

KIRIKKALE İLİNDEKİ KENTSEL BÜYÜMENİN SLEUTH MODELİ İLE GELECEĞE YÖNELİK TAHMİNİ

Esra SONEL KANDEMİR¹, Fatih İŞCAN², Ceren YAĞCI³

¹Yük. Müh., Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Kentsel Dönüşüm Başkanlığı, 06530, Çankaya, Ankara, esrasonel@gmail.com

²Prof. Dr, Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42250, Selçuklu, Konya, fiscan@ktun.edu.tr

³Dr. Öğr. Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 80000, Merkez, Osmaniye, cerenyagci@osmaniye.edu.tr

ÖZET

Hızla artan dünya nüfusu, yerleşmenin kırsal bölgeden çıkarak kentsel bölgelere yerleşmesi ile hızlı kentleşmeye ardından da kentsel bölgelerin fiziksel olarak genişleyerek büyümesine neden olmuştur. Kentsel büyümenin kontrolsüz ve plansız olması kentle ilgili karar mekanizması açısından bir problem olarak gündeme gelmektedir. Çünkü bir kentte meydana gelecek değişimlerin önceden belirlenmesi kent ile ilgili alınacak kararlar açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle; bir kentin belirli bir zaman periyodu içerisinde ortaya çıkabilecek değişimlerin simülasyonu, gelişme-büyüme eğilimlerinin belirlenmesi, planlama çalışmaları kentin şekillendirilmesinde gerekli önlemlerin alınması açısından önem arz etmektedir. Planlı kentleşme ve planlı büyümenin sağlanması ise değişim ve gelişim eğilimlerinin önceden tahmin edilebilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, simülasyon modelleri yardımıyla olası değişimleri belirleme çalışmaları yapılmaktadır. Simülasyon modelleri, kentsel değişim eğilimlerinin belirlenmesinde öngörülerde bulunduğundan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama ve yeni matematiksel yöntemler ile pek çok kentsel büyüme modelleri geliştirilmiştir. Diğer taraftan, ulaşım ağı yatırımları kentin gelişmesine, kentin büyüme yönününün belirlenmesine ve arazi kullanımı üzerindeki değişikliklere etki eden önemli faktörler arasındadır. Çalışmada, ulaşım ağının arazi kullanımında meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi ve raylı ulaşım ağının kentsel büyüme etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. 2023 yılında hizmete açılan Ankara-Sivas yüksek hızlı tren (YHT) hattının güzergah üzerindeki istasyonlarından olan Kırıkkale ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ankara-Sivas YHT hattının Kırıkkale ili açısından kent büyüme modelini ne şekilde etkileyeceği sorusuna cevap aranması hedeflenmiştir. Böylelikle, kentsel politikalarda karar verme mekanizmasına bilimsel bir bakış açısı sunacağı düşünülmektedir. Bu amaçla, kentsel büyüme modellerinde sıklıkla kullanılan CBS temelli modelleme olan hücresel otomat tabanlı tekniklerden SLEUTH modeli ile Kırıkkale ilinde kentsel modelleme gerçekleştirilmiş ve arazi kullanımındaki olası değişimler izlenmiştir. Kırıkkale ilinde geleceğe yönelik raylı ulaşım ağının etkisinin görülebilmesi açısından 2040 yılına ait kentsel büyüme tahmini gerçekleştirilmiş ve olası arazi kullanım değişiklikleri izlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: CBS, kentsel büyüme, SLEUTH

ABSTRACT

FUTURE PREDICTIONS OF URBAN GROWTH IN KIRIKKALE PROVINCE USING THE SLEUTH MODEL

The rapid growth of the global population has led to a shift from rural to urban settlements, resulting in accelerated urbanization and the subsequent physical expansion and growth of urban areas. The uncontrolled and unplanned nature of urban growth emerges as a problem in terms of urban decision-making mechanisms. Predicting potential changes in a city is crucial for decision-making processes related to urban planning. Therefore, simulating potential changes within a city over a specific time period, identifying development and growth trends, and conducting planning activities are crucial for taking necessary measures in shaping the city. Achieving planned urbanization and controlled growth is possible through the prior prediction of change and development trends. Therefore, efforts are made to identify potential changes using simulation models. Simulation models, which provide insights into urban change trends, have led to the development of numerous urban growth models through Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, and new mathematical methods. On the other hand, transportation network investments are among the important factors that influence the development of the city, determine the direction of urban growth, and affect changes in land use. This study aims to identify the changes induced by the transportation network in land use and to evaluate the impact of the rail transportation network on urban growth. The Kırıkkale province, which is one of the stations on the Ankara-Sivas high-speed train (HST) line that became operational in 2023, has been selected as the study area. This is expected to provide a scientific perspective to the decision-making mechanisms in urban policies. For this purpose, urban modeling was conducted in Kırıkkale using the SLEUTH model, a cellular automata-based technique frequently employed in GIS-based urban growth modeling, and potential changes in land use were monitored. In order to assess the impact of the rail transportation network on Kırıkkale in the future, a forecast of urban growth for the year 2040 was conducted, and potential land use changes were monitored.

Keywords: GIS, urban growth, SLEUTH

1. GİRİŞ

Kentsel büyüme; fiziksel, çevresel ve sosyo-ekonomik nedenlere bağlı dinamik bir sistemdir. Büyük ölçüde yerel jeofizik, demografik ve sosyoekonomik koşullara bağlıdır ve bu koşullar arazi kullanımı değişikliğinin “itici güçleri”dir (Veldkamp ve Lambin, 2001). Arazi kullanımının/örtüsünün insan veya doğal yollarla değiştirilmesi arazi

yüzeyinin biyofiziksel ve biyojeokimyasal özelliklerini etkilediğinden, arazi kullanımı/örtüsü değişikliğinin büyük ölçekte izlenmesi önemlidir (Bala vd., 2007; Bonan, 2008).

Kentsel büyüme modelleri ile kentteki değişimin anlaşılması, etkili bir çevre planlaması, gelişme planları, kentsel politikaların oluşturulması, kent geleceğinin olası gelişimini tahmin etme ve geliştirmesine olanak sağlamaktadır (Aydın, 2015). Bu nedenle; son yıllarda, yeni teknolojik olasılıklar nedeniyle planlama çalışmalarında kentsel büyüme ve arazi kullanımı simülasyonlarını ortaya koyan modellerin kullanılması pek çok ülkede araştırmalara konu olmaya başlamıştır (Yağcı, 2020).

Diğer taraftan, ulaşım yatırımları, kentsel mekânın biçimlenmesini doğrudan etkileyen, kentsel fonksiyonların yer seçimi kararlarında yönlendirici etkisi olan ve kentin gelişim yönünü belirleyen temel etkenlerden biridir. Son dönemlerde yeni ulaşım yatırımlarının etkileri, buldukları kentin yakın veya çeper bölgelerinde yaşanan değişim süreci ile gözlemlenmektedir. Ulaşım yatırımları gündeme geldikleri andan itibaren kentin ana dinamiklerinde değişim sürecinin başlamasına ve bölgesel ölçekte mekânın farklı boyutlarda yeniden biçimlenmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla yeni ulaşım yatırımlarının etkisiyle erişilebilirliği ve çekiciliği artan bölgelerde yapılaşma baskısı ortaya çıkmakta, bu alanlar zaman içerisinde birçok kentsel fonksiyonların bir arada yer aldığı yapılı çevreye dönüştürmektedir (Özbay, 2018). Öte yandan, ulaşım altyapısı, hareketlilik hizmetleri ve arazi kullanımı arasındaki ilişki karmaşıktır ve çok yönlüdür; bu nedenle tam bir anlayış ve etkili yönetim için kapsamlı ve entegre bir yaklaşım gereklidir (Wang, 2019; Yağcı ve İşcan, 2024). Bu nedenle, literatürde ulaşım odaklı kentsel büyümeyle dair pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak raylı ulaşım ağlarından olan hızlı tren güzergahlarının kentsel büyüme etkisini inceleyen fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın, hızlı tren hattı gibi şehirler arası transit geçişi sağlayan ulaşım altyapılarının bulunduğu kentlere gelişim ve büyüme yönüyle ne ölçüde etki edeceği, diğer ulaşım ağları gibi temel ölçüde etki edip etmeyeceğinin değerlendirilmesi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada, yol etkisi büyüme kuralına göre kentsel büyümeyle gerçekleştirme yeteneğinden dolayı kentsel büyüme modellerinden olan SLEUTH yazılımı kullanılmıştır.

Ayrıca, SLEUTH yazılımı kullanım kolaylığı, dünya genelinde pek çok projede kullanılması, akademik ve ücretsiz bir yazılım olması nedeniyle tercih edilmektedir (Ayazlı, 2011). SLEUTH, C programlama dilinde yazılmış hücresel otomat temeline dayanan, kentsel değişim dinamiklerinin etkisi altındaki kentleri simüle etmek amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Modelin temelleri Dr. Keith C. Clark tarafından 1992 yılında atılmıştır. Kentsel büyümenin modellenmesi için kullanılan SLEUTH modeli araştırmalarda çok sık kullanılan ve kendini kanıtlamış bir modeldir. Açık kaynak bir yazılım olmasından dolayı araştırmacılar yerel araştırma alanlarına göre modeli zamanla geliştirmişlerdir (Yakup ve Ayazlı, 2021). SLEUTH, Unix tabanlı çalışan yazılım olup Windows işletim sisteminde kullanılabilmesi için Cygwin isimli ikinci bir yazılım gereksinimi duyulmaktadır (Ayazlı, 2022). SLEUTH modeli kentsel büyüme modeli ve arazi kullanım modeli olmak üzere iki modülden oluşmaktadır. Arazi kullanım modeli tek başına çalışmamakta ancak kentsel büyüme modeli bağımsız olarak çalışabilmektedir (Clarke ve Gaydos, 1998; Yağcı, 2020). Çalışmada, kentsel büyüme modellerinde sıklıkla kullanılan ve coğrafi bilgi sistemleri temelli modelleme olan hücresel otomat tabanlı tekniklerden SLEUTH modeli ile Kırıkkale ilinde kentsel modelleme gerçekleştirilmiş ve modelleme sayesinde arazi kullanımındaki olası değişimler izlenmiştir.

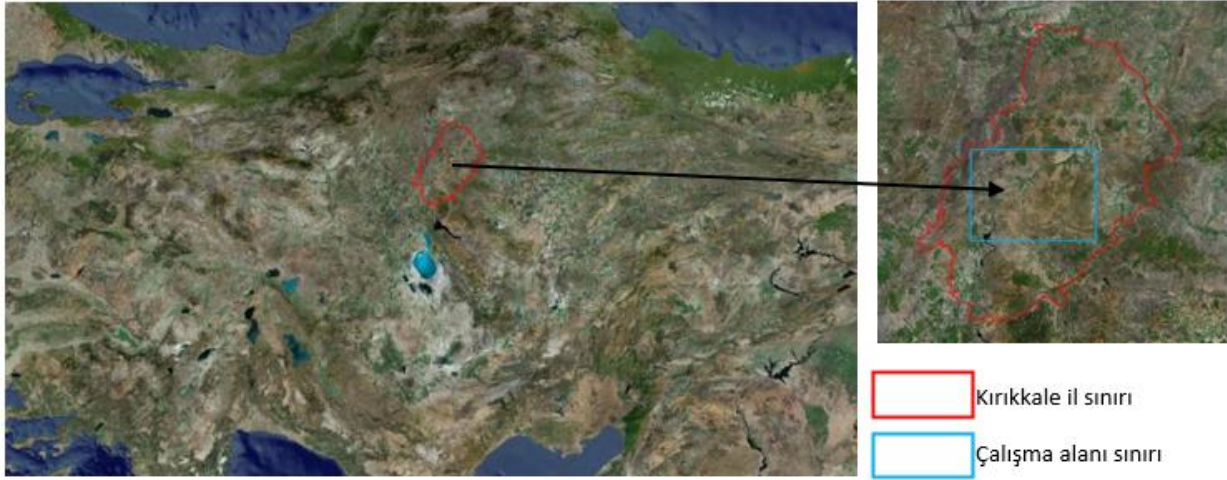
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, sayısal veri setlerinin oluşturulmasında, verilerin istenilen şekilde formatlanmasında, analizler sonucu elde edilen haritaların oluşturulmasında CBS yazılımlarından ArcGIS kullanılmıştır. Arazi kullanım değişimlerinden elde edilen kentleşme analizlerinin simülasyonu için CBS tabanlı hücresel otomat tekniği olan SLEUTH yazılımı kullanılmıştır.

2.1 Çalışma Alanı

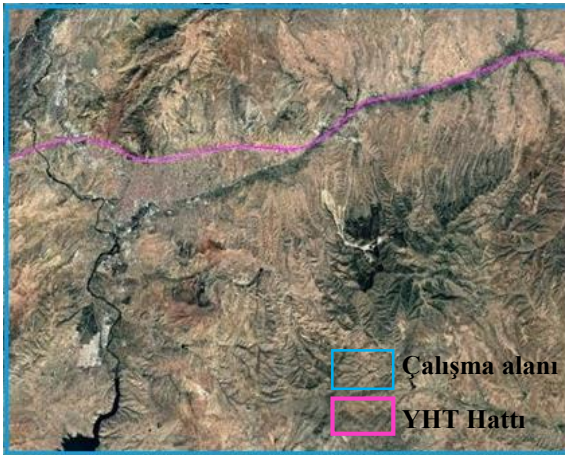
Kırıkkale ili İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, doğuda Çorum, Yozgat; batıda Ankara; kuzeyde Çankırı; güneyde Kırşehir illeri ile komşudur. Daha evvel Ankara'nın ilçelerinden biri olan Kırıkkale 1989 yılında il statüsü kazanmıştır. 4,791 km² yüzölçümüne sahiptir. 2024 TÜİK verilerine göre 2023 yılı sonu itibarıyla, Kırıkkale ili nüfusu 285.744'tür. Bu nüfusun %87,92'i şehir merkezlerinde yaşamaktadır. İl yüzölçümünün küçük bir bölümünü ovalar oluşturmaktadır. Kuzeydeki Çamlıca ve Karakaya tepeleriyle güneydeki Denek Dağı'nın arasında Kırıkkale Ovası uzanmaktadır. Kırıkkale ilinde yerleşimin önemli bölümü bu kısımda bulunmaktadır (URL 1). Kırıkkale ili Orta Anadolu, Orta ve Doğu Karadeniz ile Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinin kavşak noktasında olması ile önemli bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Diğer taraftan Türkiye Cumhuriyeti'nin önemli sanayi merkezlerinden birisi olan Kırıkkale, bünyesinde bulundurduğu önemli sanayi kuruluşlarıyla savunma ve petro-kimya sanayi faaliyetlerinin can damarı durumundadır. Cumhuriyetin ilk yıllarında Kırıkkale de bulunan sanayi şehrin büyümesine öncülük etmiştir (Kırıkkale Valiliği, 2018).

Çalışma alanı, Ankara-Sivas yüksek hızlı tren güzergahının geçtiği Kırıkkale ilçelerinden Merkez, Yahşiyan, Bahşılı ve Balışeyh ilçelerini kapsayan 32x40 km lik alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Ankara-Sivas yüksek hızlı tren hattına hizmet veren Kırıkkale istasyonu şehir merkezinin kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 2).

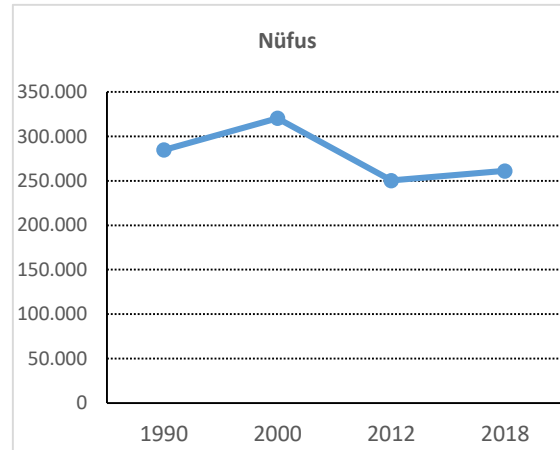


Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Çalışma alanını kapsayan ilçelerin (Merkez, Yahşiyan, Bahşılı, Balışeyh) yıllara göre toplam nüfus grafiği Şekil 3’de görülmektedir. Çalışma alanının nüfusu 1990 yılından 2000 yılına kadar geçen sürede artış göstermiş olup 2000 yılından 2012 yılına kadar olan sürede ise azalış göstermiştir. Fakat ardından 2012 yılından 2018 yılına kadar geçen sürede tekrar artış eğilimi göstermeye başlamıştır.



Şekil 2. YHT hattının çalışma alanındaki konumu



Şekil 3. Kırıkkale ili nüfus artışı (kişi)

2.2 Kullanılan Veriler ve Veri Temini

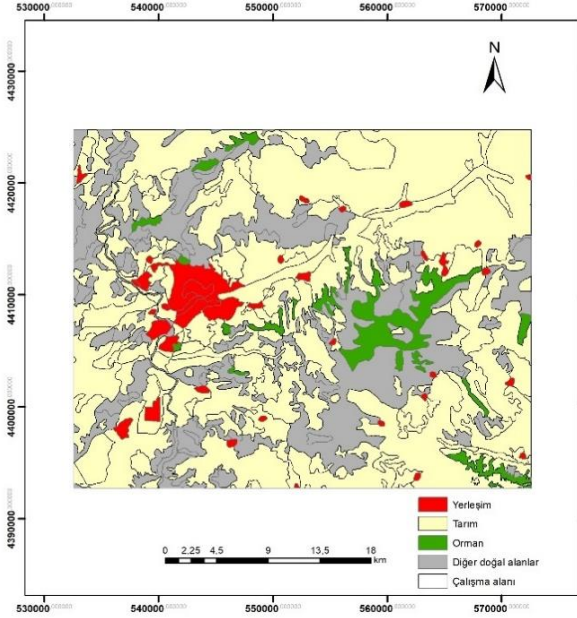
Çalışmada, yükseklik modeli için ASTER DEM görüntüsü kullanılmıştır. Bu yükseklik verisinden eğim ve gölgeleme haritaları elde edilmiştir. Ulaşım ağı verileri için Kırıkkale Belediyesinden temin edilen Nazım İmar Planı ve Google Earth Pro kullanılmıştır. Ankara-Sivas Hızlı Tren hattının Kırıkkale ilinden geçen güzergah verisi ise T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Arazi kullanım verileri için, CORİNE sınıflandırma sistemi verileri kullanılmıştır. 1990-2000-2012 ve 2018 yıllarına ait arazi kullanım verileri Copernicus platformundan indirilerek temin edilmiştir.

2.3 Model için Oluşturulan Girdi Verileri

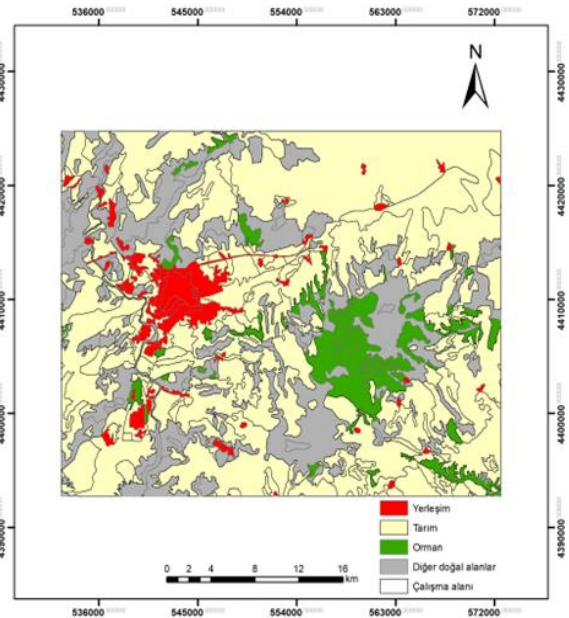
SLEUTH modeli için hazırlanması gereken veri setinin standartları gereğince, tüm girdi verileri aynı koordinat sisteminde ve aynı projeksiyonda, aynı mekânsal çözünürlükte hazırlanması gerekmektedir. Model, coğrafi bir veri tabanından gri tonlamalı GIF resim formatında dışa aktarılan veri katmanına ihtiyaç duymaktadır. Tüm girdi verileri hazırlanırken çalışma alanı olan Kırıkkale İlının bulunduğu coğrafi konum göz önüne alınarak WGS84 datumunda

E. Sonel Kandemir vd.: Kırıkkale İlindeki Kentsel Büyümenin SLEUTH Modeli ile Geleceğe Yönelik Tahmini

UTM projeksiyonunda 36 N koordinat sisteminde hazırlanmıştır. SLEUTH modeli; kentsel büyüme simülasyonunu gerçekleştirilebilmesi için eğim, arazi kullanımı, kentleşmeden hariç tutulan alan, kent katman verisi, ulaşım ağı, gölgeli rölyef (hillshade) girdi verilerine gereksinim duymaktadır. Çalışmada, SLEUTH modeli için gerekli olan bu altı farklı girdi verisi 50, 100, 200 metre çözünürlük olarak üç farklı veri setinde elde edilmiştir. Tüm veri setleri 8 bit özellikte ve “.gif” formatında oluşturulmuştur. Çalışmada 2 adet arazi kullanım verisi (1990-2018), 4 adet yerleşim verisi (1990-2000-2012-2018), 2 adet ulaşım (yol) (1990,2018) verisi, 2 adet harici katman verisi, 1 adet eğim verisi ve 1 adet gölgeleme verisi kullanılmıştır. Çalışma alanının arazi kullanım sınıfı; yerleşim, tarım, orman ve diğer doğal alanlar olarak dört sınıfa ayrılmıştır. Kırıkkale ilinin 1990 ve 2018 yıllarına ait arazi kullanım durumu sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 4. 1990 Arazi kullanımı



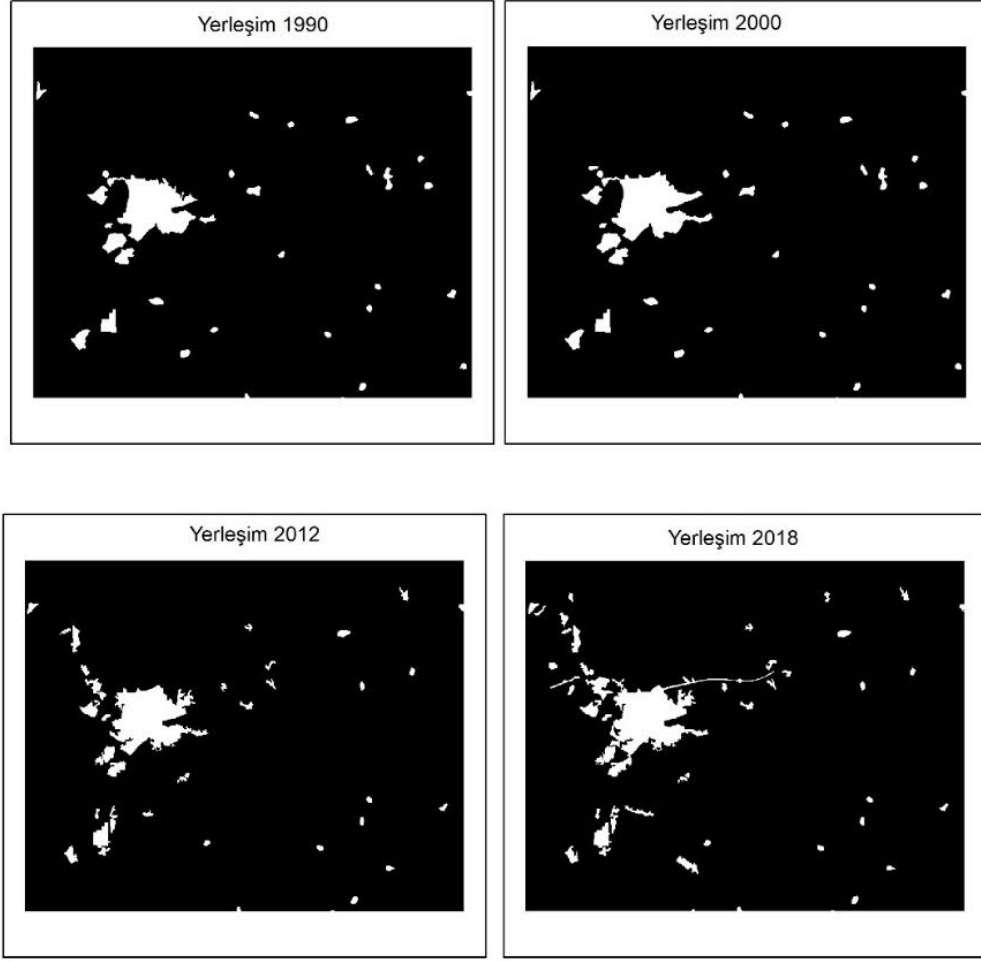
Şekil 5. 2018 Arazi kullanımı

Çalışma alanının 1990 ve 2018 yıllarına ait arazi sınıflarının miktarı ve bu yıllar arasındaki değişim durumu Çizelge 1’de yer almaktadır. Alanda, en fazla değişimin tarım sınıfında azalış yönünde olduğu görülmektedir. Orman sınıfında ise büyük oranda artış olduğu görülmektedir. Bu durum ise, aralıklı olarak küçük ağaçlardan meydana gelen bitki değişim alanı olarak ifade edilen arazi türünün ağaçlandırılması ile gerçekleşmiştir.

Çizelge 1. 1990 ve 2018 yıllarına ait arazi kullanım durumu.

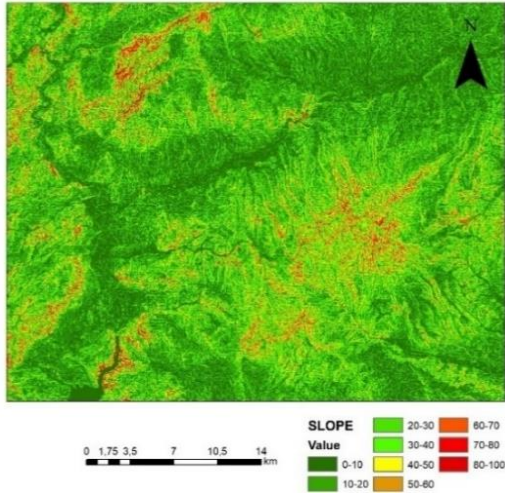
	1990 yılı	2018 yılı	Değişim (ha)	Değişim Durumu
Arazi Sınıfları	Alan (ha)	Alan (ha)	Alan (ha)	Artış/Azalış
Yerleşim	4.897,340124	6.140,316375	1.242,98	artış
Tarım	907.098,439668	751.808,446786	155.289,99	azalış
Orman	6.360,324647	10.135,533134	3.775,21	artış
Diğer Alanlar	57.391,672448	55.679,632	1.712,04	azalış

Çalışma alanını kapsayan 1990-2000-2012 ve 2018 yıllarına ait yerleşim katman verileri Şekil 6’da gösterilmektedir. Yerleşim alanında, 1990 yılından 2018 yılına kadar her geçen dönem bir önceki döneme göre artış meydana geldiği görülmektedir.

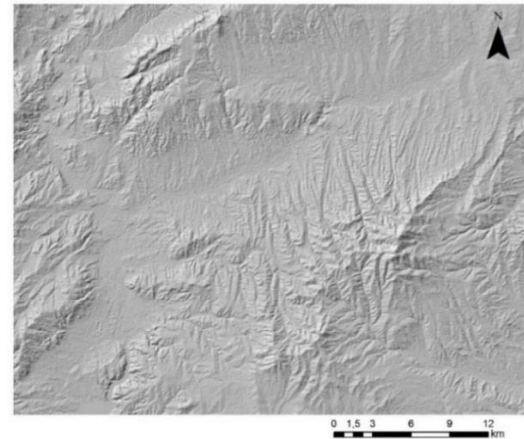


Şekil 6. Yıllara göre düzenlenmiş yerleşim katmanları

Eğim ve gölgeleme haritaları sayısal yükseklik modeli kullanılarak yüzdelik eğim (Şekil 7) ve gölgeleme haritası (Şekil 8) oluşturulmuştur.

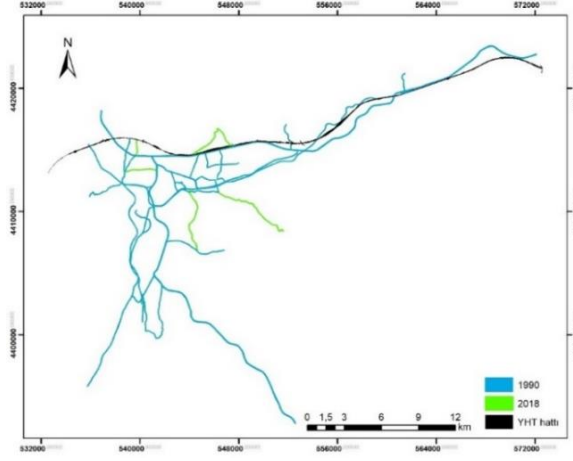


Şekil 7. Eğim



Şekil 8. Gölgeleme haritası (Gölgeli rölyef)

Çalışma alanının 1990 ve 2018 yıllarına ait yol katmanı verileri ile 2023 yılında hizmete açılan yüksek hızlı tren hattı Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Yol katmanları

Harici bölge katmanı farklı kentsel büyüme senaryoları oluşturmada çok etkili bir araç olarak kullanılmasına ve modelleme işleminin amacına göre sınıfların farklı koruma değerleri ile farklı senaryolara olanak sağlamaktadır (Uysal ve ark., 2016).

Çalışmada, gelecekteki kent büyümesinin değişiminin modellenmesi için 2 farklı senaryo kurgulanmış ve bu senaryolara ait 2 harici bölge katmanı oluşturulmuştur. Yol etkin büyüme kuralını kentleşmeye konu alan mevcut büyüme (senaryo 1) ve kontrollü büyüme (senaryo 2) harici bölge katmanları Şekil 10 ve Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 10. Mevcut büyüme harici bölgesi Şekil 11. Kontrollü büyüme harici bölgesi

Her bir harici bölge kendi içerisinde geliştirilen senaryoya göre gelecekteki büyüme için koruma limitine göre 0-100 arasında değerler verilmektedir. Bu çalışmada kullanılan 2 farklı senaryo için geliştirilen harici bölge katmanlarının aldığı değerler Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Senaryoların özellikleri

Senaryolar	Yol	Yüksek Hızlı Tren Hattı	Harici Bölge katmanı ağırlığı
Mevcut büyüme (Senaryo 1)	25	100	Tarım ve Orman alanlarına herhangi bir "koruma limiti alınmadan" oluşturulmuştur.
Kontrollü büyüme (Senaryo 2)	25	100	Tarım ve orman alanlarının "koruma limiti 80" alınarak oluşturulmuştur.

2.4 SLEUTH Modelleme Süreci ve Simülasyon Modellerinin Oluşturulması

SLEUTH modelinin genel yapısı, giriş verilerinin hazırlanması, model kalibrasyonu, model tahmini ve model çıktıları olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Giriş verilerinin hazırlanması bileşeni, model için oluşturulan girdi verileri bölümünde ele alınmıştır.

2.4.1 Test aşaması

SLEUTH modelinin yapısı gereği ihtiyaç duyulan giriş verilerinin hazırlanmasının ardından modelin ilk aşaması olan test aşaması başlatılabilir. Bu aşamada girdi verilerinin hazırlanmasında hata olup olmadığı tespit edilerek model kalibrasyonu için uygunluğu test edilmektedir. Test aşamasında; projeksiyon sistemindeki hatalar, piksel boyutundaki farklılıklar, isimlendirme hataları veya senaryo dosyasında meydana gelebilecek kaba hatalara ek olarak yüksek mekânsal çözünürlükteki verilerin kullanılması durumunda bellek hatası gibi hatalarla da karşılaşılabilir (Güneş, 2023).

2.4.2 Model kalibrasyonu

Kaba (coarse), iyi (fine), son (final) olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Kalibrasyonlardaki amaç büyüme katsayılarını belirlemektir. Kaba kalibrasyon işleminde, tam çözünürlüğün $\frac{1}{4}$ çözünürlüğüne sahip olan veri seti kullanılmalıdır. Çalışmada 200 metre çözünürlüğe sahip olan veri seti kullanılmıştır. İyi kalibrasyon işleminde ise, tam çözünürlüğün $\frac{1}{2}$ çözünürlüğüne sahip olan veri seti kullanılmalıdır. Çalışmada 100 metre çözünürlüğe sahip olan veri seti kullanılmıştır. Final kalibrasyon işleminde, çözünürlüğün tam ölçü değerine sahip olan veri kullanılmalıdır. Çalışmada, 50 metre çözünürlüğe sahip olan veri seti kullanılmıştır.

2.4.3 Tahmin aşaması

Üç aşamalı kalibrasyonun ardından tahmin modunu başlatmak için katsayısının temini aşaması vardır. Burada tahmin aşamasında kullanılacak değerler hesaplanır. Bu değerler en uygun katsayı değeri (best-fit value) olarak tahmin aşamasında kullanılmaktadır. Tahmin aşamasında, tam çözünürlüğe sahip veriler kullanılmalıdır. Çalışmada, 50 metre çözünürlüğe sahip olan veri seti kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Kırıkkale ilinde geleceğe yönelik iki farklı senaryo ile 2040 yılına ait kentsel büyüme tahmini gerçekleştirilmiş ve bu senaryolara göre olası arazi kullanım değişiklikleri izlenmiştir. Hazırlanan senaryolar şu şekildedir.

Senaryolar;

Senaryo 1: Bu senaryo ile raylı ulaşım ağının etkisinin görülebilmesi açısından oluşturulmuştur. Mevcut büyüme yüksek hızlı tren hattının etkisini değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Senaryo 2: Bu senaryo raylı ulaşım ağının çevresindeki tarım ve orman alanlarını korumak açısından oluşturulmuştur. Kontrollü büyüme ile yüksek hızlı tren hattı çevresindeki tarım ve orman alanlarının koruma sınırlarıyla korunduğu durumu değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Senaryolar bazında, tahmin sonucu belirlenen katsayı değerleri Tablo 3'te görülmektedir. SLEUTH modeli, büyüme kurallarının uygulanmasını beş adet büyüme katsayısındaki değişimler ile ilişkilendirerek gerçekleştirir. Bu beş adet büyüme katsayısı şunlardır.

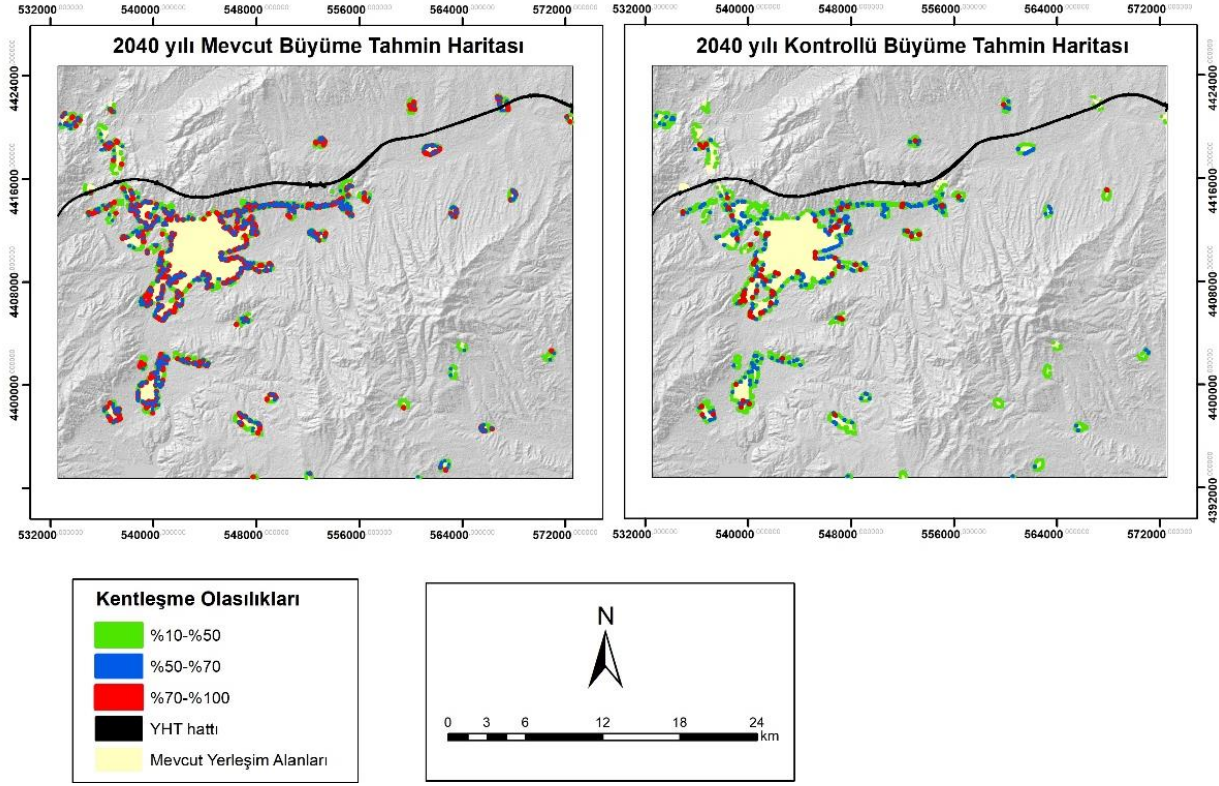
1. Saçılım katsayısı: Kentsel büyümenin dış doğru yayılma oranını belirler.
2. Ortaya çıkma katsayısı: Yeni bir kent merkezi oluşma olasılığını belirler.
3. Yayılım katsayısı: Mevcut ve yeni kentsel alanlar etrafındaki büyümeyi belirler.
4. Eğim katsayısı: Dik yamaçların kentleşme olasılığını belirler.
5. Yol çekimi katsayısı: Yol kenarlarındaki alanlarda büyümeyi belirler.

Çizelge 3'te yer alan katsayı değerleri, senaryolarda karşılaştırıldığında hem mevcut büyüme senaryosunda hem de kontrollü büyüme senaryosunda en büyük etkiye sahip olan katsayının eğim değeri olduğu görülmektedir. Bunun sebebi çalışma alanının dağlık olmasından dolayıdır. İkinci sırada ise yol çekimi etkisi yer almaktadır. Bu durum ise belirlenen senaryolarda kentleşmenin ulaşım ağlarından büyük oranda etkilendiğini göstermektedir.

Çizelge 3. Tahmin sonucu belirlenen katsayı değerleri

Senaryolar	Diffusion (Saçılım)	Breed (Ortaya çıkma)	Spread (Yayılım)	Slope (Eğim)	Road Gravity (Yol çekimi)
Mevcut büyüme (Senaryo 1)	6	6	20	74	60
Kontrollü büyüme (Senaryo 2)	6	6	15	78	44

Kırıkkale iline ait mevcut büyüme (senaryo 1) ve kontrollü büyüme (senaryo 2) senaryoları ile gerçekleştirilen kentsel büyüme tahmin sonuçları Şekil 12'de görülmektedir. Tahmin sonucunda elde edilen veriye göre, sarı renk ile gösterilen bölüm mevcut yerleşmeyi, kırmızı ile gösterilen bölüm %70-100 olasılıklı yerleşmeyi, mavi renkle gösterilen bölüm %50-70 olasılıklı yerleşmeyi, yeşil renk ile gösterilen bölümler ise %10-50 düşük olasılıklı yerleşmeyi ifade etmektedir.



Şekil 12. 2040 yılı mevcut büyüme ve kontrollü büyüme tahmin haritaları

2040 yılı tahmin haritalarına göre, her iki senaryo bazında da yeni yerleşim alanları oluşmamış, mevcut yerleşim alanlarının dış çeperlerine kentleşme yayılarak mevcut yerleşim alanlarının büyümesine neden olmuştur. Mevcut büyüme senaryosunda, kontrollü senaryoya göre yüksek hızlı tren çevresinde daha fazla yoğunlaşma olan bir görünüm göstermiştir. Dolayısıyla, mevcut büyüme senaryosu daha fazla arazi tüketimine neden olmuştur. Kontrollü büyüme senaryosunda ise, tarım ve orman alanların üzerine konulan %80 lik koruma nedeniyle kent dokusunun yüksek hızlı tren hattı güzergahı boyunca bulunan tarım ve orman alanlarındaki fazla yoğunlaşmayı engellemiş olmuştur. Hatta kontrollü büyüme senaryosu kentte yerleşim etrafındaki büyüme olasılığını da azaltmıştır. Bu durum kentsel büyümede ulaşım ağının etkisini göstermektedir. Kırıkkale ilinde oluşturulan senaryolara göre yakın gelecekte yoğun bir kent baskısı görülmektedir. Bunun sebeplerinden birinin kentin çevresinin dağlık bir alanda olması ve yükseltilerin kısa mesafede değişmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Fakat gerekli önlemler alınmadığı takdirde uzun vadede kent baskının artabileceği ve bu baskı neticesinde arazi kullanımındaki değişikliğin tarım ve orman alanlarında azalma yönünde olacağı düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR

Ulaşım ağı kentsel büyümeye ve arazi kullanımı üzerinde değişikliklere etki eden önemli faktörlerdendir. Çalışmada, raylı ulaşım ağlarından olan yüksek hızlı tren hattının kentsel büyümeye olan etkisi irdelenmiştir. Mevcut büyüme simülasyonda meydana gelen büyüme durumunda yok olması olası tarım ve orman alanlarının korunmasına yönelik kontrollü kentsel büyüme simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Kırıkkale ili 2040 yılı kentsel büyüme tahmin sonuçları değerlendirildiğinde, yüksek hızlı tren hattının kente büyüme yönüyle bir katkı yaptığı görülmüştür. Ancak, orta ölçekli kentlerde hızlı tren gibi şehirler arası transit geçişi de sağlayan ulaşım altyapılarının kenti belirli bir büyüme düzeyine getirmekte etkili olsa da kentin büyümesi için farklı dinamiklere ihtiyaç vardır.

Hızlı tren hattının şehri büyük ölçüde büyütmemesi, ulaşım altyapısının tek başına şehir büyümesi üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, hızlı trenin kullanıcılar için sağladığı faydaların artması amacıyla şehir içi ulaşım entegrasyonunun sağlanması ve toplu taşıma ağlarının geliştirilmesi gibi faktörler devreye girdiğinde, şehirdeki büyümenin daha fazla tetiklenmesi mümkün olacaktır.

Bu bağlamda, hızlı tren istasyonuna ulaşımı kolaylaştırmak adına yeni bir yol yapılması ya da toplu taşıma hattı eklenmesi gibi düzenlemelerin, şehir merkezine erişimi daha cazip hale getirerek büyüme yönünü değiştirebileceği düşünülmektedir. Özellikle, nüfus yoğunluğunun düşük olduğu bölgeler ile hızlı tren istasyonu arasında güçlü bir ulaşım ağı kurulması durumunda, bu bölgelerde yerleşim ve ticari faaliyetlerin gelişmesi olasıdır. Ayrıca, şehir planlamasında bu tür yatırımların, büyüme koridorlarının oluşturulması ve kentsel alanların genişletilmesi ile paralel yürütülmesi, sürdürülebilir bir şehir büyümesini destekleyebilecektir. Bu çalışmada olduğu gibi, SLEUTH modellemesi kullanılarak, bu tür senaryoların olası sonuçlarının tahmin edilmesi mümkün olmaktadır. Farklı toplu taşıma seçeneklerinin entegrasyonu ile potansiyel büyüme yönlerinin nasıl şekilleneceği de analiz edilebilecektir. Öte yandan, çalışma alanı olan Kırıkkale de kentin kuzey-güney kesiminde dağların bulunması, yükseltinin kısa mesafelerde değişiklik göstermesi kentin bu yönlerde büyümesini kısıtlayan faktörler arasındadır. Kırıkkale ili 2040 yılına kadar olan süreçte her ne kadar büyük bir kentleşme baskısı belirlenememiş olsa da gerekli önlemler alınmadığı takdirde uzun vadede bu baskının artarak devam edebileceği ve bu baskı neticesinde meydana gelecek arazi kullanımındaki değişikliğin tarım ve orman alanlarında azalma yönünde olacağı düşünülmektedir. Diğer yandan, nüfus artışıyla beraber kentleşme oranı yükselmektedir. Ancak, SLEUTH modeli nüfus verisini kullanmayan, geçmiş yıllardaki büyüme katsayılarıyla gelecekte istenilen yıl için büyüme simülasyonu oluşturan bir modeldir. Her geçen yıl kent nüfuslarında artış olsa bile bu nüfus artışın düzenli olmayacağı, bazı yıllar nüfusun durağan olabileceği, bazen de göç, hastalık vb. durumlar nedeniyle kentteki nüfusun azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, SLEUTH modeli ile kentsel büyümenin analizinde bu durumun da dikkate alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Ayazlı, İ.E., 2011. Ulaşım Ağlarının Etkisiyle Kentsel Yayılmanın Simülasyon Modeli: 3. Boğaz Köprüsü Örneği, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ayazlı, İ.E., 2022. Hızlı Büyüyen Yerleşim Yerlerinde Kentsel Büyümenin Yüksek Doğruluklu Simülasyon Modelleri ile İzlenmesi: Model Kalibrasyonu için T-AFA Yöntemi Önerisi. *Geomatik Dergisi*, 7(1): 01-09.

Aydın, O., 2015. Karmaşık Kent Sistemi, Kentsel Büyüme Kavramlarının Anlaşılması ve Kent Modelleme Teknikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 51-60, İstanbul.

Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T., Lobell, D., Delire, C. ve Mirin, A., 2007. Combined Climate and Carbon-Cycle Effects of Large-Scale Deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104 (16), 6550–6555.

Bonan, G., 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks and The Climate Benefits of Forests. *Science* 320 (5882): 1444–1449.

Clark, K.C. ve Gaydos, L.J., 1998. A Self-Modifying Cellular Automaton Model of Historical Urbanization in The San Francisco by Area. *Environment and Planning B*, 24 (2), 247-261.

Güneş, M. 2023. Hücresel Otomat Tabanlı SLEUTH Model Kullanılarak Kentsel Büyümenin Tarım Alanları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

Kırıkkale Valiliği, 2018. <http://www.kirikkale.gov.tr/>

Özbay, K., 2018. Ulaşım Yatırımları ve Kentsel Mekan İlişkisi. *Kent Akademisi Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 11 (3): 367-373.

TÜİK, 2023. (Türkiye İstatistik Kurumu) İl ve ilçe nüfus göstergeleri.

Uysal, M.M; Uysal M. ve Uysal C., 2016. SLEUTH Modeli ile Kentsel Gelişimin İzlenmesi. *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, Adana, 66-74.

Veldkamp, A., Lambin, E. F., 2001. Predicting Land-Use Change. Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 85, 1-6.

Yağcı, C., 2020. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanarak Kentsel Büyümenin Geleceğe Yönelik Modellenmesi: Konya İli Örneği. *Doktora Tezi*, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.

Yağcı, C., İşcan, F., 2024. The Impact of Public Investment on Urban Growth Under Different Scenarios by Using the SLEUTH as a Forecasting Model: The Case of Konya/Turkey. *Spatial Analysis and Policy*, 17:1161-1182.

E. Sonel Kandemir vd.: Kırıkkale İlindeki Kentsel Büyümenin SLEUTH Modeli ile Geleceğe Yönelik Tahmini

Yakup, A.E., Ayazlı İ.E, 2021. SLEUTH ile Arazi Örtüsü Değişimi Benzetim Modelinin Oluşturulması, İstanbul Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1): 40-47.

URL 1: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kırıkkale_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kırıkkale_(il))