

HABİTAT BAĞLANTILILIĞININ ÇİZGE TEORİSİ TEMELLİ PEYZAJ METRİKLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: ADANA İLİ ÖRNEĞİ

Gülnehal KURT¹, Müge KÜLAHLIOĞLU² & Süha BERBEROĞLU³

¹Doktora Öğr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01380, Adana, gulnihalkurt@gmail.com

²Arş.Gör., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01380, Adana, mkulahlhoglu@cu.edu.tr

³Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01380, Adana, suha@cu.edu.tr

ÖZET

Kentsel ekolojik ağ yapısının bağlantılılık analizleri kapsamında incelenmesi ve ekolojik altyapının somut olarak ortaya konulması yapılacak planlama çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır. Kent ve çevresinde sürdürülebilir gelişimin desteklenmesi ve iklim değişikliğine karşı direncin sağlanması açısından habitat bağlantılılığının değerlendirilmesi peyzajın ekolojik akışındaki sürekliliği sağlamak açısından önemlidir. Adana ili ve çevresinde artan kentleşme eğilimi ile kendini gösteren Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım (AÖAK) değişiklikleri sonucu peyzaj deseninde birtakım değişiklikler meydana gelmiştir. Bu kapsamda habitat bağlantılılığın somut bir şekilde ele alınması, güncel veya potansiyel habitat parçalanmalarının izlenmesi için çizge teorisi temelli peyzaj metrikleri analizi yaklaşımı ile Adana ili ve çevresi örneğinde yapılan bir çalışma sunulmuştur. Çalışmanın ana materyalini oluşturan Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım (AÖAK) haritası 2022 yılına ait Sentinel 2A görüntüsü kullanılarak Google Earth Engine (GEE)'de Obje Tabanlı Sınıflama yöntemi ile elde edilmiştir. Akarsular, Ormanlık Alanlar ve Kentsel yeşil alanlar kapsamında peyzaj bağlantılılığı GRAPHAB 2.8 yazılımı ile CC (Connectivity correlation), F (Flux), IIC (Integral index of connectivity) ve PC (Probability of connectivity) gibi ilgili indekslerle analiz edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile habitat bağlantılılığının artırılması ile kent ekosisteminin yapısını güçlendirecek daha ayrıntılı çalışmalara altlık hazırlamak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Habitat bağlantılılığı, Peyzaj deseni, Peyzaj metrikleri, Peyzaj planlama, Çizge teorisi

ABSTRACT

ASSESSMENT OF HABITAT CONNECTIVITY WITH GRAPH THEORY BASED LANDSCAPE METRICS: THE CASE OF ADANA CITY

Examination of the urban ecological network structure with connectivity analyzes and revealing the ecological infrastructure play an important role in planning studies. Evaluation of habitat connectivity is important to ensure continuity in the ecological flow of the landscape in terms of supporting sustainable development in city and providing resistance to climate change. As a result of the Land Cover/Land Use (LULC) changes, which are manifested by the increasing urbanization trend in Adana province and its surroundings, some changes have occurred in the landscape pattern. In this context, a study is presented in the example of Adana province and its surroundings, with a graph theory-based landscape metrics analysis approach, in order to address habitat connectivity in a concrete way and to monitor current or potential habitat fragmentation. The LULC map, which constitutes the main material of the study, was obtained with the Object Based Classification method in Google Earth Engine (GEE) using the Sentinel 2A image. Landscape connectivity were analysed with LULC classes (Water courses, forests and green urban areas) using GRAPHAB 2.8 software with related indexes such as CC (Connectivity correlation), F (Flux), IIC (Integral index of connectivity) and PC (Probability of connectivity). With this study, it is aimed to prepare a base for more detailed studies that will strengthen the structure of the urban ecosystem by increasing habitat connectivity.

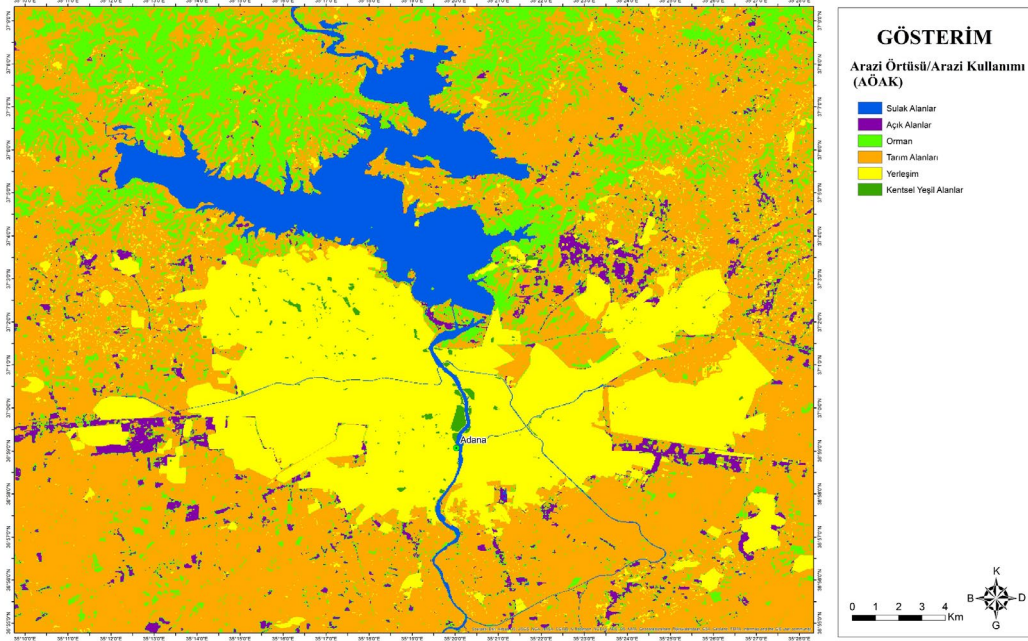
Keywords: Habitat connectivity, Landscape pattern, Landscape metrics, Landscape planning, Graph theory

1. GİRİŞ

Hızlı kentleşme sürecinde kentsel peyzaj sürekli olarak ekolojik peyzajı işgal etmekte ve ekosistemin bütünlüğü baskı altında kalmaktadır (Li vd., 2011; Fahrig ve McGill, 2019). Kentsel alanlarda, habitat yamaları azalır, peyzaj parçalanması yoğunlaşır ve habitat yamaları arasındaki bağlantı azalır, bu da ekosistem yapısının tahrip olmasına

Çalışmada Adana iline ait Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım haritası kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan harita Google Earth Engine bulut platformu kullanılarak obje tabanlı sınıflanmıştır. Çalışma alanına ait 2021 yılı Sentinel-2uydu

görüntüsünün Google Earth Engine üzerinden SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) algoritması ile segmentasyonu yapılmıştır. AÖAK haritasında Sulak Alanlar, Açık Alanlar, Orman, Tarım Alanları, Yerleşim, Kentsel Yeşil Alanlar olarak 6 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 2) (Kurt vd., 2022).



Şekil 2. AÖAK haritası

1.2. Peyzaj Bağlantılılığı

Peyzaj bağlantılılığı, mekânsal bağlantılılık analizi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan peyzaj habitat kaynakları arasındaki türlerin ve diğer ekolojik akışların hareketini destekleme veya engelleme derecesi olarak tanımlanabilmektedir (Taylor vd., 1993). Günümüzde meydana gelen arazi kullanım değişiklikleri ile doğal alanlar azalmakta ve parçalanmakta ve habitatlar arası işlevsel bağlantıların kalitesini düşürmektedir. Peyzaj bağlantılılığının güçlendirilmesi, doğa koruma yönetim stratejilerini doğrudan etkileyen önemli bir etken haline gelmiştir (Heller ve Zavaleta, 2009; Rabinowitz ve Zeller, 2010). Ayrıca, grafik tabanlı bağlantı ölçütleri, kısa vadede bir yedek tasarım algoritması için ve uzun vadede bağlantıya ilişkin verimli saha çalışmaları tasarlamak için kullanılabilecek bir peyzajdaki bireysel yamaların önemi hakkında hızlı bir şekilde bir ilk tahmin sağlayabilir.

1.3. Peyzaj Metriklerinin Analizinde Çizge Teorisi

Çizge teorisi, habitatlar arası bağlantının yama veya peyzaj düzeyinde analiz edilmesine, yapısal ve fonksiyonel bağlantılılığın ölçülmesine olanak tanıyarak, habitat ağları arasındaki bağlantının ve bu bağlantıya ait dinamiklerin temsilini sağlamaktadır. Habitatlar arası bağlantılılığın analizinde çizge teorisinin kullanımı ile az sayıda girdi verisi kullanılarak ayrıntılı bir sonuca varmak mümkün olmakta, böylelikle büyük ölçekli çalışmalarda alınacak koruma kararları için bağlantılılığın karakterizasyonunun ortaya koyulmasında faydalı bir araç olabilmektedir (Calabrese ve Fagan 2004).

Ağ bileşenleri (Component), birbirine bağlı fakat peyzajın geri kalanından ayrılmış olan düğüm (node) kümelerinden oluşmaktadır. Peyzajın içerisindeki herhangi bir hareket, birbirine bağlı iki düğüm arasında gerçekleşebilse de çoğu zaman bileşenler arasında zayıflamaktadır. Kümeleme (Clustering) aynı düğümün en yakın iki komşusunun da karşılıklı komşu olma olasılığını ifade etmektedir (Minor ve Urban, 2008). Çalışma kapsamında kullanılan bağlantılılık metrikleri Tablo 1.'de açıklanmıştır.

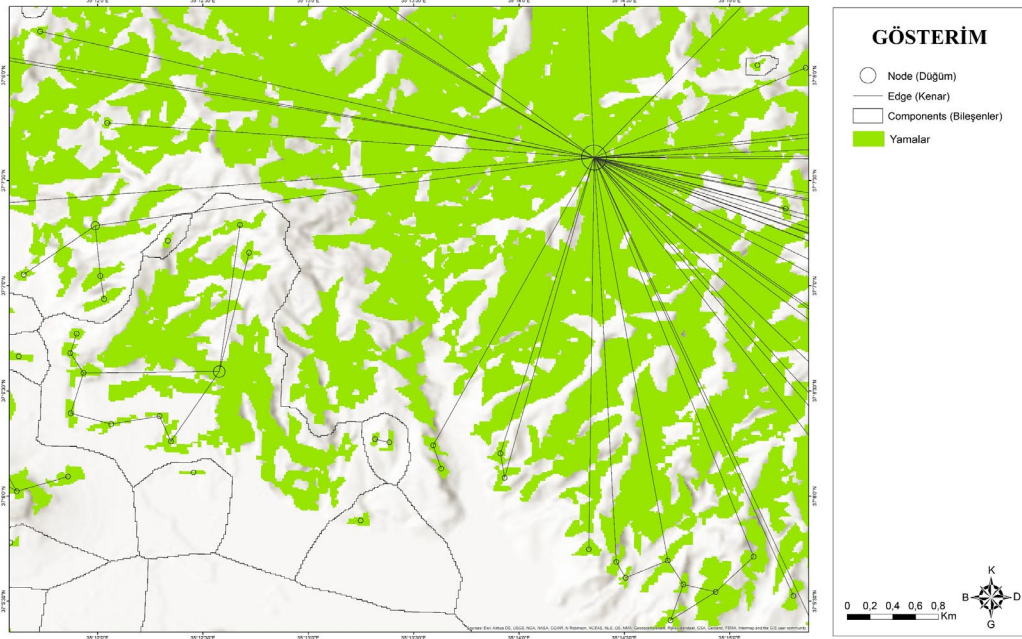
Tablo 1. Analizi yapılan bağlantılılık metrikleri ve açıklamaları

Metrik	Formül	Açıklama	Referans
PC (Probability of Connectivity)	$PC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \cdot a_j \cdot p_{ij}^*}{A_L^2}$	PC, peyzaj içine rastgele yerleştirilen iki noktanın birbiriyle etkileşimli olan habitat alanlarına düşme olasılığını ölçer. PC, habitat birimlerinin (a_i) özelliklerini ve habitat birimleri arasında hareket ederken izlenebilecek tüm yolların maksimum ürün olasılığını hesaplar. Toplam peyzaj alanının karesine (A_L^2) bölünmesi, 0'dan 1'e kadar olan varyasyon indeks aralığını normalleştirir.	Saura ve Pascual-Hortal (2007)
IIC (Integral index of connectivity)	$IIC = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{((a_i \cdot a_j)/1 + n l_{ij})}{A_L^2}$	IIC, kavramsal olarak PC'ye benzer, ancak IIC, dağılım olasılıklarından ziyade, iki habitat biriminin bağlı olduğu veya bağlanmadığı ikili bir bağlantı modeline dayanır. $n l_{ij}$, topolojik mesafedir, yani i ve j birimleri arasındaki en kısa yoldaki bağlantıların sayısıdır. Formülün geri kalan kısmı PC ile aynıdır.	Pascual-Hortal ve Saura (2007)
CC (Connectivity Correlation)	$CCor_i = \frac{ N_i ^2}{\sum_{j \in N_i} N_j }$	CC, genel anlamda bağlantılılık yüzdesini vermektedir. Düğümünün derecesi (i) ile komşu yamaların derecesi (j) arasındaki oranı ifade eder.	Minor ve Urban (2008)
F (Flux)	$F_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n a_j^\beta e^{-\alpha d_{ij}}$	Belirli bir düğümün akış oranı düğüm ile ağına geri kalanı arasında meydana gelen dağılım miktarını belirler. Odak yama i için, i dışındaki yamaların kapasitelerinin toplamı ve grafik boyunca odak yamaya olan minimum mesafelerine göre ağırlıklandırılır. Bu toplam, i yamasından veya tersine i yamasından potansiyel dağılımın bir göstergesidir.	Urban ve Keitt (2001), Saura ve Torné (2009), Foltête vd, 2012b

2. DEĞERLENDİRME

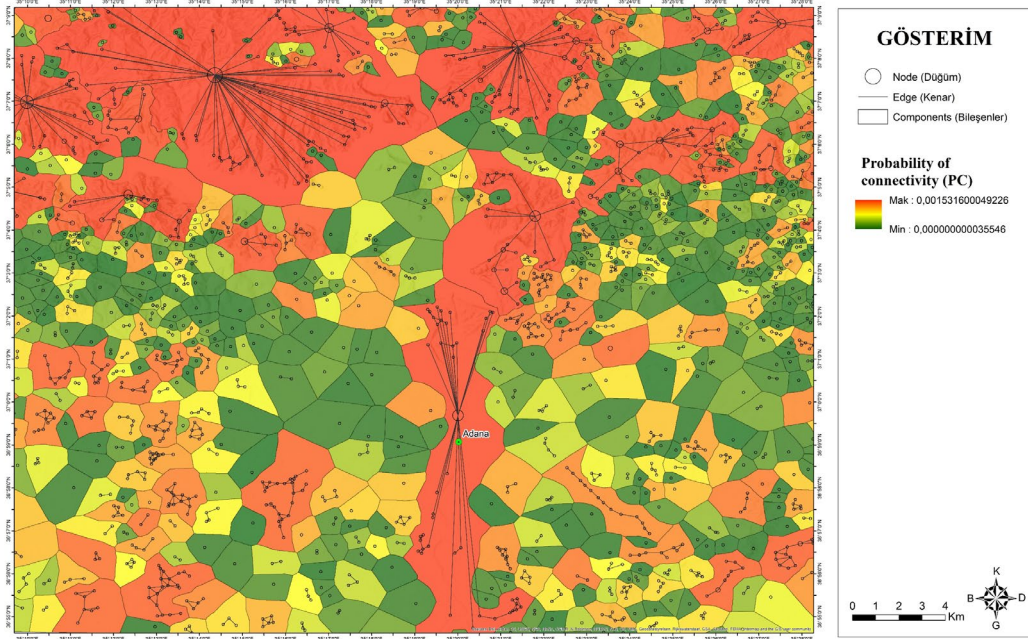
Çalışma alanı kapsamında yapılan analizde GRAPHAB 2.8 yazılımı kullanılmıştır (Foltête vd., 2021). Yapılan sınıflama sonucu elde edilen Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım (AÖAK) Haritası yapılan analizin ana materyalini oluşturmaktadır (Kurt vd., 2022). Akarsular, Ormanlar ve Kentsel yeşil alanlar kapsamında peyzaj bağlantılılık analizi yapılmıştır. Girdi verisi olarak üretilen bir dizi habitat birimi ve bağlantılar ile olasılıksal bir bağlantı modeli oluşturulmuş, düğümlere veya bileşenlere atanan değerlerin interpolasyonu yapılarak haritalandırılmıştır.

En küçük yama büyüklüğü 0.5 ha olacak şekilde belirlenerek yamalar oluşturulmuştur. Alan, tarımsal araziler ve şehir yapısı içeren matris üzerinde dağılım gösteren 1903 adet yama içermektedir ve bu yamalar yaklaşık 63,000 ha'lık alanın %12.8'ini oluşturmaktadır. Oluşturulan düğümlerin kapasitesi, bazı alan bağlantı ölçütlerinin ve ağırlıklı bağlantı ölçütlerinin hesaplanmasına doğrudan dahil edilmiştir. Düğümler kapasitelerine göre görselleştirilmiş, daha büyük bir popülasyonu temsil eden yamalar daha büyük düğümler ile ifade edilmiştir. Düğümleri birbirine bağlayan kenarlar, alanın Sayısal Yükseklik Modelinden elde edilen eğim verisi göz önüne alınarak oluşturulmuş yamalar arasındaki en kısa mesafeyi ifade etmektedir (Şekil 3).



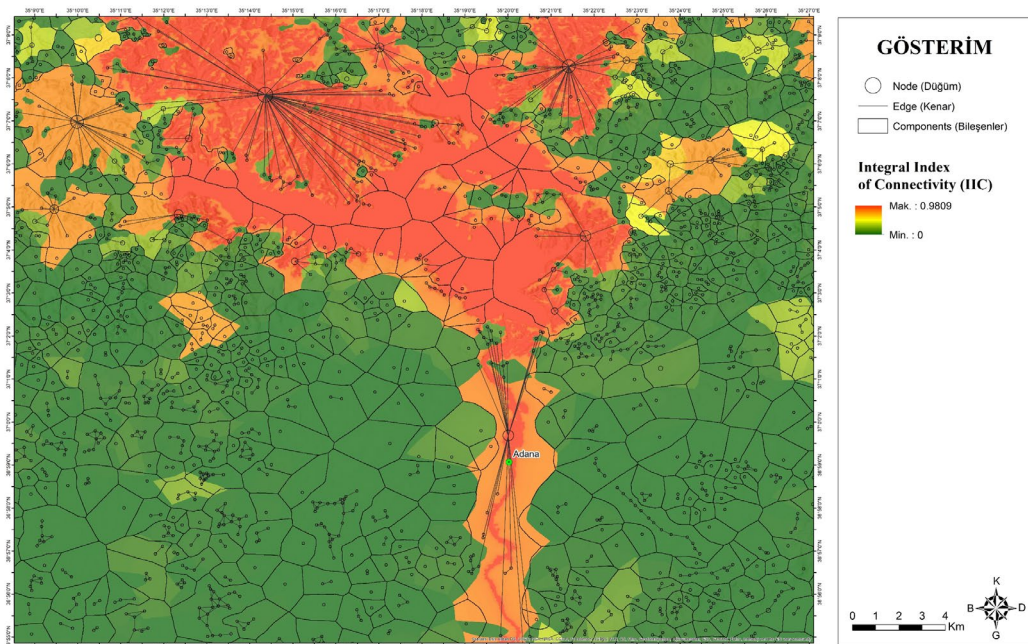
Şekil 3. Peyzaj desenine ait yama, düğüm, kenar ve bileşenler

PC ve IIC metrikleri, alanın tamamında uygulanan peyzaj ağının genel bağlantılılığı ile ilgili bilgi almak için uygulanan metriklerdendir (Saura ve Pascual-Hortal, 2007; Saura vd., 2011). Peyzaj içerisinde yer alan tüm yamaların arasındaki bağlantılılığının olasılıklarını belirler. Sadece bağlantılılık değil aynı zamanda yamaların birbirleri ile bağlantı şekilleri de önemlidir. Yama içinde gerçekleşebilecek tür hareketlerinin devamlılığını ve bu devamlılığın çeşit gösterebilmesi için bağlantı uygunluklarını belirlenmesinde kullanılan metriklerdir. PC metriği ile yama içerisinde habitatların miktarından ziyade erişebilirliği ön plandadır. Bu oran en yüksek 0,001 ile oldukça düşük çıkmıştır (Şekil 4).



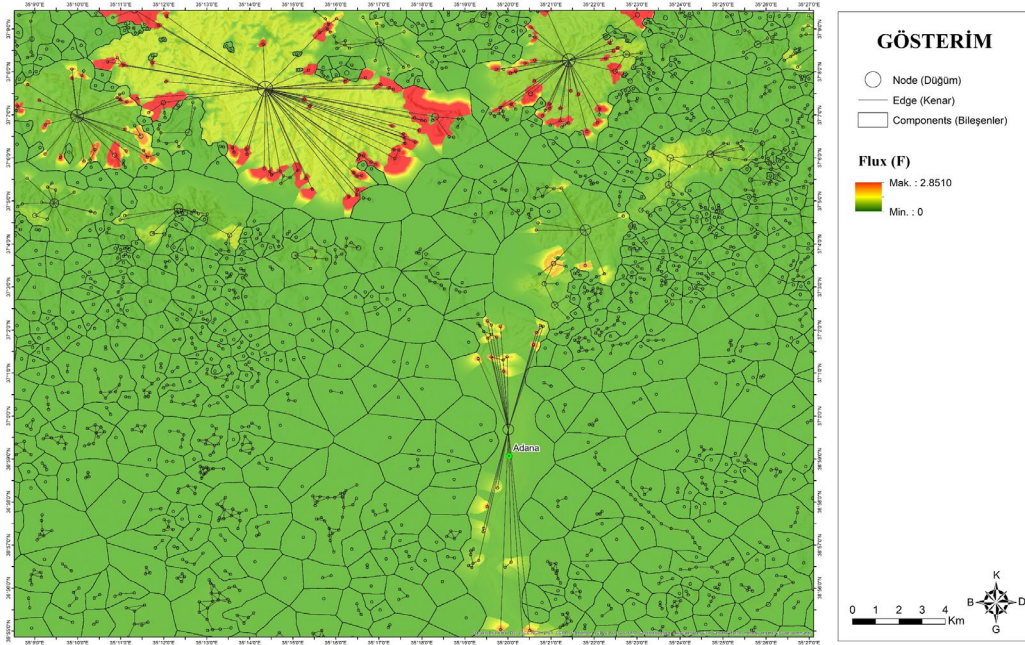
Şekil 4. PC (Probability of connectivity) indeksi ile hesaplanan bağlantılılık haritası

IIC metriği topolojik özellikleri (ağ bağlantısı) orman habitat alanı nitelikleriyle bütünleştirdiği için bir habitat mevcudiyeti indeksi olarak kabul edilir (Pascual-Hortal ve Saura 2006). IIC gibi bir habitat mevcudiyet indeksi, iki büyük (ör. 1.000 ha) izole orman yamasıyla bir peyzajı, iki bağlantılı ancak küçük (ör. 10 ha) yamaya sahip diğer peyzajlara göre daha bağlantılı olarak tanımlayabilir, çünkü büyük yamalardan yalnızca biri tüm küçük parçalardan (bağlı olsalar bile) daha fazla kullanılabilir habitat yaşam alanı sağlar. Bir tür için habitat mevcudiyeti, habitat yamaları zayıf bağlantılıysa ve aynı zamanda habitat çok bağlantılı ancak çok kıt ise düşük olabilir. Ayrıca, IIC, ister bağlantı kaybı, orman alanı kaybı veya orman değişikliği olsun, orman manzarasını etkileyebilecek her türlü olumsuz değişimin tespitini sağlar (Pascual-Hortal ve Saura, 2006). IIC, 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Şekil 5'te görüldüğü gibi şehir merkezinin kuzeyinde yer alan orman yamalarının ve Seyhan nehrinin oluşturduğu yamanın içerisinde habitat varlığının yüksek olduğu görülmektedir.

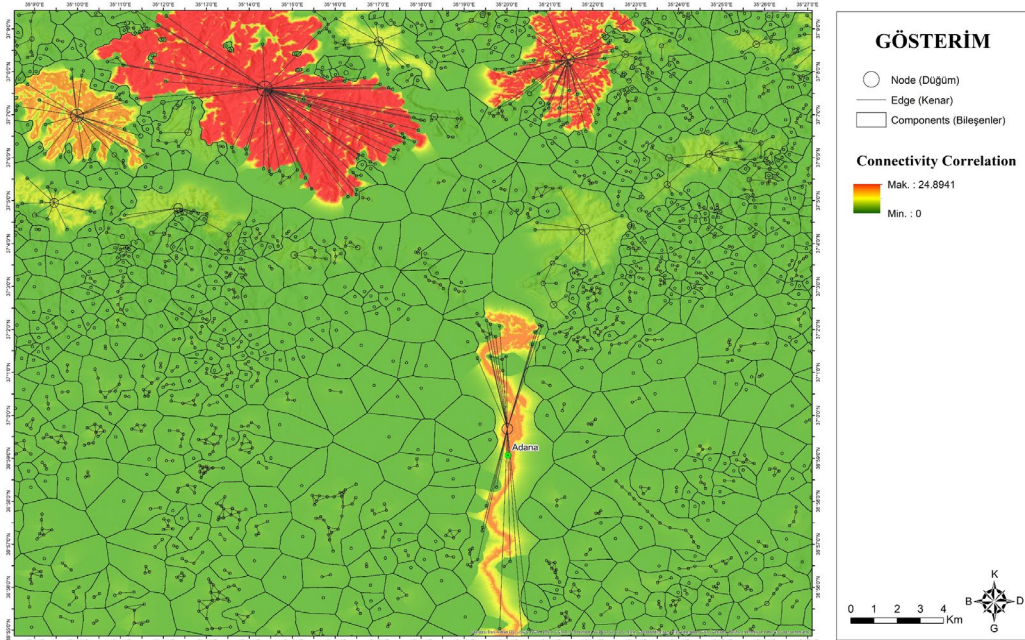


Şekil 5. IIC (Integral index of connectivity) indeksi ile hesaplanan bağlantılılık haritası

Çalışma kapsamında hesaplanan F ve CC yerel metriklerdendir. F indeksi ile yamalar içerisinde enerji akışına en açık ve parçalılığa en müsait alanlar belirlenmektedir. Korunması gereken alanlar planlanırken bu alanlara öncelik verilmesi gerekmektedir (Şekil 6). Şekil 7’de yer alan CC indeksi ile bağlantılılık yüzdesi verilmektedir. Şehir merkezinin kuzeyinde yer alan ormanların bağlantılılığı yüksek olarak belirlenmiş ancak sucul bitkilerin ve canlıların önemli bir yaşam alanı olan nehir ağı boyunca bağlantılık daha düşük olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. F (Flux) indeksi ile hesaplanan bağlantılılık haritası



Şekil 7. CC (Connectivity correlation) indeksi ile hesaplanan bağlantılılık haritası

3. SONUÇ

Son yıllarda Adana ili ve çevresinde artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması ihtiyacı kentleşme faaliyetlerini de giderek arttırmıştır. Artan kentleşme faaliyetleri ile yollar, barajlar ve sürekli yerleşim alanları inşa edilmeye başlanmış ve habitatlar arası akış azalmıştır. Doğal alanların, özellikle tarım alanları ve yerleşim alanlarının baskısı altında olması habitat parçalanmasının en büyük nedenlerinden biridir. Bu çalışma ile Adana ili ve çevresinde habitat bağlantılılığının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Alanın kuzeyinin, topografik yapısı itibari ile yükseklik değişimlerinin fazla olduğu görülmektedir. Bu bölgede yerleşim alanlarının daha az görülüyor olması doğal habitat yamalarının daha yoğun olmasına neden olmuştur. Yerleşim merkezlerinin dağılım gösterdiği alanlarda, kentsel yeşil alanların varlığı nedeniyle kısmen bağlantılılığın olduğu fakat özellikle Seyhan Nehri'nin oluşturduğu yamanın kompakt bir yapıdan ziyade ince ve uzun bir şekilde yayılım göstermesi bu yamanın çevresel alan kullanım baskılarına daha açık olduğu görülmektedir. Nehir çevresinde yeşil alanlarla oluşturulacak tampon zonlar ile birlikte olası baskıların engelleneceği ve bağlantılılığın arttırılacağı düşünülmektedir. Yapılan analizde bağlantılılığın yüksek olduğu dört ana yama olduğu, yamaların bağlantılılığının yerleşim alanları ile parçalandığı görülmektedir. Kent genelinde yeşil altyapı sistemlerinin entegre edilmesi ile bu ana yamaların birbirine bağlanması, kentsel biyoçeşitliliğin desteklenmesi ve ekosistem servislerinden yararlanılması konusunda önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKÇA

- Alves, A., Gersonius, B., Kapelan, Z., Vojinovic, Z., & Sanchez, A. (2019).** Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of environmental management*, 239, 244-254.
- Calabrese, J. M., & Fagan, W. F. (2004).** A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(10), 529-536.
- Dickson, B. G., Albano, C. M., Anantharaman, R., Beier, P., Fargione, J., Graves, T. A., ... & Theobald, D. M. (2019).** Circuit-theory applications to connectivity science and conservation. *Conservation Biology*, 33(2), 239-249.
- F. Li, X.S. Liu, X.L. Zhang. 2017,**Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems, *J. Clean. Prod.*, 163 (2017), pp. S12-S18, 10.1016/j.jclepro.2016.02.07
- Fahrig, L., Arroyo-Rodríguez, V., Bennett, J. R., Boucher-Lalonde, V., Cazetta, E., Currie, D. J., ... & Watling, J. I. (2019).** Is habitat fragmentation bad for biodiversity?. *Biological Conservation*, 230, 179-186.
- Foltête, J. C., Clauzel, C., Vuidel, G., & Tournant, P. (2012).** Integrating graph-based connectivity metrics into species distribution models. *Landscape Ecology*, 27(4), 557-569.
- Foltête J.-C., Vuidel G., Savary P., Clauzel C., Sahraoui Y., Girardet X., Bourgeois M. 2021.** Graphab: an application for modeling and managing ecological habitat networks. *Software Impacts*.8: 100065.
- Freeman, L. C. (1977).** A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- Gao, J., & Li, S. (2011).** Detecting spatially non-stationary and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using Geographically Weighted Regression. *Applied Geography*, 31(1), 292-302.
- Gavrilidis, A. A., Niță, M. R., Onose, D. A., Badiu, D. L., & Năstase, I. I. (2019).** Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. *Ecological indicators*, 96, 67-78.
- Guo, Y., Guo, J., Shen, X., Wang, G., & Wang, T. (2019).** Predicting the bioclimatic habitat suitability of Ginkgo biloba L. in China with field-test validations. *Forests*, 10(8), 705.

- Heller, N. E., & Zavaleta, E. S. (2009).** Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological conservation*, 142(1), 14-32.
- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., ... & Tabor, G. M. (2020).** Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. *Best practice protected area Guidelines Series*, 30, p-122.
- Hong, W., Guo, R., Su, M., Tang, H., Chen, L., & Hu, W. (2017).** Sensitivity evaluation and land-use control of urban ecological corridors: A case study of Shenzhen, China. *Land use policy*, 62, 316-325.
- Kurt, G., Külahhoğlu, M., Şahingöz, M., Çilek, A., & Berberoğlu, S. (2022).** Peyzaj Deseninin Peyzaj Metrikleri Kullanılarak Değerlendirilmesi: Adana İli Örneği.
- Luo, Y., Wu, J., Wang, X., Wang, Z., & Zhao, Y. (2020).** Can policy maintain habitat connectivity under landscape fragmentation? A case study of Shenzhen, China. *Science of The Total Environment*, 715, 136829.
- Lynch, A. J. (2019).** Creating effective urban greenways and stepping-stones: four critical gaps in habitat connectivity planning research. *Journal of Planning Literature*, 34(2), 131-155.
- McRae, B. H., & Beier, P. (2007).** Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19885-19890.
- Minor, E. S., & Urban, D. L. (2008).** A graph-theory framework for evaluating landscape connectivity and conservation planning. *Conservation biology*, 22(2), 297-307.
- Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. (2015).** Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and urban planning*, 134, 127-138.
- Pascual-Hortal, L., Saura, S., 2007.** Impact of spatial scale on the identification of critical habitat patches for the maintenance of landscape connectivity. *Landsc. Urban Plan* 83, 176–186, <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.04.003>.
- Peng, J., Pan, Y., Liu, Y., Zhao, H., & Wang, Y. (2018).** Linking ecological degradation risk to identify ecological security patterns in a rapidly urbanizing landscape. *Habitat International*, 71, 110-124.
- Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010).** A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological conservation*, 143(4), 939-945.
- Saura, S., & Pascual-Hortal, L. (2007).** A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and urban planning*, 83(2-3), 91-103.
- Saura, S., Vogt, P., Velázquez, J., Hernando, A., & Tejera, R. (2011).** Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. *Forest Ecology and Management*, 262(2), 150-160.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993).** Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 571-573.
- Tiwari, A., Kumar, P., Baldauf, R., Zhang, K. M., Pilla, F., Di Sabatino, S., ... & Pulvirenti, B. (2019).** Considerations for evaluating green infrastructure impacts in microscale and macroscale air pollution dispersion models. *Science of The Total Environment*, 672, 410-426.
- TÜİK, 2021,** Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>
- Zhou, X., & Wang, Y. C. (2011).** Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and urban planning*, 100(3), 268-277.