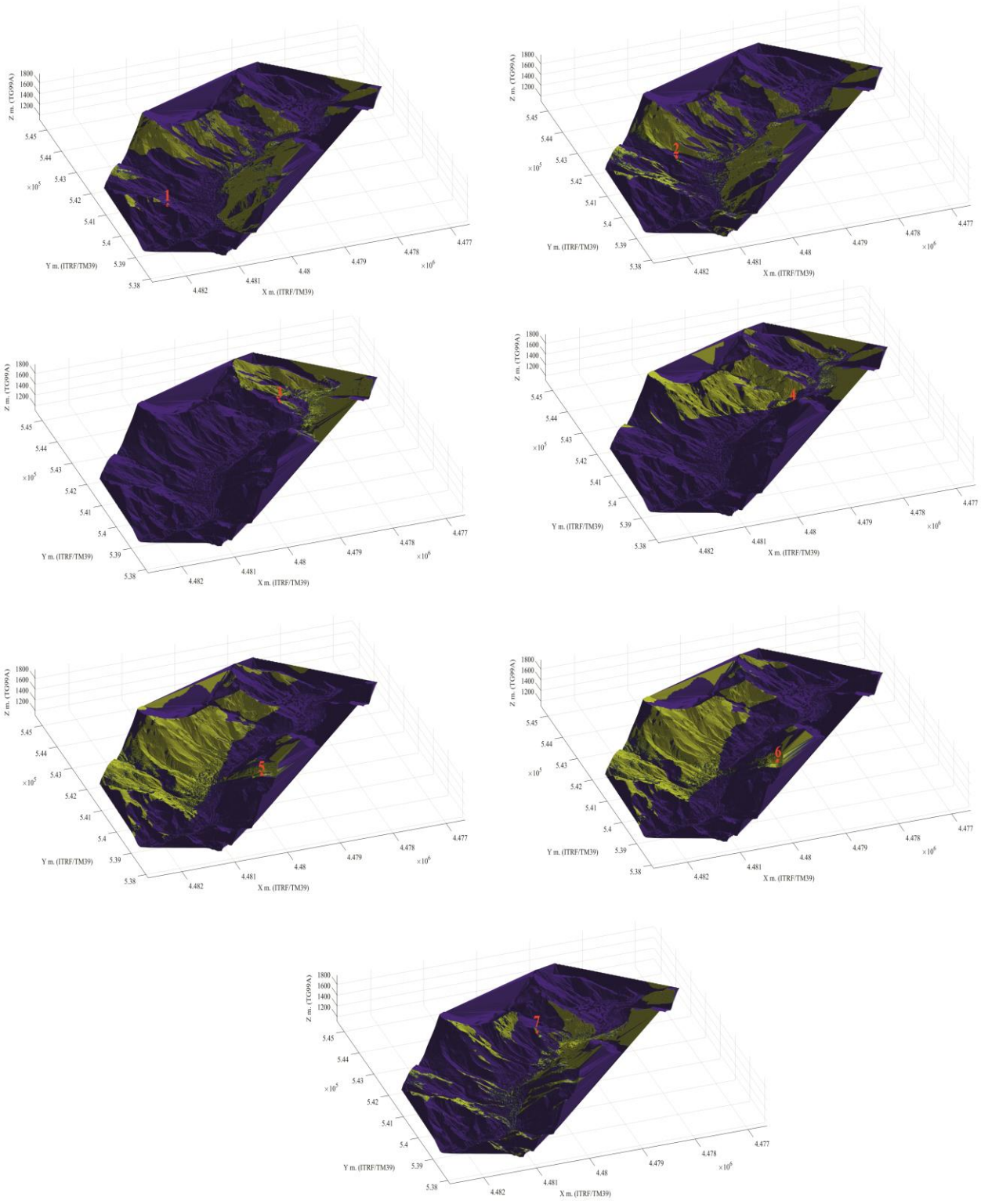
Tablo 1. Görünürlük analizi gerçekleştirilen gözlemci konumları ve kapsama alanları

Gözlemci No	X (m)	Y (m)	Görünür Alan (%)
1	540290	4481674	8.96
2	541426	4481207	13.06
3	543414	4478599	6.11
4	542146	4478889	8.15
5	540417	4479770	13.12
6	540498	4479557	11.94
7	542857	4479594	11.40

Görünürlük analizi sonucunda ilgili SYM ızgarasındaki her bir hücre gözlemci tarafından görülebiliyorsa 1, görülmüyorsa 0 ile işaretlenmiştir. Bu kapsamda, gözlemci tarafından görünen ızgara sayısının, toplam ızgara sayısına oranı görünür alanın hesaplanmasında kullanılmıştır. Görünürlük analizi için 7 farklı gözlemci noktasının yüksekliklerine ortalama insan göz seviyesi olarak 1.60 m eklenerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. 7 farklı nokta belirlenirken ilgili yerlere araç ile ulaşımın olmasına, araziye hâkim tepede yer almasına ve şehir merkezine uzak olmamasına dikkat edilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucu oluşan görünür alanlar Şekil 4'de gösterilmiştir. Analiz sonucunda 5 numaralı gözlemcinin en fazla alanı gördüğü tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu alan seyir terası tesisi için en uygun nokta olarak belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Görünürlük analizi, belirli bir bakış açısından gözlemlenen alanları görünür ve görünmez bölgelere ayıran bir tekniktir. Bir 3B nesnenin görünen kısmının hesaplanması, fotogrametri, bilgisayarlı görü, robotik ve CBS uygulamalarında önemli bir problemdir. Görünürlük analizi, belirli bir bakış açısından gerçekleştirilmektedir. İlgili analizin gerçekleştirilmesi için uydu görüntülerinden veya lazer tarayıcılardan/fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutlarından faydalanılmaktadır. Fotogrametrik olarak üretilen nokta bulutları yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip



Şekil 4. Seyir terası kurulması planlanan noktaların görünürlük analizleri. (Kırmızı nokta gözlemci konumunu, sarı alanlar gözlemci tarafından görülen alanları ve mavi alanlar gözlemci tarafından görülmeyen alanları ifade etmektedir)

olduğundan görüş alanını etkileyebilecek küçük nesnelerin hesaplamalara dâhil edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada profesyonel dijital hava fotoğrafları kullanılarak yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip nokta bulutu fotogrametrik olarak üretilmiştir. Gürültüden arındırılması için istatistiksel aykırı değer kaldırma yöntemi ile nokta bulutu filtrelenmiş ve ardından ızgara SYM'ye dönüştürülerek görünürlük analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda en fazla görüş alanına sahip gözlemci 5 noktası Gümüşhane'nin batısında yer almakta ve şehir merkezinin büyük çoğunluğunu görmektedir. Kurulması muhtemel seyir terası için en uygun yer olarak belirlenmiştir.

5. Teşekkür

Çalışma kapsamında Gümüşhane'ye ait fotogrametrik verilerin temininde yardımlarından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Hasan Tahsin Bostancı ve Dr. Öğretim Üyesi Resul Çömert'e teşekkür ederim.

Kaynakça

- Aleksandrov, M., Zlatanova, S., Kimmel, L., Barton, J., & Gorte, B. (2019). Voxel-Based Visibility Analysis For Safety Assessment Of Urban Environments. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences*, 4.
- Alphan, H. (2021). Modelling potential visibility of wind turbines: A geospatial approach for planning and impact mitigation. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 152, 111675.
- Alsadik, B., Gerke, M., & Vosselman, G. (2014). Visibility analysis of point cloud in close range photogrammetry. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences*, 2(5), 9.
- Amidon, E. L., & Elsner, G. H. (1968). Delineating landscape view areas... a computer approach. *Res. Note PSW-RN-180. Berkeley, CA: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest Range Experiment Station*, 180.
- Brabyn, L. (2015). Modelling landscape experience using "experions". *Applied Geography*, 62, 210-216.
- Civicioglu, P., & Besdok, E. (2021). Bezier Search Differential Evolution Algorithm for numerical function optimization: A comparative study with CRMLSP, MVO, WA, SHADE and LSHADE. *Expert Systems with Applications*, 165, 113875.
- Karkinli, A., Kesikoğlu, A., Kesikoğlu, M., Atasever, Ü., Özkan, C., & Beşdok, E. (2015). İnsansız hava araçları ile sayısal arazi modeli üretimi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VIII. Sempozyumu*, 21-23.
- Katz, S., Tal, A., & Basri, R. (2007). Direct visibility of point sets. In *ACM SIGGRAPH 2007 papers* (pp. 24-es).
- Kim, Y.-H., Rana, S., & Wise, S. (2004). Exploring multiple viewshed analysis using terrain features and optimisation techniques. *Computers Geosciences*, 30(9-10), 1019-1032.
- Klampfer, S., Mohorko, J., Čučej, Ž., & Chowdhury, A. (2011). Simulation of radio-visibility impact on the provided quality of service within the Wimax network. *Informacije MIDEM*, 41(3), 197-201.
- Leduc, T., & Hartwell, K. (2020). The automatic classification of urban open space by a pattern-matching method of the viewshed at intersections. *Environment Planning B: Urban Analytics City Science*, 47(6), 1065-1080.

- Lee, K. Y., Seo, J. I., Kim, K.-N., Lee, Y., Kweon, H., & Kim, J. (2019). Application of viewshed and spatial aesthetic analyses to forest practices for mountain scenery improvement in the Republic of Korea. *Sustainability*, 11(9), 2687.
- Mauro, C. M., & Durastante, F. (2020). Evaluating visibility at sea: Instrumental data and historical nautical records. Mount Etna from the Calabrian Ionian coast (Italy). *The Journal of Island Coastal Archaeology*, 1-22.
- Nutsford, D., Reitsma, F., Pearson, A. L., & Kingham, S. (2015). Personalising the viewshed: Visibility analysis from the human perspective. *Applied Geography*, 62, 1-7.
- Tandy, C. (1967). The isovist method of landscape survey. *Methods of landscape analysis*, 9-10.
- URL. (Son Erişim 10/08/2021). <https://raw.githubusercontent.com/grinsted/ImGRAFT/master/voxelviewshed.m>.
- Williamson, C. A., & McLin, L. N. (2015). Nominal ocular dazzle distance (NODD). *Applied Optics*, 54(7), 1564-1572.