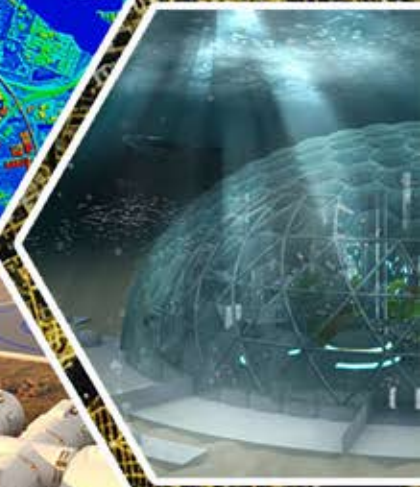
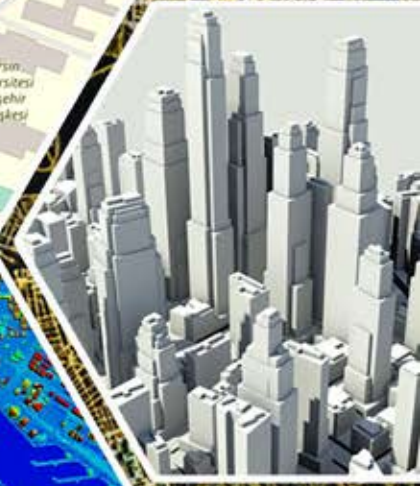
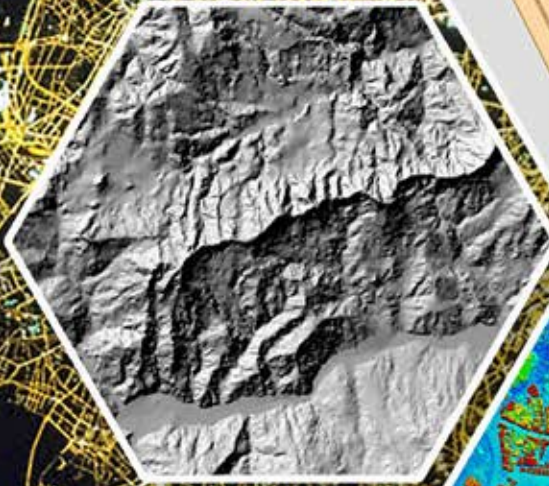


TÜRKİYE Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



◆ HAZİRAN 2020
◆ CİLT: 2 ◆ SAYI: 1
◆ e-ISSN: 2687-5179



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



TÜRKİYE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ DERGİSİ

CİLT 2, SAYI 1

ISSN: 2687-5179

HAZİRAN, 2020



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



DERGİ HAKKINDA

Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmalarını yayınlayan bir dergidir.

AMAÇ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekânsal verinin ve mekânsal bilginin kayıt altına alınması, işlenmesi, analizi, yönetilmesi ve sunumu için geliştirilen bir sistemdir. Günümüzde CBS tarım, arkeoloji, kutup çalışmaları, havacılık, ulaşım, iklim değişikliği, suç, savunma, afet, ekoloji, eğitim, çevre, orman, jeoloji uygulamalarını da kapsayacak şekilde 1000'den fazla alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Modern dünyada pek çok disiplinin parçası haline gelmiş olan CBS ülkemizde de gerek özel gerekse kamu kurumları tarafından yaygın kullanım alanına sahiptir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi yükselen bir trend olan CBS'nin teknolojiadaki gelişmeleri dikkate alarak gerek akademik gerekse özel sektör arasındaki bilgi paylaşımlarını desteklemeyi, ayrıca genç araştırmacılara da çalışmalarını sunabilecekleri bir platform oluşturmayı amaçlamaktadır.

KAPSAM

Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisinin kapsamı;

- Sorgulama İşlemleri, Optimizasyon
- Kartografya ve Jeodezi
- 3 Boyutlu Modelleme, Simülasyon
- Mekânsal Bilgi
- Veri Paylaşımı, Güvenlik
- Standartlar, İnteroperabilite
- Konumsal Veri Altyapısı
- Topoloji
- Mekânsal Verilerin Saklanması, İndekslenmesi
- Karar Destek Sistemleri
- Web Uygulamaları
- Mobil Servisler
- Mekânsal Veri Tabanı Yönetim Sistemleri
- Mekânsal Veri Kalitesi
- Büyük Veri (Big Data)
- Mekânsal Analiz
- Mekânsal Bilgi Yönetimi
- Ekolojik ve Çevresel Uygulamalar
- Şehir Ve Bölge Planlama Uygulamaları
- Tarım ve Toprak Uygulamaları
- Kent Bilgi Sistemleri
- Enerji Bilgi Sistemleri
- Kıyı Yönetimi
- Doğal Kaynakların Yönetimi
- Endüstriyel Uygulamalar
- Afet Yönetimi
- İklim Çalışmaları
- Lojistik Uygulamaları
- Mekânsal Veri Madenciliği
- Kadastro Uygulamaları.....



POLİTİKA

Coğrafi Bilgi Sistemlerine ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme-derleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi'nde **KÖR HAKEMLİK** uygulaması mevcuttur.

Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Danışma ve Editör Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.

Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik vb.) yazarlara aittir. Yayınlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe olarak kabul edilmekte ancak özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

PERİYOT	Yılda 2 sayı(Haziran-Aralık)
E-ISSN	2687-5179
WEB	https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis
İLETİŞİM	lutfiyekusak@mersin.edu.tr



Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi



EDİTÖR KURULU

BAŞ EDİTÖR

Prof. Dr. Murat YAKAR

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi. Lutfiye KUŞAK

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

EDİTÖR YARDIMCISI

Doç. Dr. Ümit IŞIKDAĞ

Mimar Sinan Üniversitesi, Enformatik Bölümü, 34 360, Şişli/İstanbul

Dr. Öğr. Üyesi Fatma BÜNYAN ÜNEL

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33 343, Yenişehir/Mersin

DANIŞMA KURULU

Murat YAKAR, Mersin Üniversitesi

Hacı Murat YILMAZ, Aksaray Üniversitesi

İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Tahsin YOMRALIOĞLU, Beykent Üniversitesi

Ömer MUTLUOĞLU, Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya

EDİTÖR KURULU

İsmail Ercüment Ayazlı, Cumhuriyet Üniversitesi

Burak BEYHAN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Mehmet ALKAN, Yıldız Teknik Üniversitesi

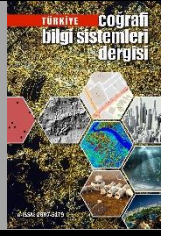
Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ, İstanbul Aydın Üniversitesi



İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları ile Trafik Kaza Yoğunluk Analizleri: İstanbul Örneği (Traffic Accident Density Analysis Using Open Source GIS Software: The Case of Istanbul).....	1-9
<i>Yunus Emre ÖNDER, Taşkın KAVZAOĞLU</i>	
Altyapı Bilgi Sistemi ve Konya Örneği (Infrastructure Information System and Konya Case).....	10-16
<i>Ali BÜYÜKKARAKURT, Ömer MUTLUOĞLU</i>	
Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi (Investigation of Building Damages Caused by Earthquakes by Geographical Information Systems).....	17-25
<i>Sefa SARI, Tarık TÜRK</i>	
CBS Temelli Hücresel Özişleme Yaklaşımı ile Kentsel Büyüme Simülasyonu: Afyonkarahisar Örneği (Urban Growth Simulation with GIS Based Cellular Automata Approach: The Case of Afyonkarahisar).....	26-36
<i>Cihan UYSAL, Mustafa Mutlu UYSAL, Murat UYSAL</i>	
Nükleer Santraller İçin Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi (Geographic Information System Approach to Evaluate Siting Criteria for Nuclear Power Plants)	37-48
<i>Zeki Mehmet BAŞKURT, Cevdet Coşkun AYDIN</i>	



Araştırma Makalesi

Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları ile Trafik Kaza Yoğunluk Analizleri: İstanbul Örneği

Yunus Emre Önder*¹, Taşkın Kavzoğlu²

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

²Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

CBS
Trafik Kazaları
Açık Kaynak Kodlu CBS
Noktasal Yoğunluk Analizi
Coğrafi Veri Analizi

Bu çalışmada, Emniyet Genel Müdürlüğünden İstanbul ili için temin edilen 2017 yılı trafik kaza verileri mevsimsel, günlük, saatlik olarak incelenmiştir. Trafik kaza noktaları, trafik sinyalizasyon noktaları, Elektronik Denetleme Sistemi (EDS) noktaları verileri PostgreSQL veritabanı yazılımında depolanmıştır. Bu veriler QGIS programı ile analiz edilmiş ve GeoServer veri sunucusu üzerinden sunularak, OpenLayers kütüphanesi ile web uygulaması üzerinde verilerin sorgulanabilir yapıda paylaşımına açılarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Kayıtlara geçmiş tüm trafik kazaları sahada belirlenen kusur durumlarına göre sınıflandırılarak detaylı şekilde görsel ve istatistiksel analizler yapılmıştır. Trafik kazalarının yoğun olarak gerçekleştiği yerlerin tespit edilebilmesi için noktasal yoğunluk analizi yapılmıştır. Trafik kazalarının yoğun olarak gerçekleştiği yerler ile trafik sinyalizasyon noktaları ve Elektronik Denetleme Sistemi'nin bulunduğu yerler birlikte incelenerek kaza oluşması noktasında İstanbul il sınırlarındaki kaza alanları tespit edilmiştir. Kazaların sıklıkla meydana geldiği lokasyonların hız limitleri, kavşak noktalarına yakınlık, trafik sinyalizasyon ve EDS noktalarına yakınlık vb. kriterlere göre analizleri yapılarak kazaların oluşumundaki temel etmenler tespit edilmeye çalışılmıştır. En çok kazanın yaşandığı noktalardaki kazaların analizleriyle özellikle ölümlü ve yaralanmalı kazalar için neden-sonuç analizleri yapılarak çözüm önerileri getirilmiştir.

Traffic Accident Density Analysis Using Open Source GIS Software: The Case of Istanbul

ABSTRACT

Keywords:

GIS
Traffic Accidents
Open Source GIS
Point Density Analysis
Geospatial Data Analysis

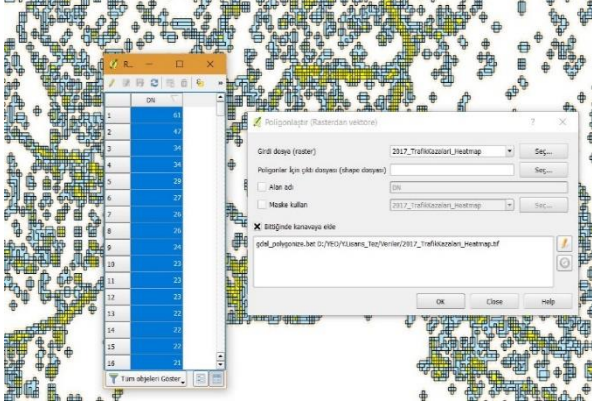
In this study, the traffic accidents data of 2017 acquired from Security General Directorate were examined on a seasonal, daily and hourly basis. Traffic accident points, traffic-signaling points, Electronic Control System points data are stored in PostgreSQL database software. It was shown that the data could be easily shared on a web application in questionable structure using OpenLayers library by analyzing the data through QGIS software and then presenting via GeoServer data server. All recorded traffic accidents were examined in detail through classification with visual and statistical according to fault conditions. A point density analysis was performed in order to determine the places where traffic accidents occurred more frequently. The problematic areas in the provincial borders of Istanbul were identified at the point of accident by analyzing together the areas where traffic accidents occurred intensely, in relation to traffic signaling points and the areas having Electronic Control System (known as EDS). The basic factors in the occurrence of traffic accidents were identified according to various criteria, including speed limits where accidents occur frequently, proximity to junctions, proximity to traffic signals and Electronic Control Systems etc. With the analysis of accidents at the points where the most accidents occurred, cause and effect analyzes were made especially for fatal and injured accidents and then possible solutions were proposed.

*Sorumlu Yazar

(eonder0@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-1296-2656
(kavzoglu@gtu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9779-3443

vektör değer 5 ve sonrasını içeren veriler alınmıştır. Bu sayede kazaların en yoğun şekilde gerçekleştiği yerler tespit edilmiştir.

Kazaların en yoğun gerçekleştiği bölgeler tespit edildikten sonra bu alanlara giren trafik kazası verileri incelenerek kaza oluşma sebepleri incelenmiştir. En yoğun trafik kazalarının gerçekleştiği alanların bulunabilmesi için kazalar nokta yoğunluğuna göre 5 ve daha fazla gerçekleşen yerler seçilmiştir.

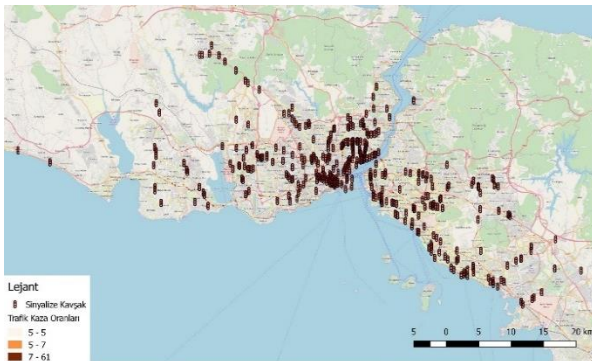


Şekil 2. Raster verinin vektör veriye dönüştürülmesi ve vektör değerine göre verinin sınıflandırılması.

Oluşturulan bu veriler GeoServer’da yayınlanmıştır. GeoServer üzerinde yayınlanan veriler OpenLayers kütüphanesi ile web haritası olarak gösterilmesi sağlanmıştır.

3. BULGULAR

Çalışmada trafik kazalarının en yüksek olduğu alanlar içinde kalan sinyalize kavşaklar coğrafi kesişim ile tespit edilmiştir (Şekil 3). Sinyalize kavşaklar ile trafik kazalarının yoğun olarak yaşandığı noktalar tespit edilerek en yoğun kaza gerçekleşen noktalarda trafik sinyalizasyonlarının etkisinin olup olmadığı analiz edilmiştir.



Şekil 3. Trafik kazaları ve trafik sinyalizasyonların keşiştiği alanlar.

Yapılan analizler sonucunda en yoğun kazaların gerçekleştiği 10 bölge için istatistiki bilgiler, trafik sinyalizasyon varlığı, EDS varlığı, yol hızı bilgileri ile aşağıda detaylı şekilde sunulmuştur.

3.1. Beyazıt U Dönüşü Sinyalize Kavşağı

Bu kavşağın 100 m ilerisinde yer alan trafik kaza noktalarının yoğunlaştığı yerler Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu alanda 2017 yılında 39 adet trafik kazası gerçekleşmiştir.



Şekil 4. Beyazıt U dönüşü sinyalize kavşağı trafik kazası noktaları.

39 adet kazanın gerçekleştiği bölge “İETT otobüsleri hariç girilmesi yasak” tabelası ile engellenmiştir, ancak araçlar bu alana yoğun şekilde girmektedir. Kavşakta yaşanan kazaların %70’i yayalara çarpma ve yandan çarpma türü kazalardan oluşmaktadır. Kazaların %40’ı hafta sonu gerçekleşmiş, %90’ı hava açıkken, %51’i ise gündüz gerçekleşmiştir.

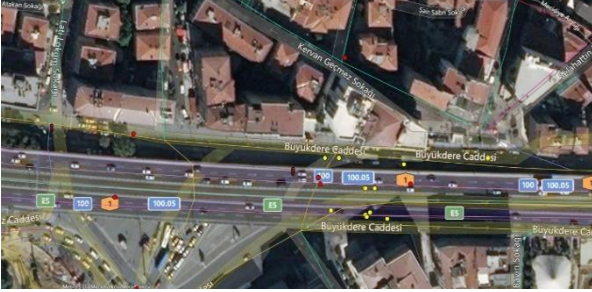
Bu alanda tramvay yolu ihlal türü EDS bulunmakta ve trafik polisleri de sıklıkla kavşak kontrolü için alanda bulunmaktadır. Otobüs durakları ve tramvay hattında bu denli yoğun giriş kontrolü olmasına rağmen araçların rahatlıkla alanı kullanabilmesi ihlal kurallarının çok denetlenmediğini göstermektedir. Ayrıca, otobüs duraklarının olduğu alan ile yolun karşısına geçmek için kullanılan alanlarda bir yaya geçidi yer almamaktadır. Bu alan için otobüslerin giriş çıkışlarını sağlayacakları manevra alanları dışında yaya geçitleri oluşturulmalı ve ticari- sivil herhangi bir aracın bu alanı kullanması engellenmelidir.

3.2. Mecidiyeköy II Sinyalize Kavşağı

Mecidiyeköy II sinyalize kavşağının 100 m alanı içerisinde kalan Büyükdere caddesinde trafik kazalarının yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Yoğun kaza gerçekleşen bu bölgenin oluşturulan trafik kaza yoğunluk haritasına bakıldığında Zincirlikuyu yönünde bulunan sinyalize kavşağa kadar yoğun bir trafik kazası alanı oluşturduğu görülmektedir (Şekil 5). Bu alan trafik yoğunluğu ve yaya yoğunluğunun yüksek miktarlarda gerçekleştiği bölgelerdendir.

Trafik kazalarının bu alanda yoğun gerçekleşmesinin sebebi iş merkezleri, AVM’ler ve toplu ulaşım transfer alanları gibi büyük kitlelerin yoğun olarak kullandığı bir bölge olmasından kaynaklanmaktadır. Bu alanı hem çok sayıda araç hem de çok sayıda yaya kullanmaktadır. Kaza oluş türlerinden yayalara çarpma türü kazalar %40 kaza ile öne çıkmaktadır. Yıl boyunca en fazla kaza Ekim

ayında yaşanmış (4 Kaza), %70'i gündüz hava açıkken gerçekleşmiştir. Bölge de sinyalize kavşak olmasına rağmen hem araçların trafik sıkışıklığı sebebiyle kurallara genel olarak uymaması hem de yayaların trafiğin hızlı akmamasını fırsat bilerek trafik sinyalizasyon kurallarına uymadan yola inmeleri kaza sebebi olarak gösterilebilir.



Şekil 5. Mecidiyeköy II sinyalize kavşağı yoğun trafik kazası noktaları.

Bu alanın araçlar ve yayalar için kurallara uymamalarını engelleyecek düzenlemelerin getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca Şişli yönünden Zincirlikuyu yönüne hareket eden trafik yolu ikiye ayrılmakta ve Zincirlikuyu yönünden gelen araçların Okmeydanı yönüne ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü yönüne ayrıca Zincirlikuyu yönüne gidebilecekleri yollar mevcuttur. Bu kadar dar alanda araçların karşı karşıya gelmesi birbirlerini sıkıştırması, trafik sinyalizasyon süresinin araçlar geçmeden dolması ve birçok aracın orta noktada karşılaşması gibi etkenlerle devamlı trafik sıkışıklığı oluşmakta ve bu da trafik kazalarına neden olmaktadır. Bu kazaları önlemek için taralı alan EDS konulması, kavşak alanlarının değiştirilmesi gibi çözümler getirilebilir bu çalışmaların yerine getirilebilmesi için alan trafik mühendisliği açısından ciddi bir şekilde ele alınmalıdır.

3.3. Beylikdüzü - Ankara Tekstil Sinyalize Kavşağı

Bu sinyalize kavşak, Avrupa Otoyolu-Hadımköy Bağlantısı ile Lozan caddesi, Hadımköy yolu kesişimlerinde yer almaktadır bu alanda 16 adet trafik kazası gerçekleşmiştir (Şekil 6). Yoğun trafik kazasının gerçekleştiği bu lokasyon aşağı ve yukarı yönlü akan ve bölünmüş yol ile ayrılmış bir trafikten oluşmaktadır. Aşağı ve yukarı yönlü seyreden bu trafik TAYPA isimli firmanın önünden sola dönüş yaparak, bu yola katılım sağlayan yol ile kesişmekte sağa dönüş ve karşı yöne geçiş sağlanmaktadır.

En fazla kaza Cuma günü yaşanmıştır toplam kazaların %30'una karşılık gelmektedir. Kazaların %80'i hava açıkken, %75'i gece vakti yaşanmıştır. Sinyalize kavşak bulunan bu alanda çok sayıda kaza gerçekleşmesinin sebebi gece vakti, açık havada ve yandan çarpma türünde kazaların oluşması kriterleri göz önünde bulundurulduğunda sürücülerin kontrolsüz ve süratli bir şekilde kavşağa girdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Beylikdüzü-Ankara tekstil sinyalize kavşağı trafik kazası noktaları.

Kavşaktaki sinyalin özneliği kontrol edildiğinde gece sinyal flaşörünün kapalı olduğu bilgisinin yer aldığı görülmüştür. Buradaki kazaların önlenmesi için gece flaşörü aktif edilebilir ve yol yüzeyine hız azaltıcı önlemler alınarak kontrol sağlanabilir.

3.4. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü Avrupa Yakası Girişi

15 Temmuz Şehitler Köprüsünün Avrupa yakası gidiş ve geliş istikametlerinde trafik kazaları yoğunlaşmaktadır. Bu alanda 17 adet kaza gerçekleşmiştir (Şekil 7). 15 Temmuz Şehitler Köprüsünde kazalar çoğunlukla havanın açık olduğu zamanlarda gerçekleşmiştir. Haziran ayı gündüz, diğer aylara göre daha fazla kaza gerçekleşmiştir. Kazaların oluşmasında gece-gündüz gibi faktörler çok etkili olmamıştır. Özellikle kazaların açık havada gerçekleşmesi sürücülerin köprü girişine dikkatsiz bir şekilde yaklaştığını herhangi bir yol-engel durumu olmadan kaza yapmalarına neden olmuştur.



Şekil 7. 15 Temmuz şehitler köprüsü Avrupa yakası köprü girişi trafik kazası noktaları.

Köprü üzerinde devamlı çizgi şeklinde yol şeritleri bulunmaktadır. Yandan çarpma türü kazaların daha çok görülmesi nedeniyle sürücülerin kurallara uymadığı ve bu sebeple kazaların gerçekleştiği düşünülmektedir.

3.5. D-100 Haliç Köprüsü-Ayvansaray Yönü

D-100 Haliç köprüsü, Ayvansaray yönünde yoğun kazaların gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 8). Bu alan İstanbul'un ana bağlantı yollarından olan

E-5 karayolu ile O-1 karayolunu bağlamaktadır. İstanbul'un en yoğun kullanım yerleri olan 15 Temmuz Şehitler Köprüsü, Mecidiyeköy hattı ile Edirnekapı, Fatih ilçesi arasında yer almaktadır. Bu nedenle hattın trafik yoğunluğu gün boyu sürmekte ve trafik güvenliği en üst düzeyde olması gereken yollar arasında yer almaktadır.



Şekil 8. D-100 Haliç köprüsü- Ayvansaray yönü trafik kazası noktaları.

Hava ve yol yüzey durumuna göre kazalar incelendiğinde, kazalar haziran ayında yoğunlaşmaktadır. Gerçekleşen kazalarda havanın açık olması ve çoğunlukla gündüz gerçekleşmesi gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda kazaların sürücülerin kurallara uymaması sebebiyle gerçekleştiği düşünülebilir. Kazalar oluş türlerine göre incelendiğinde, çoğunlukla arkadan çarpma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Toplam kazalar içerisinde 3 adet kazanın devrilme/savrulma/takla şeklinde olması kazaların genellikle sürücülerin hız kurallarına uymamasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Kazaların yoğun olarak gerçekleştiği bu alanda yolun hafif meyilli olması, şeritlerin çok geniş olmaması ve yolun belli bir kesiminden sonra 3 şeritten iki şeride düşmesi, trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölge olması ve sürücülerin hız kuralları ve şerit değiştirme kurallarına uymaması sebebiyle kazalar gerçekleşmiştir.

3.6. Vatan Caddesi- Orduevi Sinyalize Kavşağı

Vatan caddesi Orduevi sinyalize kavşağı, Adnan Menderes Bulvarı üzerinde Çayır Meydanı Caddesi ve Bezmialem Vakıf Üniversitesi Hastanesi kesişimlerinde yer almaktadır. Vatan caddesi Orduevi sinyalize kavşağında 2017 yılında 16 adet trafik kazası gerçekleşmiştir (Şekil 9).

Kavşaktaki kazaların %56,5'i gece vakti, %43,5'i gündüz vakti gerçekleşmiştir. Ayrıca kazaların %94'ü hava açıkken gerçekleşirken %6'sı yağmurlu havada gerçekleşmiştir. Kazaların 12 tanesi yandan çarpma ve arkadan çarpma şeklinde gerçekleştiği durumları göz önünde bulundurulduğunda kaza oluşma sebebinin bölgede yaşanan trafik yoğunluğu ve trafik sinyalizasyonu etrafında yer alan sapaklardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Kırmızı ışık ihlal türü EDS'lerin bu alanda olmasına rağmen kazaların yoğun gerçekleşmesi, sapakların

fazlalığı ve sinyal önünde birikme yaşanma ihtimallerinin yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. Vatan caddesi- Orduevi sinyalize kavşağı trafik kaza noktaları.

3.7. Barbaros Bulvarı- Camhan Sinyalize Kavşağı

Balmumcu Camhan sinyalize kavşağı, Barbaros bulvarı ile Hoşsohbet sokağının kesiştiği noktada yer almaktadır. Bu alan Zincirlikuyu-Beşiktaş sahil arasında bulunmakta ve İstanbul'un yoğun trafik akışlarının gerçekleştiği yerlerdendir. Ayrıca bu bölge hem transit geçiş için kullanılmakta hem de iş merkezlerinin bulunduğu alandır (Şekil 10). Bölgenin araç ve insan yoğunluğunun bu denli fazla olmasından dolayı Barbaros Bulvarı üzerinde birçok trafik sinyalizasyonu bulunmaktadır.



Şekil 10. Barbaros Bulvarı-Balmumcu Camhan sinyalize kavşağı trafik kaza noktaları.

Kazaların %80'i hafta içi gerçekleşmiştir. Kavşaktaki kazaların gerçekleştiği saatler incelendiğinde kazaların %73'ünün 11:00-17:00 arasında gerçekleştiği anlaşılmıştır. Diğer kazalar 17:00-00:30 arasında olurken 07:00-10:00 saatleri arasında hiç kaza gerçekleşmemiştir. Balmumcu Camhan sinyalize kavşağında kazaların çoğunlukla sürücülerin trafik kurallarına uymamasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Bölgede sinyalize kavşak kurallarına uyulmasını sağlamak için kırmızı ışık ihlal EDS bulunmamaktadır. Ayrıca burası Beşiktaş sahili yönünden gelen araçların sola dönüş yaptığı alandır ve bu alanda yandan çarpma türü kazalar fazlaca gerçekleşmektedir. Hem Hoşsohbet Sokağından çıkan araçların Barbaros bulvarına katılması hem de Beşiktaş sahil yönünden gelen araçların sola dönüş yapmaları trafiği hem aksatmakta hem de kaza riskini arttırmaktadır.

3.8. Esenyurt Belediye Önü Sinyalize Kavşağı

Esenyurt Belediye Önü sinyalize kavşağı, Doğan Araslı Caddesi ile 911. Sokak kesişimin de yer almaktadır. Burada 2017 yılında toplam 12 adet trafik kazası gerçekleşmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Esenyurt belediye önü sinyalize kavşağı kaza noktaları.

Kavşaktaki kazaların %41,7'si cumartesi günü gerçekleşmiştir. Bu kazaların %82'si hava açıkken , %50 gece-gündüz yaşanmıştır. Gerçekleşen kazaların en büyük nedeni hem sürücülerin hem de yayaların trafik sinyalizasyon kurallarına uymamasından kaynaklanmaktadır. Kazaların gece ve gündüz aynı miktarda gerçekleştiği bilgisi göz önünde bulundurulduğunda, gündüz vakti trafiğin yoğunlaşması ile sinyal kurallarına uyulmaması sebebiyle kazaların gerçekleştiği düşünülmektedir. Gece gerçekleşen kazalarda ise sürücülerin hız kurallarına uymadan araç kullanmaları sebebiyle kazaların gerçekleştiği düşünülmektedir.

3.9. Osmaniye Marmara Forum Sinyalize Kavşağı

Osmaniye Marmara Forum sinyalize kavşağı Ekrem Kurt Bulvarı üzerinde yer almaktadır. Marmara Forum AVM önünde bulunan sinyalize kavşakta 2017 yılında 13 adet trafik kazasının gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Osmaniye Marmara Forum sinyalize kavşağı trafik kaza noktaları.

Kazaların %70'i hafta içi gerçekleşmektedir. En yüksek kaza oranının olduğu gün %38,5 ile Salı günüdür. Kavşaktaki kazalar saatlik incelendiğinde kaza pik saatinin olmadığı anlaşılmıştır. Bunun sebebinin bölgede bulunan AVM ile günün her

saatinde trafik akışının olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kazaların %53,5'i gece vakti gerçekleşmiştir. Ayrıca kazaların %70'i Nisan-Eylül ayları arasında yaşanmıştır. Kazaların %38,5'i yandan çarpma şeklinde gerçekleşmiştir. Osmaniye Marmara Forum sinyalize kavşağında kazaların yoğun olarak gerçekleştiği bölgeler incelendiğinde, trafik ışıklarının bulunduğu alanlarda kazaların yoğunlaştığı görülmektedir. Trafik sinyalizasyonlarından biri sadece yaya geçişini sağlamak ile görevliken diğeri araç geçişlerini düzenlemek için kullanılmaktadır. Kazalar oluş türleri ve gerçekleştiği konumlar açısından incelendiğinde yaya tipi sinyalizasyonun öncesinde kazaların yoğunlaştığı görülmektedir.

3.10. Barbaros Bulvarı- Balmumcu Viyadük Sinyalize Kavşağı

Barbaros Bulvarı Balmumcu Viyadük sinyalize kavşağı, Barbaros bulvarı ile Şakir Kesebir caddesi kesişimlerinde bulunmaktadır. Kavşakta 10 adet trafik kazası gerçekleşmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Barbaros Bulvarı-Balmumcu viyadük sinyalize kavşağı trafik kaza noktaları.

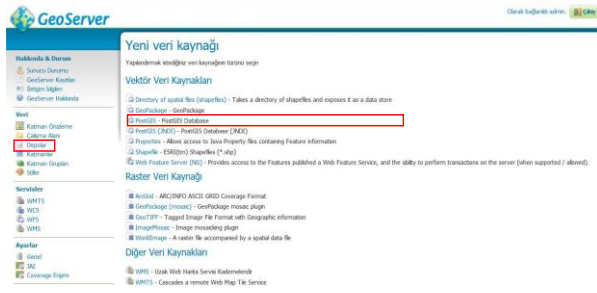
Yandan çarpma türü gerçekleşen kazalar toplam kazaların %50'sinin oluşturmaktadır. Bu alan 3 yönden gelen araçların karşılaşma bölgesidir. Kazaların %50'si 07:00-10:00 arasında yaşanmıştır. Kazaların %80'i gündüz vakti ve hava açıkken gerçekleşmesi ve bölgede kırmızı ışık ihlal türü EDS'nin de yer almasına rağmen oluşması kazaların trafik sinyalizasyon kurallarına uyulmaması sebebiyle gerçekleştiği sonucuna ulaştırmaktadır.

Ancak Barbaros Bulvarı üzerinde yer alan Balmumcu Viyadük Sinyalize Kavşağı kazaların gerçekleştiği konumlar açısından net bir şekilde anlaşılamamıştır. Bunun sebebi ise kavşak ve altgeçit deki cadde isimlendirmesinin aynı olması ve konumların her iki yolun kesişimlerinde yer almasından kaynaklanmaktadır.

4. GEOSERVER İLE WEB HARİTA SERVİSLERİNİN OLUŞTURULMASI

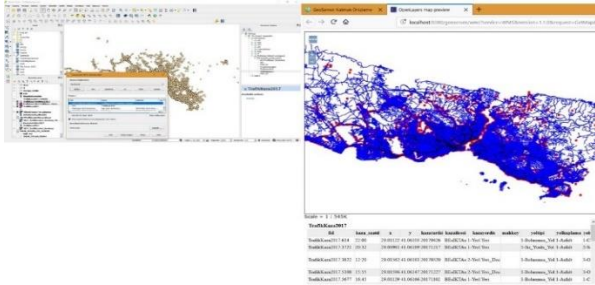
GeoServer üzerinden web haritaları oluşturmadan önce PostgreSQL veri tabanında depoladığımız mekânsal verileri "depolar" sekmesinden PostGIS kaynağını seçtikten sonra veri

tabanının yolunu seçerek kaynak olarak eklenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. GeoServer admin paneli veri kaynağı ekleme sayfası.

Veri kaynağı eklendikten sonra veri tabanı içerisinde yer alan katmanlar sistem üzerinden görünür hale gelir ve işlem yapılacak katmanlar yayınlanır. Yayınlanan katmanlar bir katman grubu altında toplanır. Oluşturulan katman grubu katman ön izleme sayfasından açılarak WMS ve WFS gibi formatlarda işlem yapılamaya hazır hale getirilir. Katman ön izleme sayfasındaki yaygın formatlar içerisinde OpenLayers seçeneği ile verilerin OpenLayers ile görüntülenmesi sağlanır. GeoServer üzerinde oluşturulan web harita servisleri ile verilerin diğer kullanıcılar tarafından web servisler aracılığıyla ulaşması sağlanabilir. GeoServer üzerinden verilerin ihtiyaç duyduğu kabiliyetler (WMS, WFS, WFS vb.) eklenmesi sağlanabilir (Şekil 15).



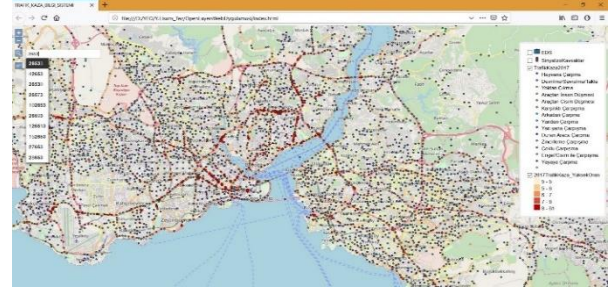
Şekil 15. QGIS ile GeoServer'dan katman ekleme ve GeoServer OpenLayers ekran görüntüsü.

4.1. OpenLayers Kütüphanesi ile Web Uygulaması Oluşturulması

Çalışmanın bu kısmında, OpenLayers kütüphanesi ile trafik kazalarının web uygulaması üzerinden Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kurulmasını gerektirmeyecek veri görüntüleme paylaşımlarının yapılabileceği çalışmalarda uygulanmak üzere web uygulamasının oluşturulması hedeflenmiştir. Ayrıca, web uygulamaları oluşturulurken çeşitli kullanıcılara özel uygulama yeteneklerine sahip versiyonlar (görüntüleme, sorgulama vb.) oluşturulabilir (Şekil 16).

Oluşturulan web uygulaması ile trafik sinyalizasyonları, EDS'ler, trafik kaza konumları ve yoğun trafik kaza gerçekleşen alanların öznitelik

bilgileri ve trafik kazalarının ID'leri ile sorgulanabileceği alan oluşturulmuştur. Uygulama sayesinde verilere ihtiyaç duyan tüm birimlerin ve kurumların faydalanabileceği web sayfasına erişimi kullanıcıların sağlanmıştır olacaktır.

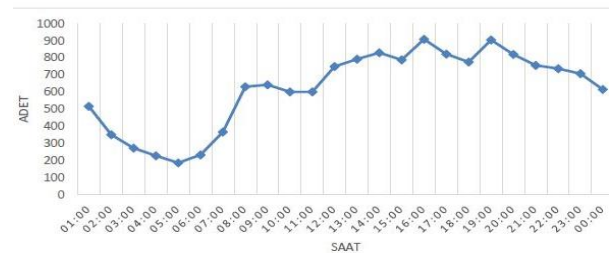


Şekil 16. OpenLayers kütüphanesi ile web uygulaması görüntüsü.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

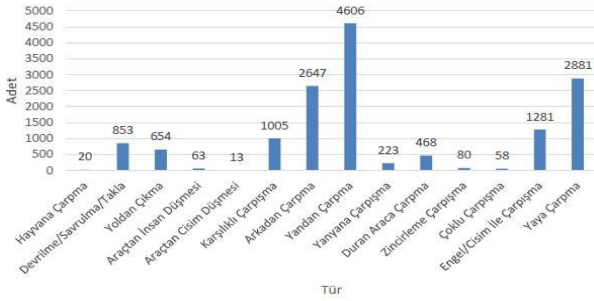
İstanbul ilinde gerçekleşen trafik kazalarının yoğunluk analizleri sonucunda benzerlikleri bakımından incelendiğinde;

- Kazaların en fazla yaz aylarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, mevsimsel incelemelerin yapılması gerektiği ve buna göre önlem alınması gerektiği anlaşılmaktadır.
- Kazalar saatlik bazda incelendiğinde en az kaza 04:00-06:00 arasında yaşanmaktadır. Saat 08:00'de trafığe katılımın artmasıyla sabah saatlerinde en yüksek kaza oranına ulaşmaktadır. 12:00-16:00 saatleri arasındaysa trafik kaza miktarı artış göstermekte ve 16:00-17:00 saatleri arasında zirveye ulaşmaktadır. Sonrasında biraz azalan trafik kazaları 19:00-20:00 saatleri arasında tekrar zirve yaptıktan sonra azalmaya başlamaktadır (Şekil 17). Kazaların bu saatlerde zirveye ulaşmasında genel mesai bitimi olan 17:00-18:30 saatleri öncesi ve sonrasında trafik yoğunluğunun biraz daha az olmasıyla ve sürücülerin ulaşmak istedikleri yerlere biran önce ulaşmak istemeleriyle trafik kazalarının bu saatlerde yoğunlaştığı söylenebilir. Bu da trafik yoğunluğu ve trafik seyir hızının kazalarda doğrudan etkisi olduğunu göstermektedir.



Şekil 17. İstanbul ili 2017 yılı trafik kazalarının gerçekleşme saatleri.

- Kazalar tek ve iki araç sınıfında yoğunluk göstermiştir. Toplam kazaların %85,6'sını oluşturmuştur. Özellikle sinyalizasyon kavşaklarında kazalar yandan çarpma şeklinde gerçekleşmiştir.
- En fazla kazanın gerçekleştiği kaza türleri yandan çarpma, arkadan çarpma ve yayalara çarpma şeklinde gerçekleşen kazalar olmuştur. Yandan çarpma ve arkadan çarpma şeklinde gerçekleşen kazalar büyük oranda araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak, kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretinde durmamak ve manevraları düzenleyen genel şartlara uymamak sebepleri ile gerçekleşmiştir. İstanbul genelinde gerçekleşen trafik kazaları sıralama açısından da detaylarıyla incelenen 10 bölgeyle benzerlik göstermektedir (Şekil 18).



Şekil 18. İstanbul ili 2017 yılı oluş türlerine göre trafik kazaları.

- Sinyalizasyon kavşak bulunan bölgelerde gerçekleşen trafik kazalarının genellikle sinyalizasyon kurallarına uyulmaması sebebiyle gerçekleşmektedir.
- Sinyalizasyon kavşakların dönüş kurplarında ve karşı yönden katılımın sağlandığı alanlarda trafik kazalarının yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu kazaların ana sebebi olarak sürücülerin kuralları ihlal ettiği ancak aynı alanda birden çok trafik sinyalizasyonu araçların sapağa katılımı sağlanırken birikmeler yaşandığı da belirlenmiştir. Bu birikmeler genellikle trafik sinyalizasyonu kurallarına sürücülerin uymamasından kaynaklanmıştır. Bu durumda hem trafik sıkışıklığı miktarı artmakta hem de trafik kazası oluşma riski artmaktadır.
- Sinyalizasyon kavşak dışında trafik kazalarının yoğun gerçekleştiği bölgelerde ise kazaların çoğunlukla, sürücülerin araçlarını yol şartlarına uygun şekilde kullanmaması ve yola uygun seyir hızını takip etmemelerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Özellikle Haliç köprüsünde yolun hafif meyillenmesi, şerit sayısının azalması ve sürücülerin araçlarını süratli kullanmaları ve ani yavaşlamaları ile trafik kazaları kaçınılmaz olmaktadır.
- 15 Temmuz Şehitler Köprüsünde gerçekleşen kazaların özellikle köprü girişinde

yoğunlaşması sürücülerin genellikle şerit değiştirmelerinden kaynaklanmaktadır. Hâlbuki köprüye gelmeden şeritlerin katılımı yaklaşık 300 m öncesinde gerçekleşmekte ve köprü girişinden itibaren devamlı çizgi bulunmaktadır. Sürücüler köprü girişinde araç hızlarını düşürmekte ve dikkatlerini araç kullanmaya vermemekte genellikle cep telefonları ile uğraşmakta veya manzara seyretmek için dikkatlerini yolun dışına verdikleri yapılan saha gözleminde anlaşılmıştır.

- İncelenen 10 adet trafik kazası bölgesinde toplamda 160 adet trafik kazası gerçekleşmiştir. Bu kazaların 65 tanesi yandan çarpma, 34 tanesi arkadan çarpma ve 31 tanesi yayalara çarpma türü kazalardır. Yayalara çarpma türünde gerçekleşen kazaların 5 tanesi yaya geçidinde gerçekleşmiş, 26 tanesi ise geçidin olmadığı yerlerde gerçekleşmiştir. Bu da yaya geçitlerinin konumlandırılmasının incelenmesi gerektiğini ve yayaların bu alanları kullanmalarını sağlayacak çözümlerin getirilmesi gerektiği sonucunu çıkartmaktadır.

Bu çalışma ile açık kaynak kodlu veri tabanları, web uygulamaları ve açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının ihtiyaçlarına karşılık verebileceği gösterilmiştir. Bu tür yazılımlar ile çalışabilmek için kurumların ve özel sektör firmalarının yeterli bilgi ve beceriyle donatılmış olması önemlidir. Yeterli bilgi ve beceriyle doğrudan ihtiyaca yönelik çalışmalar gerçekleştirilerek hem yazılımların yetkinliklerin tam kapasiteyle kullanılmış olacak hem de sadece ihtiyaç duyulan araçların kullanılacağı uygulamalar ortaya çıkacaktır.

Trafik kazalarının azaltılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda, trafik kazalarının öznitelik bilgileri ve konum bilgileriyle tam ve eksiksiz bir şekilde alınması gerekmektedir. Sonrasında bu bilgiler Excel vb. formatlar yerine merkezi veri tabanlarında coğrafi özellikleriyle depolanmalı ve verilerin paylaşıldığı diğer kurumlar veya çalışma yapacak kişiler ile ihtiyaca göre Excel vb. tablolar teslim etmek yerine kullanıcılara göre kabiliyetleri yetkinleştirilecek web uygulamaları canlı olarak paylaşılmalı ve belli bir oranın üstünde trafik kazası gerçekleşen alanların belirli periyotlar beklenmeden hızlı çözüme kavuşturması sağlanabilir. Oluşturulacak web uygulaması tüm belediyelere kendi kapsamında olan alanları içerecek şekilde açılarak kazaların analiz etmelerinin sağlanması trafik kazalarına karşı hızlı bir önlem alınması sağlanmış olacaktır.

Bu çalışma kapsamında tespit edilen İstanbul ilinde 2017 yılında trafik kazalarının yoğun gerçekleştiği 10 bölgenin analizinde trafik sinyalizasyonlarının varlığı, EDS'lerin varlığı, yol hız durumu gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur. Bu tür sistemin doğrudan problemi çözecek kurumlarla açılması, CBS

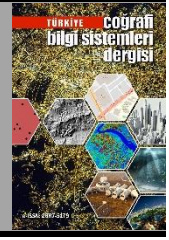
kabiliyetleri kullanılarak trafik mühendisliği açısından incelenmesi daha etkili ve detaylı çıkarımlar yapılarak çözüme kavuşturulması sağlanmış olacaktır (Önder, 2019).

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu makale, Gebze Teknik Üniversitesi'nde Prof.Dr. Taşkın Kavzoğlu danışmanlığında Yunus Emre Önder tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasının sonuçlarını içermektedir.

KAYNAKÇA

- Akçay, O. (1997). *Trafik Hukuku Yönetimi*, YÖK Matbaası, Ankara. 235s.
- Akinci H., Cömert Ç. (2009), *Konumsal Veri Altyapılarının Web Servisleri İle Gerçekleştirilmesi: Temel Sorunlar ve Çözüm Önerileri*, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir, Türkiye, 02-06 Kasım 2009.
- EGM (Emniyet Genel Müdürlüğü) (2018). *Yıllara Göre Trafik Kaza İstatistikleri*, Ankara.
- Ekin, E. ve Çabuk, A. (2011). *OGC Olanakları ile CBS Tabanlı Hizmet Yönetimi: Akıllı Altyapı*, 6th International Advanced Technologies Symposium, 16-18 Mayıs, Elazığ.
- Önder, Y.E. (2019). *İstanbul İlinde Trafik Kaza ve Yoğunluk Analizlerinin Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları İle Yapılması*. (Yüksek Lisans tezi). Gebze Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli. YÖK Tez Merkezi (574053).
- Özen, M. ve Zorlu, F. (2018). *Türkiye’de Devlet Karayollarında Kaza Oranlarının ve Kaza Örüntüsünün Analizi*, Teknik Dergi, pp. 8589-8604.
- Tecim, V. (2008). *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi*, Renk Form Ofset Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 363s.



Araştırma Makalesi

Altyapı Bilgi Sistemi ve Konya Örneği

Ali Büyükkarakurt^{*1}, Ömer Mutluoğlu²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği, Konya, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık Ve Şehir Planlama, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Altyapı Bilgi Sistemi
Kenti Bilgi Sistemi
Coğrafi Bilgi Sistemi

ÖZ

Altyapı denilince içme suyu, kanalizasyon, doğalgaz, telefon, elektrik, internet gibi birçok farklı yeraltı şebeke hattı uygulaması akla gelmektedir. Bu şebeke hatlarının her biri yerleşim yerlerinin farklı ihtiyaçlarını gidermesi ve kesinti anında o yerleşim yerlerinde yaşayan insanların yaşam standartlarını etkilemesi açısından oldukça önemlidir. Böyle büyük bir öneme sahip olan yeraltı şebeke hatlarının herhangi bir karmaşıklığa mahal vermeden yönetilebilmesi gerekmektedir. Altyapı bilgi sistemleri, yeraltı şebeke hatlarının sayısal ve sözel verilerinin uygulamaya imkan verebilecek bir donanım ve yazılım aracılığıyla veri tabanına aktarıldığı, farklı verilerin birbiriyle ilişkilendirilmesi sonucu çeşitli sorgulama ve analizlerin yapılabilirdiği, gerekli güncellemelerin yapılması durumunda da kullanıcıya yeraltı şebeke hatlarında oluşan sorunların çözümünde büyük kolaylıklar sağlayabilen, coğrafi bilgi sistemi tabanlı bilgi sistemleridir. Ülkemizde bazı altyapı kurumları altyapı bilgi sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmış ve bu çalışmaları uygulamaya geçirmiştir. Bu kurumlardan bazıları kent bilgi sistemi adı altında oluşturulan sistemlere altyapı verilerinin de entegre edilmesiyle oluşan uygulamaları kullanırken bazıları da sadece altyapı verilerinin olduğu altyapı bilgi sistemlerini oluşturmakta ve kullanmaktadır. Bu bildiride; Konya İli, Selçuklu İlçesi, Bosna Hersek Mahallesi'ndeki yeraltı şebeke hatlarının bir altyapı bilgi sistemi kapsamında değerlendirilmesi ve bunun sonucunda oluşturulacak sistemin ne tür kazanımlar sağlayabileceğinin çalışması yer almaktadır.

Infrastructure Information System and Konya Case

Keywords:

Infrastructure Information System
City Information System
Geographic Information System

ABSTRACT

When it comes to infrastructure, we could list several underground network lines such as sewer systems, potable water supply, natural gas, electricity, and internet. These network lines have a place in meeting various needs of settlements and maintain residents' living standards at the time of power interruption. Therefore, infrastructure network lines are of vital importance and require meticulous management. This could be achieved by the use of Infrastructure Information Systems, which are built based on geographical information and allow for the use of verbal and numerical data gathered from underground network lines through a special software. Specifically, Infrastructure Information Systems enable us to perform various interrogation and analysis with the use of a set of databases from different sources and to solve many problems regarding underground network lines when updated regularly. Some infrastructure institutions in Turkey have conducted research on infrastructure information systems and made some implementations in line with their findings. While some institutions have used infrastructure data by integrating it into their city information systems, other institutions have built and used information systems, where only infrastructure data is available. In this study, we evaluate underground network line in the city of Konya, Selçuklu in Bosnia and Herzegovina districts within the framework of infrastructure information systems, and discuss potential implications.

*Sorumlu Yazar

*(ali.buyukkarakurt@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-8468-8070
(omutluoglu@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7846-3713

1. GİRİŞ

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS); konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren sistemlerdir (Yomralıoğlu vd., 2002). Başka bir deyişle; coğrafi bir alana ait grafik ve grafik olmayan verilerin belli tekniklerle toplanarak bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, yönetimi, analizi ve elde edilen sonuçların değişik yapı ve formatlarda sunulmasını sağlayan sistemlere coğrafi bilgi sistemleri denilmektedir. CBS konumsal verinin işlenmesi için bir araçtır ve aynı zamanda veri analizi ile sonuçlarının sunumunu da içerir. Her kurum kendi işlevlerine bağlı olarak bir CBS organizasyonu yapmaktadır (Uluğtekin ve Bildirici, 1997).

Yerleşim yerlerinin yönetimini üstlenen belediyeler, içerisinde kentle ilgili birçok konuyu barındıran ve CBS'nin alt kolu olan kent bilgi sistemlerini (KBS) oluşturup kullanırlarken; yine yerleşim yerlerinin su ve kanalizasyon şebekelerinin yönetimini üstlenen su ve kanalizasyon idaresi genel müdürlükleri de altyapı bilgi sistemlerini (ABS) oluşturup kullanmaktadırlar.

Günümüzde nüfusun artmasına paralel olarak içme suyu, kanalizasyon, telefon, elektrik, doğalgaz, internet gibi altyapı hizmetlerine olan ihtiyaç da artmıştır. Bu altyapı hizmetlerinin insanlara sağlıklı bir şekilde ulaştırılabilmesi amacıyla altyapı kurumları tarafından çeşitli yatırımlar gerçekleştirilmektedir. Bu yatırımların karışıklığa neden olmadan yönetilebilmesi ve ihtiyaç duyulan bilgilere anında ulaşılabilmesi altyapı hizmetini icra eden kurum ve icra edilen hizmeti kullanan insanlar için büyük önem teşkil etmektedir. Bu durumda, oluşturulacak bir altyapı bilgi sistemi ihtiyaç duyulan sorulara cevap verebilmektedir.

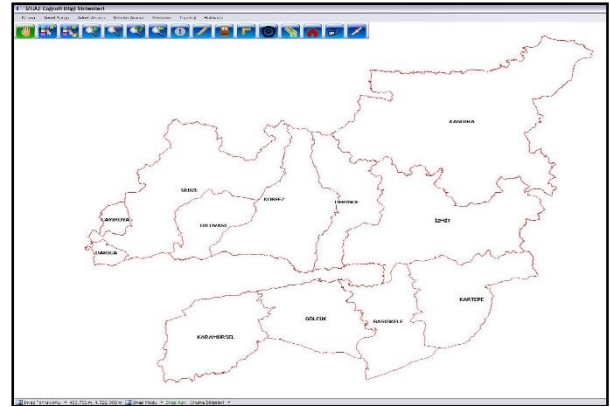
2. ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİ

Yerleşim yerinde mevcut olan içme suyu, kanalizasyon, telefon, elektrik, doğalgaz, internet gibi yeraltı şebeke hatlarına ait sayısal ve sözel verilerin toplandığı, uygun yazılım ve donanımlar kullanılarak bir veri tabanına aktarıldığı, farklı yapıdaki veriler arasında ilişkiler kurularak sorgu ve analizlerin yapılabilirdiği sistemlere altyapı bilgi sistemleri (ABS) adı verilir. Altyapı bilgi sistemleri, yerleşim yerinin yeraltı şebeke hatlarındaki problemlerin hızlı ve sağlıklı bir şekilde çözülmesine olanak sağlayan sistemlerin bütünü olarak da tanımlanabilmektedir. Altyapı bilgi sistemleri, coğrafi bilgi sistemlerinin uygulama alanlarından, kent bilgi sistemlerinin de bileşenlerinden kabul edilmektedir (Yılmaz ve Keskin, 2005).

Gelişmiş toplumlarda aktif olarak kullanılan coğrafi bilgi sistemleri son yıllarda ülkemizde de büyük önem kazanmış ve bununla birlikte kendine birçok uygulama alanı bulmuştur. Her geçen gün nüfusun hızla artması coğrafi bilgi sistemlerine olan

ihtiyacın da artması demektir. Ülkemizde nüfusun önemli bir kısmının şehirlerde yaşıyor olması yerel yönetimlerin de CBS'ye ihtiyaç duymasına neden olmaktadır. Nüfusun artmasıyla veri sayısında da bir artış meydana gelmekte, bundan dolayı da yerel yönetimler yoğun ve karmaşık bir bilgi birikimi ile karşı karşıya kalmaktadır. Dolayısıyla verilen kararlarda ve yapılan hizmetlerde sağlıklı olunabilmesi açısından bütün bu bilgilerin denetim altına alınması şarttır. Bu yüzden yerleşim alanlarının en önemli ihtiyaçlarını karşılayan yeraltı şebeke hatlarının bir altyapı bilgi sistemi kapsamında değerlendirilmesi yerel yönetimler için büyük önem taşımaktadır (Yomralıoğlu ve Çete, 2002).

Altyapı bilgi sistemlerini ülkemizde Antalya Su Ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü (ASAT), Bursa Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (BUSKI), Kocaeli Büyükşehir Belediyesi gibi bazı yerel yönetimler oluşturmuşlardır (Şekil 1).



Şekil 1. İzgaz altyapı bilgi sistemi veri giriş ve güncelleme ara yüzü (Yeğnidemir, 2013)

2.1. Altyapı Bilgi Sisteminin Hedefleri

Oluşturulması planlanan bir altyapı bilgi sistemi hizmet edeceği yerleşim yerindeki kullanıcıların yeraltı şebeke hatlarıyla ilgili ihtiyaç duyabilecekleri her türlü sorusuna kolaylıkla cevap verebilecek bir sistem olmalıdır. Belli bir amacı olmadan oluşturulmaya çalışılan sistemler yönünü bulamamakta ve bu aşamada harcanan emekler de heba olmaktadır. Peki, bir altyapı bilgi sistemi nelere hizmet etmelidir? Bu soru genellikle aşağıda sıralanan maddelerle cevaplanabilmektedir.

- Altyapı kurumlarının yapmayı planladıkları hizmetleri; birbirlerini, mevcut planları, artan nüfus oranlarını dikkate alarak yapmalarını sağlamalıdır.
- Altyapı kurumlarının sistem üzerindeki bilgileri birbirlerinin de görebileceği bir şekilde güncellemelerine fırsat vermelidir. Güncelleme, coğrafi bilgi sistemlerinin ve dolayısıyla altyapı bilgi sistemlerinin en önemli yapı taşlarından biri olmalıdır. Çünkü güncellenmeyen bir sistem o günün koşullarını tam manasıyla yansıtmıyor demektir.

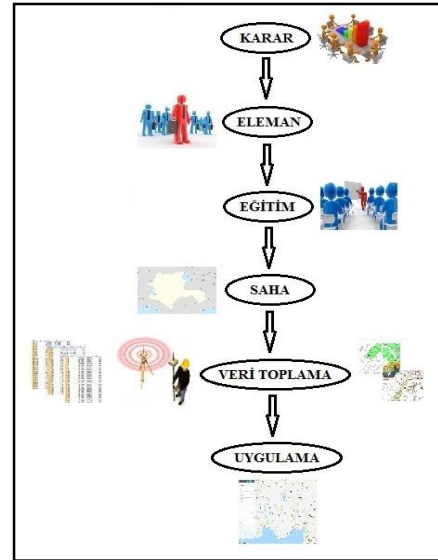
- Oluşturulacak sistem diğer bazı sistemlerle ilişkilendirilebilmeli, ihtiyaç duyulduğu takdirde sorgulama ve analiz yapılabilir. Bir yerleşim yerindeki altyapı bilgi sisteminin aynı yerleşim yerindeki tapu kadastro bilgi sistemiyle ilişkilendirilerek bir abonenin tapu bilgilerine kolaylıkla ulaşılabilmesi bu hedefe yönelik bir örnek olarak verilebilir.
- Sistem üzerine işlenecek boru çapı, boru cinsi, boru derinliği, akar kotu, yapım yılı, depo hacmi, arıza, abone vb. yeraltı şebeke hatlarıyla ilgili olabilecek her türlü bilginin sorgulanabilir ve gerektiğinde analiz edilebilir olması gerekmektedir. Bir içme suyu şebeke hattının herhangi bir bölgesinde meydana gelen arızaların bilgisinin sorgulanabilir olması o hattın kolay takip edilebilmesi ve gerektiğinde hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi açısından önemlidir.
- Oluşturulacak sistem internet tabanlı coğrafi bilgi sistemi olarak bahsedilen tanıma uygun olmalıdır. Yani sisteme internet erişimi bulunan her donanım üzerinden erişilebilmelidir. Çünkü sisteme kolay erişebilmek demek problemlerin daha hızlı çözülebilmesi demektir.

2.2. Altyapı Bilgi Sistemi Kurulum Aşamaları

Bir altyapı bilgi sistemi kurulurken belli aşamalardan sırasıyla geçmek durumundadır. Bu aşamaları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

- Altyapı bilgi sistemini kuracak olan altyapı kurumunun sistemin kurulması yönünde karar vermesi ve çalışmalarını bu karar doğrultusunda yürütmesi gerekmektedir. Karar vermek demek yapılması planlanan işe olan ilginin somutlaştırılması demektir.
- Kurulum için gerekli karar verildikten sonra bu kurulumu gerçekleştirecek elemanlar belirlenmelidir. Çalışmaların belli kurallar çerçevesinde yürütülebilmesini ve belirlenen elemanların konu ile ilgili yeterli bilgi düzeyine ulaşabilmelerini sağlamak amacıyla bir altyapı bilgi sistemi kurulurken nelere dikkat edilmesi gerektiğinin yapılacak eğitim programlarıyla elemanlara anlatılması gerekmektedir.
- Kurulacak olan sistemin ne büyüklükte bir alana hizmet edeceğinin belirlenmesi gerekmektedir.
- Belirlenen sahada bulunan yeraltı şebeke hatlarının konumsal bilgilerinin yanı sıra öznelik bilgilerinin de sorgulanabilir olması gerekmektedir. Kullanıcıların ihtiyaçları dikkate alınarak sorgulanması istenen öznelik bilgileri belirlenmeli ve sisteme işlenmelidir.

- Sistemin hizmet edeceği alan ve sorgulanabilecek öznelik bilgilerinin belirlenmesinden sonraki en önemli aşama veri toplama aşamasıdır. Her coğrafi bilgi sistemi çalışmasında olduğu gibi altyapı bilgi sistemi çalışmalarında da veri toplamanın önemi büyüktür. Çünkü düzenli ve tutarlı bir veri olmadığı takdirde ihtiyaçları karşılayabilecek bir sistem de kurulamamaktadır.
- Toplanan veriler sisteme entegre edildikten sonra uygulama ekranının tasarlanması gerekmektedir. Menülerin uygulama ekranındaki yerleri sistemin kullanımını kolaylaştıracak şekilde belirlenmelidir.
- Ayrıca; kurulacak olan sistemin hedeflerde de belirtildiği üzere internet tabanlı bir sistem olması gerekmektedir. Bu durumda internet erişimi olan her donanımdan sisteme erişim sağlanabilmekte ve problemlere daha hızlı çözümler üretilebilmektedir (Yomralıoğlu ve Demir, 1994).



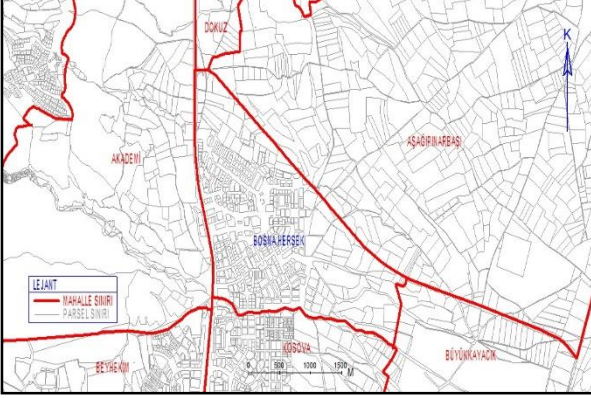
Şekil 2. Kurulum aşamalarının şematik gösterimi

3. YÖNTEM

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018 yılı nüfus verilerine göre 2205609 kişiyle Türkiye'nin 7. büyük ili olan Konya, aynı zamanda Türkiye'nin yüzölçümü olarak en büyük ili olma özelliğini de taşımaktadır. Bu durumda şehirde yaşayan nüfusun kanalizasyon, içme suyu, doğalgaz, telefon, elektrik gibi yeraltı şebeke hatlarıyla ilgili ihtiyaçlarının belli bir düzen içerisinde karşılanması gerekmektedir. Bu çalışmada bunun bilincinde hareket edilmiş ve bir altyapı bilgi sistemi kurulmasının ne tür faydalar sağlayacağını araştırması yapılmıştır. Örnek altyapı bilgi sistemi uygulaması için Konya İli, Selçuklu İlçesi, Bosna Hersek Mahallesi seçilmiştir.

Bosna Hersek Mahallesi Konya İlinin 2018 yılı nüfus verilerine göre 61483 kişi ile en

kalabalık mahallesi olan Yazır Mahallesi'nden sonra 39145 kişi ile ikinci kalabalık nüfusa sahip mahallesidir. Yakınında bulunan Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Yerleşkesi nedeniyle özellikle akademik yarıyıllarda üniversite öğrenci nüfusunun artması mahallenin daha kalabalık bir hal almasına neden olmaktadır. Bosna Hersek Mahallesi, kuzeyinde Dokuz, güneyinde Kosova ve Beyhekim, doğusunda Aşağıpınarbaşı ve Büyükkayacık, batısında ise Akademi Mahalleleri ile çevrilidir (Şekil 3).



Şekil 3. Bosna Hersek Mahalle sınırları haritası

Mahalle fiziki olarak genellikle düz bir yapıya sahiptir. Yeni İstanbul Caddesi, Aliya İzzet Begoviç Caddesi ve taşkın deresi mahallenin sınırlarını oluşturmaktadır (Şekil 4).

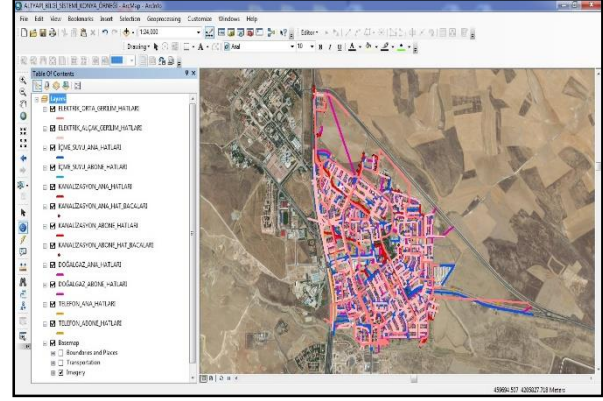


Şekil 4. Bosna Hersek Mahallesi uydu görüntüsü

Örnek altyapı bilgi sistemi uygulaması için ilk etapta Bosna Hersek Mahallesi'nin yeraltı şebeke hatlarının verileri ait oldukları altyapı kurumlarından temin edilmiştir. Burada bahsi geçen altyapı kurumları içme suyu ve kanalizasyon için Konya Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (KOSKİ), doğalgaz için ENERYA, telefon için Türk Telekom, elektrik için ise Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'dir (MEDAŞ).

Çalışma sahasına ait altyapı verilerinin toplanmasıyla birlikte örnek uygulamaya başlanmış ilk olarak farklı koordinat sistemlerine sahip veriler NetCad programında, daha önce Konya Metropolitan Alan için hazırlanmış olan dönüşüm parametreleri

yardımlarıyla ITRF (International Terrestrial Reference Frame) koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Daha sonra dönüştürülen bu veriler ArcGis programının ArcMap ara yüzüne aktarılmıştır. Bu sayede tüm altyapı verilerinin karşılaştırılması sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Bosna Hersek Mahallesi altyapı haritası

4. BULGULAR

Bosna Hersek Mahallesi'ndeki mevcut yeraltı şebeke hatlarının işleyişinin nasıl olduğunun bir altyapı bilgi sistemi yardımıyla incelenmesi, eksiklerinin neler olduğunun görülmesi ve ihtiyaç duyulan hallerde gerekli sorgulamaların yapılması amacıyla bir çalışma yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada ilk olarak mevcut yeraltı şebeke hatları projeksiyonu ITRF koordinat sistemi olacak şekilde ArcMap yazılımında bir araya getirilmiş ve bakıldığında kolay ayırt edilebilmesi açısından farklı şebeke hatları farklı renklerde gösterilmiştir. Ayrıca çizgi kalınlıkları da aynı seviyede ayarlanmış ve görsellik düzeyinin yüksek olması sağlanmıştır.

Coğrafi varlıkların konumlarının yanı sıra sözel (öznitelik) bilgilerinin de sorgulanabilmesi coğrafi bilgi sistemi temelli sistemlerin sahip olması gereken özelliklerindedir. Bu amaçla mevcut yeraltı şebeke hatlarının her birinin öznitelik tablosuna (attribute table) görülmesi istenilen sütunlar eklenmiştir. İçme suyu ve doğalgaz hatları için oluşturulan boru cinsi, boru çapı, boru uzunluğu, boru derinliği, cadde sokak adı; kanalizasyon hatları için oluşturulan boru cinsi, boru çapı, zemin kotu ve akar kotu gibi sütunlar öznitelik tablosuna eklenen sütunlara örnek olarak verilebilir (Şekil 6).

OBJECTID	Shape	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	GENİŞLİK	GENİŞLİK
10	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
11	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
12	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
13	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
14	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
15	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
16	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
17	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
18	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
19	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
20	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
21	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
22	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
23	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
24	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
25	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
26	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
27	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
28	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
29	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
30	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
31	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
32	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
33	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
34	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
35	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
36	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
37	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
38	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
39	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
40	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
41	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
42	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
43	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
44	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
45	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
46	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
47	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
48	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
49	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
50	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
51	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
52	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
53	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
54	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
55	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
56	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
57	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
58	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
59	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
60	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
61	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
62	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
63	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
64	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
65	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
66	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
67	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
68	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
69	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
70	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
71	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
72	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
73	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
74	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
75	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
76	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
77	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
78	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
79	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
80	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
81	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
82	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
83	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
84	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
85	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
86	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
87	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
88	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
89	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
90	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
91	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
92	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
93	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
94	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
95	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
96	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
97	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
98	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
99	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1
100	POLYLINE	POLYLINE	200	200	1	1	1	1	1

Şekil 6. İçme suyu ana hatlarına ait öznitelik tablosu

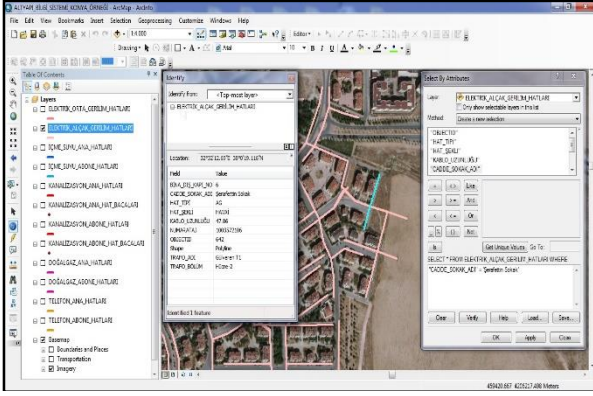
Oluşturulan sütunlar mevcutta bulunan ve bilinen değerler ile doldurulmuştur. Konumsal olarak bilinen fakat öznitelik verisi olmayan bazı yeraltı şebeke hatlarının ise öznitelik tablosundaki yerleri boş bırakılmıştır (Şekil 7).

OBJECTID	Shape	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	GENİŞLİK	GENİŞLİK
40	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
41	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
42	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
43	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
44	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
45	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
46	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
47	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
48	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
49	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
50	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
51	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
52	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
53	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
54	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
55	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
56	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
57	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
58	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
59	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
60	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
61	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
62	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
63	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
64	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
65	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
66	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
67	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
68	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
69	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
70	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
71	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
72	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
73	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
74	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
75	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
76	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
77	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
78	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
79	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
80	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
81	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
82	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
83	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
84	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
85	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
86	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
87	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
88	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
89	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
90	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
91	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
92	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
93	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
94	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
95	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
96	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
97	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
98	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
99	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
100	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1

Şekil 7. Kanalizasyon abone hat bacalarına ait akar kotu verisinin eksikliği gösteren öznitelik tablosu

Ayrıca bazı yeraltı şebeke hatlarının konumsal verilerinde eksiklikler bulunmakta ve sisteme aktarılan bu veriler hatların bazılarının iki ucunun boşta ve şebekesinden bağımsız olarak görünmesine neden olmaktadır (Şekil 8).

OBJECTID	Shape	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	KODU	GENİŞLİK	GENİŞLİK	GENİŞLİK
1	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
2	POLYLINE	POLYLINE	100	100	1	1	1	1	1
3	POLYLINE	POLYLINE							



Şekil 11. Bir elektrik alçak gerilim hattının sorgulanması

Bütün bu sorgulamalar ABS'nin birçok altyapı konusunda kullanıcılara istenilen bilgiyi verdiği tezini doğrular niteliktedir. Ayrıca geliştirilebilir yapıda olan bu sistemler güncellikleri de korunduğu takdirde her daim kullanıcıların işini kolaylaştırmaya devam edecektir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Bosna Hersek Mahallesi'ne ait yeraltı şebeke hatları örnek bir altyapı bilgi sisteminde bir araya getirilmiştir. Oluşturulan bu sistem hatların birbirlerine göre olan konumları, hangi binaların bu hatlardan hizmet aldığı, bir sokakta bulunan herhangi bir hattın boru çapının ne olduğu, sürekli arıza yapan bir hattın boru cinsinin ne olduğu gibi sorulara kolaylıkla cevap verebilen bir sistemdir. Örneğin; çapı 80 mm olan doğalgaz şebeke hatlarının sorgulanması yapılmak istenirse sistem bu çapta mevcut olan şebeke hatlarını, kablo cinsi fiber optik olan telefon şebeke hatlarının sorgulanması yapılmak istenirse sistem bu kablo cinsinde olan şebeke hatlarını ekrana getirebilmektedir.

Ülkemizde altyapı bilgi sistemi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır; ancak bu çalışmalar belli yeraltı şebeke hatlarını ilgilendiren boyuttur. Örneğin su ve kanalizasyon idareleri yalnızca içme suyu ve kanalizasyon verilerinin bulunduğu altyapı bilgi sistemlerini oluştururlarken doğalgaz idareleri yalnızca doğalgaz verilerinin bulunduğu altyapı bilgi sistemlerini oluşturmaktadırlar. Bu durum yerleşim yerine ait tüm yeraltı şebeke hatlarının aktif bir şekilde incelenememesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle içme suyu ve kanalizasyon hat verilerinin olduğu bir altyapı bilgi sisteminde doğalgaz hat verileri bulunmamakta bulunsun bile güncelleme konusunda eksik kalmaktadır. Bunun nedeni ise ülkemizde her altyapı hizmetinin farklı kurumlar tarafından yapılıyor olmasıdır. Bu ayrılığı ortadan kaldırmak hizmetlerin tek bir elden yürütülebilmesi, hizmetlere ilişkin kararların daha kolay ve hızlı bir şekilde alınabilmesi, oluşturulmak istenen bir altyapı bilgi sisteminde tek ve kesin altyapı verisinin kullanılabilmesi gibi birçok altyapı konusu açısından büyük önem taşımaktadır.

“Şekil 12, 13 ve 14’deki” gazete haberlerinde altyapı kurumlarının koordinasyonsuzluğu, altyapı şebeke hatlarının koordinatlı olmaması gibi sebeplerden dolayı meydana gelen kazalara örnekler verilmiştir. Güncel bir altyapı bilgi sistemi bu koordinasyonu sağlama konusunda etkili bir çözüm yoludur.



Şekil 12. Doğalgaz hattında yaşanan kaza ile ilgili bir haber (www.kocaeligazetesi.com.tr, 2018)



Şekil 13. Doğalgaz ve elektrik hatlarında yaşanan kaza ile ilgili bir haber (www.haberler.com, 2013)



Şekil 14. İçme suyu hattında yaşanan kaza ile ilgili bir haber (www.star.com.tr, 2014)

Ayrıca oluşturulan sistemde yukarıda da bahsedildiği üzere bazı yeraltı şebeke hatlarının iki

ucunun boşta olduğu görülmektedir. Bunun nedeni boş olan kısımlara ait şebeke bilgisinin olmamasıdır. Zamanında döşenen hatlar çalışmalarda kullanılan altlıklara işlenmemiş ve bu durum günümüzde söz konusu kısımlara ait şebeke bilgisine erişilememesine neden olmuştur. Böyle durumlarda altyapı kurumlarının şebeke bilgisi olmayan kısımlarda yaptıkları herhangi bir çalışma sonrasında oradaki şebekeye ait bilgileri toplayıp kullandıkları altlıklara ve varsa altyapı bilgi sistemlerine aktarmaları gerekmektedir. Böylece eksik olan kısımlar tamamlanmış olacak, şebekelere ait bilgiler daha doğru bir şekilde görülebilecek ve oluşabilecek olan problemlere karşı daha hızlı çözüm üretilebilecektir.

Bir ABS çalışmasının başarıya ulaşabilmesi için adres ve abone bilgisine de gerekli önemin verilmesi istenir. Bosna Hersek Mahallesi'ne ait mevcut altyapı şebeke hatlarının elde var olan sayısal ve sözel verilerinin bir sistem oluşturulması amacıyla bir araya getirildiği bu çalışmada önemi büyük olan adres bilgisi, bina dış kapı numarası, numarataj gibi eksik olan verilerin sisteme girişi yapılarak mevcut verilerle ilişkilendirilmesi sağlanmıştır. Bu sayede daha donanımlı ve sorgulanabilir adres tabanlı bir ABS elde edilmiştir.

Ayrıca ülke kaynaklarının israf edilmemesi ve yapılacak olan altyapı çalışmalarında meydana gelebilecek olan sorunların önceden belirlenip gerekli tedbirlerin alınabilmesi bakımından aşağıda belirtilen önerilerin altyapı hizmeti yapan kurum ve kuruluşlar tarafından dikkate alınmasında yarar vardır.

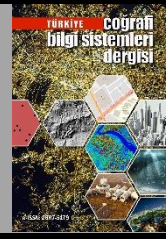
- Altyapı çalışmalarıyla ilgili bir koordinasyon merkezi oluşturulmalıdır.
- Mevcut altyapı tesisleriyle ilgili bilgiler varsa toplanmalı ve oluşturulan ortak bir altyapı bilgi sistemine işlenmelidir.
- Mevcut ve yapılacak olan altyapı tesislerinin bir arada değerlendirilebilmesi için aynı koordinat sisteminde olmaları gerekmektedir. Ayrıca altyapı hatlarına ait derinlik bilgileri de dikkate alınmalıdır.
- Altyapı tesisleriyle ilgili çalışmalar olağanüstü durumlar haricinde yol, park gibi kamu ortak alanları üzerinde planlanmalıdır.
- Hiç altyapı tesisi olmayan bir bölgede yapılacak olan çalışmalarda belli bir hiyerarşik düzen gözetilmelidir. Örneğin; içme suyu hatları halk sağlığı açısından kanalizasyon ve yağmur suyu hatlarından yukarıda olmalıdır.
- Altyapı tesislerinde kullanılacak olan malzemeler halk sağlığını tehdit etmemesi bakımından özenle seçilmeli ve belirli aralıklarla bakımları yapılmalıdır.
- Altyapı tesisleri planlanırken nüfus artış oranları dikkate alınmalı ve en az 40-50 yıllık ihtiyaç hesaplamaları yapılmalıdır. Çünkü altyapı tesislerinde oluşan sorunların

çoğu nüfus artışının dikkate alınmamasından kaynaklı olup boru çapları yetersiz gelmektedir. Buna en güzel örnek kanalizasyon boru çaplarının küçük seçilmesi halinde şiddetli bir yağmurun rögarlarda taşma meydana getirerek çevre sağlığını tehdit etmesi olarak gösterilebilir.

- Bölgede yaşayan insanların sürekli rahatsız edilmemesi bakımından tekrarlı kazılardan kaçınılmalı, tüm altyapı tesisleri birlikte planlanmalı ve uygulanmalıdır.
- Altyapı tesisleri uygulanmış alanlarda imar planı değişikliğine gidilmemelidir.
- Altyapı tesislerinin gerek uygulamasında gerekse arızalarının giderilmesinde işinde uzmanlaşmış teknik ekip veya ekipler görev yapmalıdır.

KAYNAKÇA

- Yomralıoğlu, T., Demir, O. (1994). Kentsel Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Modelleme. 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon.
- Uluğtekin, N., Bildirici, İ. Ö. (1997). Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Harita. 6. Harita Kurultayı, Ankara, 85.
- Yomralıoğlu, T., Çete, M. (2002). Kent Bilgi Sistemleri: Çağdaş Yerel Yönetim Aracı. *Arkitekt*, 2, 34-39.
- Yomralıoğlu, T., Reis, S. & Nişancı, R. (2002). GPS İle Hareket Halindeki Araçlardan Elde Edilen Gerçek Zamanlı Verilerin Orta Ölçekli CBS Çalışmalarında Kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- Yılmaz, A. G., Keskin, M. E. (2005). Altyapı Bilgi Sistemi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya.
- Yeğnidemir, S. (2013). İzgaz Altyapı Bilgi Sistemi (İzgbis). 5. Uluslararası Doğalgaz Sempozyumu, İstanbul.
- <https://www.haberler.com/asfaltcilar-elektirigi-elektrik-tamircileri-5253204-haberi/>, 2013
- <https://www.star.com.tr/guncel/su-borusu-patladi-yol-gole-dondu-haber-967755/>, 2014
- <https://www.kocaeligazetesi.com.tr/haber/1523714/dogalgaz-borusu-patladi>, 2018
- <http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=106727037>, 2019



Araştırma Makalesi

Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi

Sefa Sarı¹, Tarık Türk^{*1}

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Deprem
Hasar Görebilme
CBS
Doğal Afet

ÖZ

Ülkemiz, bulunduğu jeolojik, topoğrafik yapı ve iklim koşulları nedeniyle doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır. Jeolojik olarak dünyanın en aktif kuşaklarından birisi üzerinde yer alan ülkemiz, deprem başta olmak üzere birçok doğal afetin meydana gelebileceği uygun jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri taşımaktadır. Gerek tarihsel gerekse aletsel dönem kayıtları geçmişte ülkemizin birçok kesiminde büyük depremler olduğunu göstermektedir. Bu depremlerden en yıkıcı olanları ise Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelmektedir. Bu çalışmada; KAFZ' a yakın Sivas il merkezinin bina bazında olası bir depremden etkilenme potansiyeli ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında Sivas Belediyesi Kent Bilgi Sistemi (KBS) içerisinde bulunan binaların taban alanı, kat sayıları, yapı nizamları, yapım tarihleri, yapı tipleri, yapı türü vb. özellikleri incelenmiş ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) yaklaşımına uygun olarak bina verileri oluşturulmuştur. Ayrıca, nüfus, arazi kullanımı, su kaynakları, yol, topoğrafya, fay hatları, jeolojik formasyon, yerel zemin sınıfları verilerinin yanı sıra belediye bünyesinde bulunan jeolojik, jeofiziksel, mikrotremor ve yerleşime uygunluk verileri elde edilerek CBS ortamına aktarılmıştır. Daha sonra, belirlenen deprem senaryolarından yola çıkılarak olası bir depremden Sivas Belediyesi KBS'de kayıtlı bulunan 32023 adet binanın yapı nizamları (Bitişik, Ayrık) ve yapı tiplerine (Yığma, Betonarme Karkas) göre hasar görebilme potansiyelleri (Hasarsız, Hafif hasarlı, Hasarlı, Ağır Hasarlı, Çok Ağır Hasarlı) belirlenmeye çalışılmıştır.

Investigation of Building Damages Caused by Earthquakes by Geographical Information Systems

Keywords:

Earthquake
Vulnerability
GIS
Natural Hazards

ABSTRACT

Due to the geological, topographic and climatic conditions of our country, it is constantly facing natural disasters. Turkey which is geologically located on one of the most active fault zone in the world, has the appropriate geological and geomorphological features which can occur in many natural disasters, especially earthquakes. Both historical and instrumental period records show that there have been major earthquakes in many parts of our country in the past. The most destructive of these earthquakes is on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ).

In this study; the building-based affected potential by a possible earthquake of the city center of Sivas close to the NAFZ was determined. In the scope of the study, the floor area, number of floors, construction orders, construction dates, building types, type of building, etc., which are registered in Sivas Municipality City Information System (CIS) are recorded. Building data was created in accordance with the Federal Emergency Management Agency (FEMA) approach. In addition to the data on population, land use, water resources, road, topography, fault lines, geological formation, local soil classes, geological, geophysical, microtremor and settlement conformity data were obtained from the municipality and transferred to GIS environment. Then, vulnerability of 32023 buildings registered in Sivas Municipality CIS in a possible earthquake based on a determined earthquake scenarios were detected as Heavy Damaged, Very Heavy Damaged according to the building regulations and building types (Masonry, Reinforced Concrete Carcass).

* Sorumlu Yazar

{ tarikurturk@gmail.com } ORCID ID 0000-0002-2671-7590
{ sefasari58@gmail.com } ORCID ID 0000-0002-4142-9845

1. GİRİŞ

İnsanlar çok eski çağlardan beri afetlerle karşı karşıya kalmış ve afetlerin meydana getirdiği sorunlarla uğraşmıştır. Yerleşim alanları büyüdükçe ve yoğunlaştıkça, afetlerin kentsel yerleşim alanlarına da etkisi buna paralel olarak artmıştır. Ülkemiz, bulunduğu jeolojik, topoğrafik yapı ve iklim koşulları nedeniyle doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır ve başta deprem olmak üzere heyelan, sel vb. doğal afetlerden dolayı can kaybının yanında ekonomik kayıplar da meydana gelmektedir (Türk, 2009). Bununla birlikte, ülkemizde doğal afetlerden dolayı yıkılan konut sayıları dikkate alındığında %76 ile deprem ilk sırada yer almakta ve onu %10 ile heyelan izlemektedir. Türkiye, ekonomik nedenlerden dolayı bu afetlere karşı yeterli teknik önlemleri almakta zorlanmaktadır (Özmen vd., 2005).

Belediyeler, yüksek deprem riskine sahip olan binaların saptanması için öncelikli alanları belirlemelidir. Öncelikli alanlar, aktif faylardan uzaklık ve yerel zemin koşulları unsurları ile belirlenir. Bu unsurlar deprem tehlikesini belirler. Belediyelerin kendi sorumluluk alanlarında deprem tehlikesini ortaya koyan jeolojik, jeofizik ve geoteknik çalışmalara öncelik vermesi ve sismik mikrobölgeleme çalışmalarını yapması gerekir. Bu çalışmalar, binaların depreme karşı dayanıklı olup olmadığına yönelik yapılacak çalışmaların temel altyapısını oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen bilgileri topluma uygun bir şekilde aktarmak, belediyelerin öncelikli görevlerinden biridir (Türk vd., 2012; Türk, 2009; BÜ vd., 2003).

Dünya'da, doğal afetlere karşı gerekli önlemlerin alınması sürecinde CBS' den etkin bir şekilde faydalanılmaktadır (FEMA, TABİS vb.). CBS ile afetlere yönelik yapılan en önemli çalışmalardan birisi de FEMA tarafından yapılan (HAZUS) çalışmalarıdır. HAZUS; deprem, su baskını ve fırtına gibi tehlikelerden kaynaklanan potansiyel kayıpların analizini CBS tabanlı bir yazılım (HAZUS-MH yazılımı) aracılığıyla ortaya koymaktadır (FEMA, 2008; Türk, 2009).

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin içerisinde barındırdığı güçlü analiz ve modellemeler sayesinde, uygun altlıklar ile bütünleşik, değişik ölçeklerdeki afetler için; afetten etkilenen bölge, olası can ve mal kayıpları, geçici yerleşim bölgeleri, toplanma bölgeleri, yardım bölgeleri gibi önemli noktaların belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Bununla birlikte kullanılabilir ulaşım güzergahları, en yakın

hastane, yardım nerelerde olduğu gibi amaca yönelik imkanlar sağlamaktadır. (Karaağaç,2019)

Afet yönetiminde, olası afetin etkilediği bölgenin tespit edilmesinde, bu bölgedeki kritik tesislerin durumlarının belirlenmesinde, hasarlarının raporlanmasında, etkin müdahalenin sağlanmasında personel ve ekipman bilgisinin elde edilmesinde, kaynakların verimli kullanılmasında, ulaşım ve altyapı bilgilerinin toplanmasında CBS'den yararlanılmaktadır. Bu bilgiler ışığında afet alanındaki yetkililer afetlerle etkin bir şekilde mücadele edebilmekte ve ortaya çıkan kayıplar azaltılabilmektedir (Gunes ve Kovel, 2000).

Cova ve Church (1997) tarafından ortaya koyulan bütünleşik afet yönetiminin; Hazırlıklı olma, iyileştirme, Zarar azaltma ve müdahale olmak üzere dört evresi bulunmakta olup bütün bu evreler CBS teknolojisi ile birleştirilerek afetlerin başarılı bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

Zarar Azaltma	Risk Analizi
	Risk Haritaları
	Araştırma ve Geliştirme
	Bina Yönetmelikleri
Hazırlıklı Olma	Afet Planlaması
	Personel Eğitimleri
	Uyarı Sistemleri
	Bilinçlendirme
Müdahale	Afet Planlarının Uygulanması
	Kaynak Yönetimi
	Arama Kurtarma
İyileştirme	Hasar Analizi
	Enkaz Kaldırma
	Afet Yardımlarının Planlanması

Şekil 1.1 Bütünleşik Afet Yönetimi (Cova ve Church, 1997).

Uygulama Açısından	Ulaşım
	Kaynak Yönetimi
	Çevresel Modelleme
	Sosyo-Ekonomik Modelleme
Yönetimsel Açısından	Organizasyonel
	Yasal
Teknik Açısından	Mekansal Karar Destek Sistemi
	Mekansal Veri Entegrasyonu
	CBS ve Uzaktan Algılama
	Doğruluk
	Anlık CBS
	CBS ve GPS
Veri Modelleme	

Şekil 1.2 Bütünleşik Afet Yönetiminde CBS (Cova ve Church, 1997).

Afet yöneticilerinin müdahale sürecinde ihtiyaç duyduğu anlık ve kritik bilgilere ulaşılmasında

CBS büyük bir fayda sağlamaktadır. Afet yöneticileri için, hızlı ve etkin müdahale etmek, kayıpları en aza indirmek ve iyileştirme faaliyetlerini süratle tamamlamak için afetin oluş yerinin ve afetin etki alanının doğru bir biçimde tespit edilmesi ilk gereksinimdir (Erden, 2009).

Anadolu plakası; güneyinde bulunan Arap-Afrika Levhalarının baskısına maruz kalmakta ve sınırı boyunca meydana gelen aktif tektonik aktivitelere sahne olmaktadır. Bu tektonizma sonucunda Anadolu coğrafyasında 1900-2017 yılları arasında 6.0 ve üzeri büyüklüğünde 210 büyük deprem meydana gelmiş olmakla birlikte jeolojik şekillenme günümüzde de etkin bir biçimde devam etmektedir (AFAD, 2017). Bununla birlikte, 117 yılda meydana gelen bu depremlerde 86 bin 802 kişi yaşamını yitirmiş, 597 bin 865 konut ağır hasar görmüştür (AFAD, 2017).

Sismik mikro bölgeleme, depremden kaynaklanan olumsuz etkenlerden farklı oranda etkilenecek yerlerin belirlenmesidir. Bu süreç, çok kapsamlı bir çalışmayı ve aşağıda belirtilen unsurların dikkate alınmasını gerektirir (AİGM, 2004).

- Deprem tehlikesinin belirlenmesi,
- Yer sarsıntı şiddeti,
- Sıvılaşma ve oturmalar,
- Toprak kayması, kaya düşmesi,
- Deprem ile ilişkili su baskınları,
- Yüzeysel faylanma ve tektonik hareketler.

Sismik mikro bölgelemede en önemli çalışmalardan biri de jeofiziksel çalışmalardır. Mühendislik sismolojisi çalışmalarında kullanılan mikrotremor yöntemi, dinamik zemin parametrelerinin ve değişimlerinin belirlenebilmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Zemin hâkim periyodu ve zemin büyütmesi gibi parametrelerin, zemin esneklik özellikleri ile yer-yapı hâkim periyodunun belirlenmesinde mikrotremor yönteminin kullanımı hem arazi çalışmalarında kolaylık sağlamakta hem de güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu nedenle son yıllarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akgün, 2007; Büyüksaraç vd., 2007; Türk, 2009; Türk vd., 2012).

Bu çalışmada, daha önce Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları içerisinde yapılan sismik mikro bölgeleme çalışmaları temel alınmış, deprem senaryosu üretilmiş ve olası bir depremde yıkılma potansiyeline sahip binaların analizi gerçekleştirilerek çeşitli değerlendirmelerde bulunulmuştur.

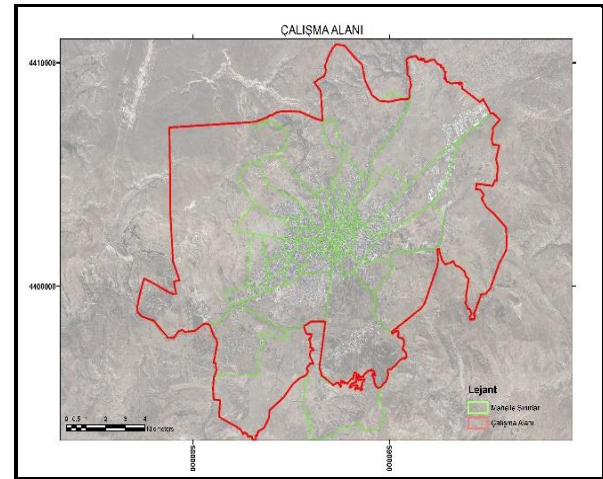
2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları seçilmiştir. (Şekil 2) Coğrafi olarak 36° 53' dakika ve 37° 06' doğu boylamlarıyla, 39° 40' ve 39° 49' kuzey enlemleri arasında kalan çalışma alanı; 191,53 km² lik yüzölçümüne sahiptir. Kızılırmak havzası kuzey kenarında bulunan şehir merkezinin ortalama rakımı 1200 metredir. Anadolu'nun en eski yerleşimlerinden olan Sivas birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Ayrıca Anadolu'daki tarihi İpek Yolu güzergahlarının keşiştiği bir yerde konumlanmış ve ünlü Kral Yolunun da geçiş güzergahında bulunmaktadır.

Şehir merkezinde birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Tarihi kent meydanı içerisinde bulunan Çifte Minareli Medrese, Şifahiye Medresesi, Kale Cami, Buruciye Medresesi, Valilik Binası, Jandarma Binası, Kongre Binası günümüze ulaşmış önemli yapılar arasındadır. Bunun yanında şehrin muhtelif yerlerinde bulunan Ulu cami, Taşhan, Eğri Köprü, Kurşunlu Hamamı, Behram Paşa Hanı, Meydan Hamamı, Gündük Minare, Kangal Ağası Konağı, Ziya Bey Kütüphanesi, Kesik Köprü, Eski Paşa Hamamı, Susamışlar Konağı Sultan şehrin tarihine ışık tutan önemli yapılarıdır (Sivas Belediyesi, 2018).

Çalışma alanı içerisinde 65 adet mahalle bulunmakta olup TÜİK verilerine göre 2018 yıl sonu nüfusu 348.683 kişidir.



Şekil 2. Çalışma alanı: Sivas ili Merkez ilçesi belediye sınırları

Çalışma alanı yerleşimi, sismik tehlike bakımından düşük seviyede bulunan bir bölgedir. Ancak, Sivas Merkez'den uzakta meydana gelen depremler, özellikle alüvyon yapıları alanlarda yer büyütmesi etkisi göstermektedir. Bu durum binalar

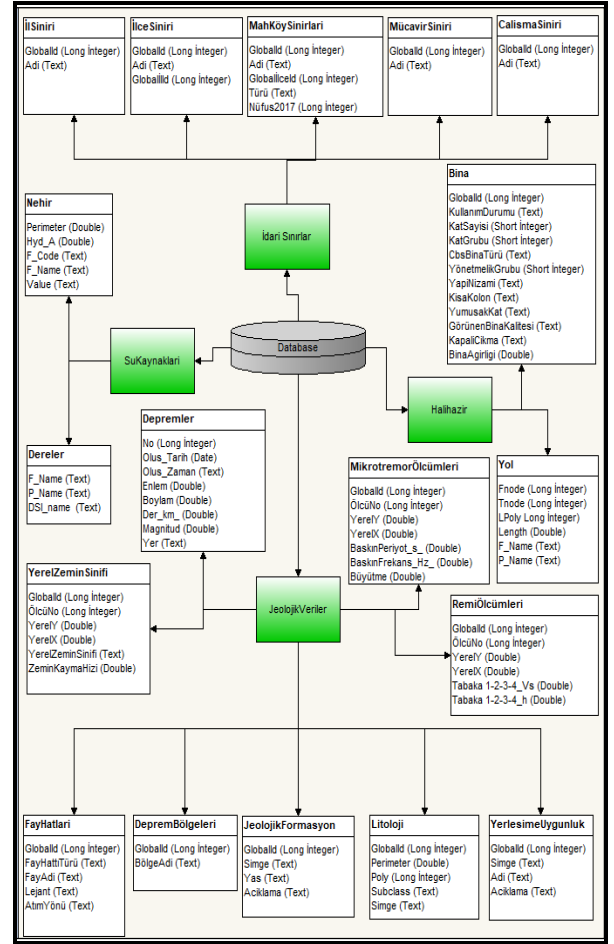
açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Yerleşim alanlarında sismik mikrobölgeleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi zeminlerin depremlerden etkilenme duyarlılığını belirleyerek yapılacak risk analizinin temelini oluşturmaktadır (Büyüksaraç vd., 2007). “Sivas İli Deprem Duyarlık ve Mikrobölgeleme Projesi” (2007) kapsamında 117 noktada yapılan mikrotremor ölçülerinin değerlendirilmesi sonucunda zemin hâkim titreşim periyodu haritası ve sismik mikrobölgeleme haritası üretilmiştir. Söz konusu çalışmada; Sivas Merkez belediye sınırı yerleşiminde depreme en duyarlı alanların Kızılırmak nehri ile Kardeşler Mahallesi civarları olduğu vurgulanmaktadır. Mikro bölgeleme çalışması kapsamında üretilen veriler bu çalışmada altlık olarak kullanılmıştır.

2.2. Kullanılan veriler

Sivas Merkez’de 65 adet mahalle bulunmakta olup Mart 2019 itibarıyla 32023 adet bina envanteri veritabanında bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında;

- Sivas Belediyesi Kent Bilgi Sistemi içerisinde bulunan; idari sınırlar, zemin etüd raporları, bina envanteri, yol verisi, halihazır harita verileri, yerleşime uygunluk verileri, nüfus verileri
- Sivas Tarım İl Müdürlüğü’nden elde edilen arazi kullanım haritası,
- MTA’dan elde edilen litoloji, jeolojik formasyonlar, deprem bölgeleri, meydana gelen depremlerin coğrafi konumları ve fay hattı verileri,
- DSİ 19. Bölge Müdürlüğü’nden elde edilen akarsu verileri,
- Sivas ili deprem duyarlık ve mikrobölgeleme projesi (Büyüksaraç vd., 2007) kapsamında üretilen mikrotremor ölçümleri, yerel zemin sınıfları, mikrobölgeleme haritası verileri kullanılmıştır.

Elde edilen tüm veriler hesaba katılarak veritabanı tasarımı gerçekleştirilmiş ve CBS ortamında bütünleştirilmiştir.



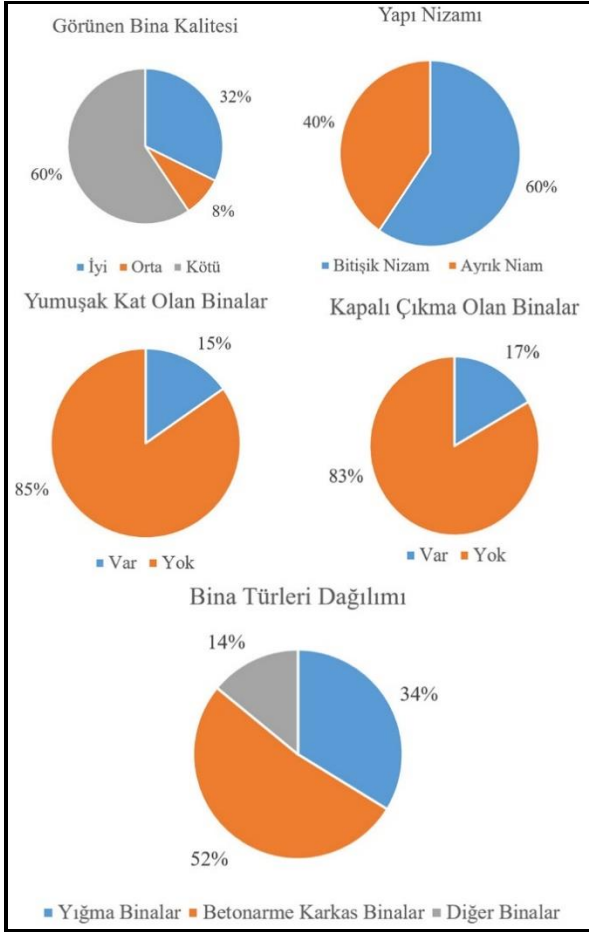
Şekil 3. Veritabanı tasarımı (UML Diyagramı)

2.3. Yöntem

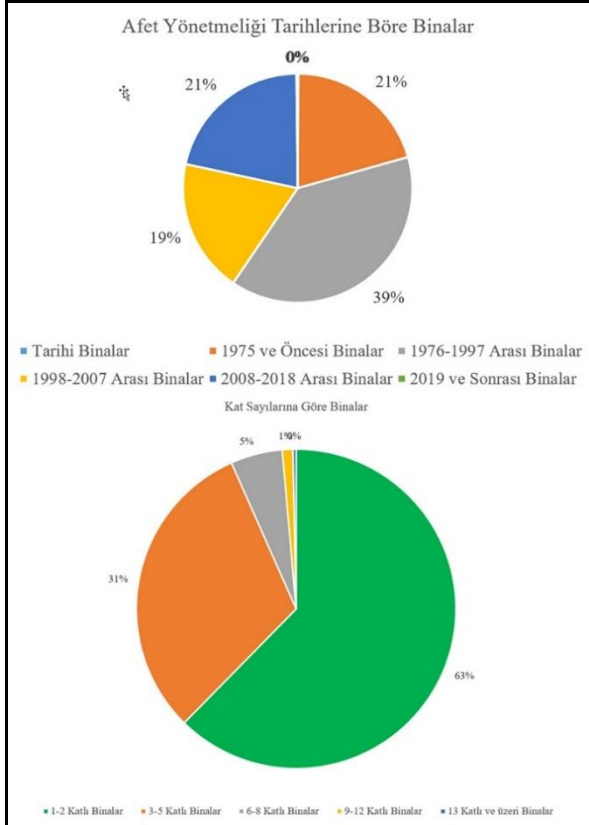
Sivas Belediyesi bünyesinde CBS ortamında bulunan mevcut veritabanında eksik olan ve aşağıda öznitelikleri belirtilen 32023 adet binaya ait öznitelik değeri Federal Emergency Management Agency (FEMA-HAZUS) yaklaşımına uygun olarak veri tabanına işlenmiştir (Şekil 3).

- Yapı Nizamları (Bitişik, Ayrık)
- Yumuşak Kat (Var, Yok)
- Görünen Bina Kalitesi (İyi, Orta, Kötü)
- Kapalı Çıkma (Var, Yok)
- Yapı Türü (Yığma, Betonarme Karkas, Diğer)

Bununla birlikte günümüze kadar afetlere ilişkin çıkarılan yönetmeliklere göre ve kat sayılarına göre binaların dağılımı Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanındaki binaların çeşitli özelliklerine göre dağılımı



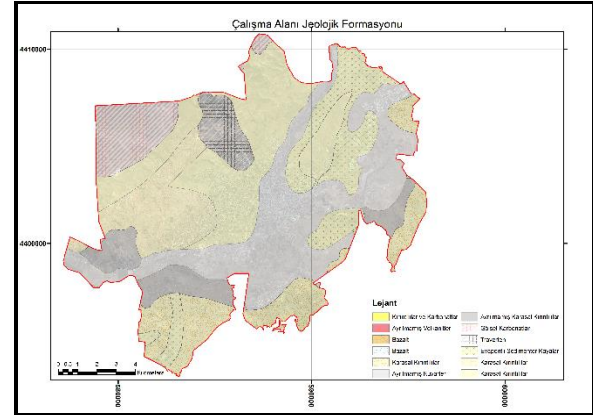
Şekil 5. Afet yönetmeliklerine ve kat sayılarına göre bina dağılımları

Bina ağırlığı hesabında Sivas Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilen bina yaklaşık ağırlık hesaplama tablosu kullanılmıştır. Bu tabloda, yapı türü, yapı taban alanı ve kat sayısı esas alınarak beton, demir, tuğla duvar, sıva, ahşap elemanlar, cam elemanlar vb. tüm yapı elemanlarının ayrı ayrı katsayı ve parametreleri ile çarpılıp toplanması sonucunda yaklaşık ağırlık hesap edilmektedir. Bu eşitlikler aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Bina Ağırlığı} = (\text{Toplam Yapı Elemanları}/1000) * 1.15$$

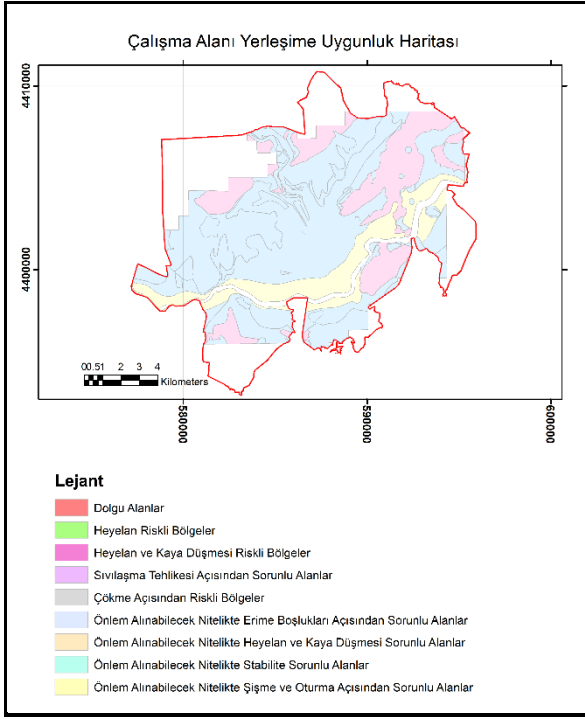
$$\text{Yapı Elemanı} = (\text{Bina Kat Sayısı} + \text{Parametre 1}) * \text{Bina Taban Alanı} * \text{Katsayı 1} * \text{Parametre 2} * \text{Katsayı 2}$$

Çalışma alanının jeolojik formasyonu incelendiğinde; yerleşim alanının güneyinde bulunan Kızılırmak havzasında ayrılmamış kuvaterner ve yer yer evaporitli sedimenter kayalar bulunmaktadır. Yerleşim alanının kuzey kesimleri ise karasal kırıntılardan oluşmakta olup kuzey-doğu kesiminde iki mahalleyi kapsayan alanda traverten bulunmaktadır. (Şekil-6)



Şekil 6. Jeolojik formasyon haritası

Sivas il merkezi yerleşim alanı içerisinde 117 noktada yapılan mikrotremor ölçümleri ve 109 noktada yapılan Refraction Microtremor (REMİ) ölçümleri neticesinde oluşturulan yerleşime uygunluk haritasında (Büyüksaraç vd., 2007) görüldüğü üzere Kızılırmak havzası ve yakın çevresi sivilaşma tehlikesi açısından sorunlu bölge olarak tespit edilmiş olup olası bir zemin hareketinden en çok etkilenecek bölgelerin başında gelmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Yerleşime Uygunluk haritası

Yerleşime uygunluk haritası;

- Sivas sismik mikro bölgeleme çalışmaları kapsamında yapılan mikrotremor, remi ve yerel zemin sınıfları belirleme ölçüleri (Kâğıt Pafta),
- Sivas Belediyesi arşivlerinde bulunan ruhsata esas kadastro parseli bazındaki 1255 adet zemin etüt raporları (Kâğıt ortamındaki veriler),
- Sivas-Merkez 1/1000 ölçekli Revizyon imar planına esas jeoloji-jeoteknik etüt raporu (Cad Verisi),

Yukarıdaki yapılan çalışmalar sayısallaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır.

Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAFZ) Sivas ilinin Gölova-Akıncılar-Suşehri ve Koyulhisar ilçelerinden geçmektedir. Fay hattının çalışma alanına olan uzaklığı yaklaşık olarak 80 km dir. Sivas il sınırları içerisinde bulunan aktif fay zonları ve geçmişte meydana gelen depremler incelenerek veritabanına eklenmiştir. Çalışma alanı içerisindeki binalara ait yapı kalitesinin belirlenmesi sürecinde FEMA-154, FEMA-368, European Microseismic Scale (EMS)-98 ve Özcebe (2004) den faydalanılmıştır (Manav, 2007).

2.4. Bina Yapı Kalite Değerlendirmeleri

Bina envanter çalışması yapılırken bazı parametrelerde genel kabuller yapılmıştır. CBS ortamında bulunan yapılar öncelikle üç ana gruba ayrılmış (Betonarme Karkas, Yığma ve Diğer), yapıların tamamı 100 taban puanına sahip kabul edilmiş, FEMA-154, FEMA-368, European

Microseismic Scale (EMS)-98 ve Özcebe (2004) yaklaşımlarına göre;

- Bina yaşı; yapım tarihi, yapım tarihindeki yürürlükte olan afet mevzuatı
- Kapalı çıkma; Proje harici binaya yük getirecek sündürmeler
- Yumuşak kat; zemin katı işyeri olan yapılarda daha fazla alan kazanmak için kesilen kolonlar, ara katlar, kısa kolon,
- Yapı nizamı; Bitişik-ayrık nizam ve kat yüksekliklerine göre binaların birbiri arasındaki çekişme etkisi,
- Görünen bina kalitesi; Binaya dışarıdan bakıldığında çıplak gözle görülebilen kalite oranı, Binanın bakımlılık durumu
- Bina ağırlığı; Binanın yapı türüne (Betonarme Karkas, Yığma ve Diğer) ve hacmine göre zemine getireceği yük, donatı ağırlıkları, binanın tonajı

Yukarıda tespit edilen parametrelerin sebep olacağı olumsuz etkilere karşılık gelen puan değerleri öznitelik bilgisi olarak eklenmiş, daha sonra CBS ortamında taban puanından çıkarılarak binanın kalite sınıfına esas genel puanı belirlenmiştir (Manav, 2007). Puanlama ölçütleri belirlenirken daha önce İstanbul, İzmir ve Denizli illerinde yapılan benzer çalışmalardan faydalanılarak edilen bilgiler ışığında Sivas Belediyesi bünyesindeki İnşaat, Jeoloji ve Jeofizik mühendisleri ile puan aralıkları belirlenmiştir.

Diğer binalar için genel değerlendirme puanı:

BP=100-(BY+KÇ+ÇE+GBK+BA) formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-4	500-1000 Ton Arası	-6
1000-2500 Ton Arası	-8	2500-5000 Ton Arası	-10
5000-10000 Ton Arası	-12	10000 Ton ve Üzeri	-14

Çekişme (ÇE)		Görünen Bina Kalitesi (GBK)	
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	Bitişik Nizam	İyi	0
	Ayrık Nizam	Orta	-1
		Kötü	-2

Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-4	500-1000 Ton Arası	-6
1000-2500 Ton Arası	-8	2500-5000 Ton Arası	-10
5000-10000 Ton Arası	-12	10000 Ton ve Üzeri	-14

Kapalı Çıkma (KÇ)		
Parametre	Puan	
1-2 Katlı Binalar	Kapalı Çıkma Var	-2
	Kapalı Çıkma Yok	0

Şekil 8. Diğer binalara ait genel değerlendirme puanlama

Betonarme binalar için genel değerlendirme puanı:

BP=100-(BY+KÇ+YK+ÇE+GBK+BA) formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Yaşı (BY)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
Tarihi Binalar	-10	Tarihi Binalar	-15
1975 Öncesi Binalar	-10	1975 Öncesi Binalar	-15
1-2 Katlı Binalar	-8	3-5 Katlı Binalar	-10
1976-1997 Arası Binalar	-8	1976-1997 Arası Binalar	-10
1998-2007 Arası Binalar	-6	1998-2007 Arası Binalar	-8
2008-2018 Arası Binalar	-5	2008-2018 Arası Binalar	-6
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
6-8 Katlı Binalar			
Tarihi Binalar	-18	Tarihi Binalar	-20
1975 Öncesi Binalar	-18	1975 Öncesi Binalar	-20
1976-1997 Arası Binalar	-15	1976-1997 Arası Binalar	-18
1998-2007 Arası Binalar	-14	1998-2007 Arası Binalar	-17
2008-2018 Arası Binalar	-13	2008-2018 Arası Binalar	-16
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
13 Katlı ve üzeri Binalar			
Tarihi Binalar	-22	Tarihi Binalar	-22
1975 Öncesi Binalar	-22	1975 Öncesi Binalar	-22
1976-1997 Arası Binalar	-20	1976-1997 Arası Binalar	-20
1998-2007 Arası Binalar	-19	1998-2007 Arası Binalar	-19
2008-2018 Arası Binalar	-18	2008-2018 Arası Binalar	-18
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
Kapalı Çıkmalılar (KC)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	Kapalı Çıkma Var -2 Kapalı Çıkma Yok 0	3-5 Katlı Binalar	Kapalı Çıkma Var -2 Kapalı Çıkma Yok 0
6-8 Katlı Binalar	Kapalı Çıkma Var -3 Kapalı Çıkma Yok 0	9-12 Katlı Binalar	Kapalı Çıkma Var -3 Kapalı Çıkma Yok 0
13 Katlı ve üzeri Binalar	Kapalı Çıkma Var -3 Kapalı Çıkma Yok 0		
Yumuşak Kat (YK)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	Yumuşak Kat Var -4 Yumuşak Kat Yok 0	3-5 Katlı Binalar	Yumuşak Kat Var -5 Yumuşak Kat Yok 0
6-8 Katlı Binalar	Yumuşak Kat Var -6 Yumuşak Kat Yok 0	9-12 Katlı Binalar	Yumuşak Kat Var -7 Yumuşak Kat Yok 0
13 Katlı ve üzeri Binalar	Yumuşak Kat Var -8 Yumuşak Kat Yok 0		
Çekilme (CE)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -8 Ayrık Nizam 0	3-5 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -9 Ayrık Nizam 0
6-8 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -10 Ayrık Nizam 0	9-12 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -11 Ayrık Nizam 0
13 Katlı ve üzeri Binalar	Bitşik Nizam -12 Ayrık Nizam 0		
Gelişmiş Bina Kalitesi (GBK)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	İyi 0 Orta -3 Kötü -5	3-5 Katlı Binalar	İyi 0 Orta -3 Kötü -5
6-8 Katlı Binalar	İyi 0 Orta -3 Kötü -5	9-12 Katlı Binalar	İyi 0 Orta -3 Kötü -5
13 Katlı ve üzeri Binalar	İyi 0 Orta -3 Kötü -5		
Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-10	500-1000 Ton Arası	-12
1000-2500 Ton Arası	-15	2500-5000 Ton Arası	-18
5000-10000 Ton Arası	-20	10000 Ton ve Üzeri	-25

Şekil 9. Betonarme karkas binalara ait genel değerlendirme puanlama

Yığma binalar için genel değerlendirme puanı:

BP = 100 - (BY + ÇE + GBK + BA) formülü ile hesaplanmıştır.

Bina Yaşı (BY)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
Tarihi Binalar	-8	Tarihi Binalar	-8
1975 Öncesi Binalar	-8	1975 Öncesi Binalar	-8
1-2 Katlı Binalar	-7	3-5 Katlı Binalar	-7
1976-1997 Arası Binalar	-7	1976-1997 Arası Binalar	-7
1998-2007 Arası Binalar	-6	1998-2007 Arası Binalar	-6
2008-2018 Arası Binalar	-5	2008-2018 Arası Binalar	-5
2019 ve sonrası Binalar	0	2019 ve sonrası Binalar	0
Bina Ağırlığı (BA)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
0-500 Ton Arası	-8	500-1000 Ton Arası	-10
1000-2500 Ton Arası	-12	2500-5000 Ton Arası	-14
5000-10000 Ton Arası	-16	10000 Ton ve Üzeri	-18
Çekilme (CE)			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
1-2 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -8 Ayrık Nizam 0	3-5 Katlı Binalar	Bitşik Nizam -8 Ayrık Nizam 0
Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Sorunlu Alanlar İçerisinde Kalan Binalar			
Parametre	Puan	Parametre	Puan
İyi	0	Orta	-3
Kötü	-5		

Şekil 10. Yığma binalara ait genel değerlendirme puanlama

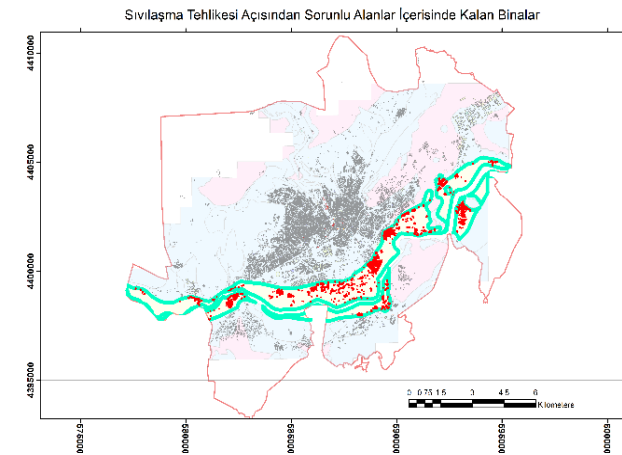
Son aşamada ise, binanın kalite sınıfına esas genel puanı 0-44 aralığında olan binalar "Kötü", 45-69 aralığında olan binalar "Orta", 70-100 aralığında olan binalar "İyi" olmak üzere 3 kalite sınıfına ayrılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında bina kalitelerinin belirlenmesine yönelik yapılan analizler sonucunda bina envanterindeki 42 adet yapı "Kötü" 11053 adet yapı "Orta" 20928 adet yapı ise "İyi" olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, yerleşime uygunluk haritası ile bina envanteri karşılaştırılarak aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgenin içerisinde 1394 adet bina yer almaktadır. Bu binalardan 1228 adedi kalite değerlendirme açısından "İyi", 166 tanesi ise orta kalitededir.

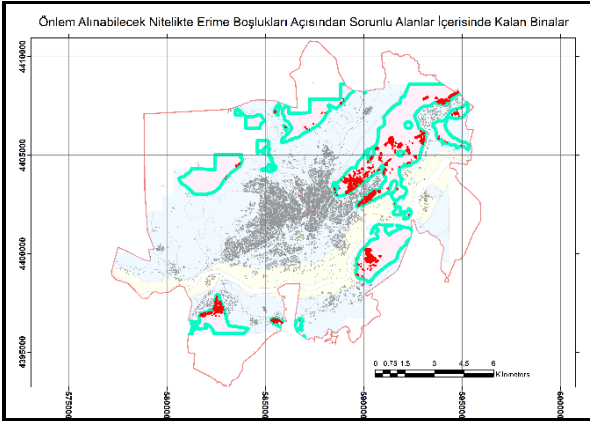
Merkez üssü KAFZ'ın Şuşehri ile Reşadiye arasında bulunan bir konumda (çalışma alanına en yakın konumda kuş uçuşu yaklaşık 75 km uzaklıkta) 5.0 büyüklüğünde sığ bir deprem meydana gelmesi durumunda sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgedeki binalarda (1228+166=1294) "Orta" ya da "Ağır Hasar" oluşma potansiyelinin bulunduğu değerlendirilmektedir. Sıvılaşma tehlikesi açısından sorunlu olan bölgedeki binaların %89'u 1 ya da 2 katlı yapılarıdır.



Şekil 11. Sıvılaşma Açısından Riskli Binalar

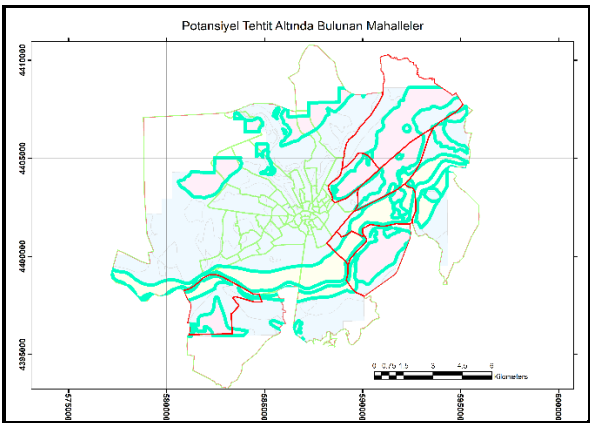
- Önlem alınabilecek nitelikte erime boşlukları açısından sorunlu alanlar olarak nitelendirilen bölgenin içerisinde 1526 adet bina bulunmaktadır. Bu binalardan 1134 adedi bina kalitesi açısından "İyi", 390 adedi "Orta", 2 adedi ise "Kötü" kalitededir.

Merkez üssü KAFZ'ın Şuşehri ile Reşadiye arasında bulunan bir konumda (çalışma alanına en yakın konumda kuş uçuşu yaklaşık 75 km uzaklıkta) 5.0 ve üzeri büyüklüğünde bir deprem meydana gelmesi durumunda önlem alınabilecek nitelikte erime boşlukları açısından sorunlu alanlardaki binalarda (1526 bina) "Hafif Hasar" veya "Orta Hasar" oluşabilme potansiyelinin bulunduğu değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, bu bölgedeki binaların %58'i 1 ya da 2 katlı yapılardır.



Şekil 12. Erime Açısından Riskli Binalar

- Mahalle ölçeğinde yapılan inceleme sonucunda deprem tehlikesi açısından çalışma alanı içerisinde bulunan Yeşilyurt, Şeyh Şamil, Karşiyaka, Ahmet Turangazi, Kılavuz, Eğriköprü ve Kardeşler mahalleleri olmak üzere 7 mahalle tehdit altında bulunmaktadır. TÜİK verilerine göre bu mahallelerdeki 2018 yıl sonu nüfusu itibarıyla 48.523 kişi potansiyel tehdit altındadır.



Şekil 13. Potansiyel Tehdit Altındaki Mahalleler

Sonuç olarak Sivas Belediyesi'nin Kent Bilgi Sistemi kayıtları içerisinde yer alan 32023 adet binalardan 2920 tanesi öngörülen deprem senaryosu bakımından risk altında bulunmaktadır.

4. SONUÇLAR

Depremden kaynaklanan zararların en aza indirilebilmesi için mevcut yapılara ait özellikler çok iyi bilinmelidir. Özellikle yerel yönetimler, CBS yardımıyla kaçak binaları tespit edebilmeli, imarlı alanlardaki binaların yapı durumlarını ortaya koyabilmeli, kenti oluşturan tüm elemanları etkin bir şekilde denetleyebilmelidir. Bu tür yapıların deprem risk analizinin yapılarak olası hasarlarda sonuçların ne olacağı önceden ortaya konmalıdır.

Belediyeler, deprem riski yüksek olan binaların saptanması için öncelikli alanları belirlemelidir. Öncelikli alanlar ise aktif faylardan uzaklık ve yerel zemin koşulları unsurları ile belirlenir. Bu unsurlar deprem tehlikesini belirler. Belediyeler jeolojik, jeofizik ve geoteknik çalışmalara öncelik vererek mikrobölge tehlike haritalarını hazırlatmalı ve çalışmalar sonucunda elde edilen bilgileri topluma uygun biçimde aktarmalıdır.

Meydana gelebilecek olası depremler için senaryolar üretilmelidir. Bir deprem senaryosunda hasar görebilecek binalar; bina tipi, kat adeti, merkez üssünden uzaklık, depremin büyüklüğü ve zemin yapısı gibi ölçütler doğrultusunda belirlenebilir. Bu verilerin tümü coğrafi konum ile ilgilidir. Dolayısıyla bu süreçte mutlaka CBS'nin sağladığı olanaklardan faydalanarak gerekli önlemler kısa sürede ve en az maliyetle alınabilir.

24 Ocak 2020 tarihinde yerel saat ile saat 20:55'de merkez üssü Elazığ Sivrice olan 6.8 (Mw) büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (AFAD, 2020). Bu deprem sonucunda, Elazığ ile Malatya'da toplam 41 kişi hayatını kaybetmiş ve 1607 kişi ise yaralanmıştır. Elazığ ve Malatya'da 87 bina yıkılırken, 1287 binada ağır hasar, 56 binada orta ve 876 binada da az hasar tespit edilmiştir. Acil olarak yıkılması gereken bina sayısı da 12 olarak açıklanmıştır. Ülkemizin bulunduğu jeolojik koşullar nedeniyle bu depremler son olmayacaktır. Meydana gelen bu depremin merkez üssü Sivrice civarı olmasına rağmen yıkılan binaların ağırlıklı olarak Elazığ merkezde bulunması, yerel zemin koşullarının belirlenmesinin ve depreme karşı güvenli yapıların oluşturulması için gerekli çalışmaların ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında da vurgulandığı üzere depremden kaynaklanan zararların azaltılması ya da ortadan kaldırılmasında CBS tabanlı çalışmalar son derece önemlidir. Bu doğrultuda, deprem bakımından tehlike altında bulunan konumlardaki yerel yönetimler, deprem öncesi çeşitli senaryolar hazırlayarak CBS tabanlı bir

sistem ile mevcut riski ortaya koymalı ve güvenli yerleşim alanlarını belirlemelidir.

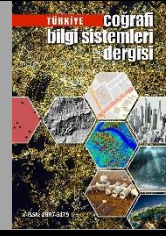
BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında; Sivas Belediyesi başta olmak üzere verilerin temin edildiği tüm kurumlara teşekkür ederiz. Bu çalışma TUFUAB 2019 Sempozyumunda sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2017). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri Raporu*.
- AFAD. (2020). 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice depremi ön değerlendirme raporu
- AİGM. (2004). *Belediyeler İçin Sismik Mikro Bölgeleme El Kitabı*.
- Akgün, S. B. (2007). Mikrotremor Yönteminin Zemin Problemlerindeki. *Ulusal Teknik Eğitim Mühendislik ve Eğitim*.
- Büyüksaraç, A., Bektaş., Ö. (2007). *Sivas İli Deprem Duyarlık Ve Mikrobölgelendirme Projesi*.
- Boğaziçi Üniversitesi, İ. T. (2003). İstanbul İçin Deprem Master Planı. *İBB Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü*. İstanbul.
- FEMA. (2008). Federal Emergency Management Agency Resmi İnternet Sitesi: <https://msc.fema.gov/portal/resources/hazus> adresinden alındı
- Manav, Y. (2007). Depremde Oluşacak Bina Hasarlarının Envanter Bilgilerine Dayalı Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Karaağaç, D. (2019). Kahramanmaraş Ve Yakın Çevresi İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanması Ve Mekânsal (Spatial) Analiz Teknikleriyle Yerleşime Uygun Alanların Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Gunes, E. and Kovel, J.P. 2000. Using GIS in Emergency Management Operations. *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 126, No. 3, ASCE.
- Cova, T.J, and Church, R.L. 1997. Modeling Community Evacuation Using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 11, pp. 763-84. ESRI, 2001. GIS for Homeland Security, An ESRI White Paper, USA.
- Özmen, B. N. (2005). Afet Yönetimi ve Afet İşleri. *Deprem Sempozyumu*. Kocaeli.

- Sivas Belediyesi. (2018). <http://www.sivas.bel.tr/icerik/38/12/sivasimiz.aspx> adresinden alındı
- Erden, T. 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemine Dayalı İtfaiye İstasyon Yer Seçimi: İstanbul Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türk, T. (2009). Sürdürülebilir Afet Bilgi Sistemi Altyapısının Oluşturulması Ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Üzerinde Uygulanması. Doktora Tezi.
- Türk, T., Gümüşay, M. Ü., & Tatar, O. (2012). Creating infrastructure for seismic microzonation by Geographical Information Systems (GIS): A case study in the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). *Computers & Geosciences*, 43, 167-176.



Araştırma Makalesi

CBS Temelli Hücresel Özişleme Yaklaşımı ile Kentsel Büyüme Simülasyonu: Afyonkarahisar Örneği

Cihan Uysal*¹, Mustafa Mutlu Uysal², Murat Uysal²

¹Anka Coğrafi Bilgi Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti., Yıldız Teknik Üniversitesi İktisadi Teknopark, İstanbul, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Afyonkarahisar, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Afyonkarahisar
Hücresel Özişleme
Kentsel Simülasyon
LANDSAT
SLEUTH Model

ÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması ve doğal kaynaklar üzerinde yanlış arazi kullanımları büyük ölçekli bir problem haline gelmiştir. Ülkelerin ekonomik olarak büyümeleri, doğal kaynaklarının kullanımı ile yakından ilgilidir. Bu kaynaklar dinamik özellikte olduğundan sürekli izlenmeleri gerekmektedir. Sadece geçmişe ait veriler kullanılarak yapılan analizlerle sınırlı kalmayıp, kentlerin geleceğe ait yayılmalarını çevresel koşulları da baz alarak kontrol altına alabilmek ve yönlendirebilmek kentlerin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı; hücresel özişleme yaklaşımı olan piksel tabanlı SLEUTH modelinde geliştirilen iki farklı senaryo ile birlikte Afyonkarahisar'da kentsel gelişimin 2030'a kadar simülasyonunu ortaya çıkarmaktır. Geliştirilen her iki senaryo için 2012 yılı başlangıç seçilip, 2030'a kadar simülasyon üretilmiştir. Birinci senaryoda, çevresel açıdan önemli alanlara yönelik yüksek koruma sağlanmazken ikinci senaryoda tarım, orman ve mera gibi alanlar koruma altına alınmıştır. Ayrıca simülasyon sonuçları, 2019 yılına ait LANDSAT-8 görüntüsünden elde edilmiş kontrollü sınıflandırma sonucuyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında simülasyon sonuçlarının büyük ölçüde gerçeğe yakın değerler oluşturduğu göze çarpmaktadır. Çalışma sonuçları analiz edildiğinde, mevcut büyüme senaryosu ile kent gelişiminde 2011 ve 2030 yılları arasında 3115 hektar artış, bu artışa bağlı olarak doğal alanlarda 2300 hektarlık azalma görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan kontrollü büyüme senaryosu sayesinde yaklaşık 2000 hektar doğal alanın kentleşmeden korunabileceği ve böylelikle kentin sosyal ve ekonomik açıdan değerli olan kaynakları üzerinde yanlış arazi kullanımlarının önemli ölçüde engellenebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Urban Growth Simulation with GIS Based Cellular Automata Approach: The Case of Afyonkarahisar

Keywords:

Afyonkarahisar
Cellular Automata
LANDSAT
SLEUTH Model
Urban Simulation

ABSTRACT

Rapid growth in world population and misuse of land use practices on natural resources have resulted in a large scale problem. The economic growth of countries is closely related to the use of these resources. Since these resources are dynamic, they should be monitored continuously. In addition to historical data analysis of cities, to be able to direct future expansion based on environmental conditions and to bring under control will be useful without a doubt. The aim of this study is to reveal the simulation of urban development in Afyonkarahisar until 2030 with two different scenarios developed in the pixel-based SLEUTH model, which is a cellular automata approach. In the first scenario, high protection was not provided for environmentally important regions, whereas in the second scenario regions like agriculture, forest and pasture were protected with controlled growth. The simulation results were compared with the results of supervised classification obtained from LANDSAT-8 image of 2019. When the results were compared, the results were considered to be consistent. As a general result of the study, 3115 hectares of increase in urban growth between 2011 and 2030, and 2300 hectares of decrease in natural areas are observed due to this increase with the current growth scenario. In this study, it is concluded that approximately 2000 hectares of natural area can be protected from urbanization thanks to the controlled growth scenario used and thus, the misuse of land on the city's natural resources having social and economic importance can be avoided significantly.

*Sorumlu Yazar

(uysalc@yahoo.com)
(mustafamutluuysal@yahoo.com.tr)
(muysal@aku.edu.tr)

ORCID ID 0000-0001-6006-5672
ORCID ID 0000-0002-2223-7338
ORCID ID 0000-0001-5202-4387

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve doğal kaynaklar üzerindeki yanlış arazi kullanımları gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede temel sorun teşkil etmektedir. Genellikle hızlı kentsel büyümeler zayıf altyapı sistemlerine ve düzensiz yapılaşmalara yol açmaktadır (Uysalc, C., Maktav, D. ve Small, C., 2018). 1800'lü yılların başından günümüze dünya nüfusu yaklaşık 6 kat artarken, şehirlerde yaşayan nüfus 100 kattan fazla artış göstermiştir (Stalker, P., 2000). Kentlerdeki düzenli ve planlı olmayan büyümeler, verimli tarım ve orman alanlarının yok olmasına yol açmaktadır. Zorunlu olarak yapılan arazi kullanımı değişiklikleri de son yıllarda artış göstermektedir. Bu değişiklikler genellikle insanların beslenme, barınma, dinlenme ve ulaşım gibi temel fonksiyonlarını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Tüm bu problemlerin sağlıklı bir şekilde çözülebilmesi ve yönetilebilmesi için ilgili karar vericilerin yönetmekte oldukları bölgelere ait mekansal bilgilere sahip olup, şehirlerin geleceğine yönelik detaylı planlamalar yapmaları gerekmektedir.

Kentlerin geleceğe yönelik planlamasında ve modellenmesinde kent simülasyon araçları karar vericiler arasında son yıllarda kayda değer bir ilgi oluşturmaktadır (Oğuz, H., Klein, A.G. ve Srinivasan, R., 2007). Arazi kullanımını doğrudan etkileyen doğal ve beşeri unsurlar simülasyon modelleri için girdi oluşturmaktadır. Kentsel simülasyon modelleri bu verileri altlık olarak kullanarak geleceğe yönelik mekânsal kestirimler gerçekleştirmektedir (Ayazlı, İ.E., Batuk, F., Demir, H., 2011). Dinamik modeller arasında kent simülasyon çalışmalarına en uygun altyapıyı hücresel özişleme (cellular automata) bazlı kentsel büyüme modelleri sunmaktadır (Tanrıöver, A.A., 2011).

Hücresel özişleme yöntemi, uzayın mekânsal hücrelerden oluştuğu ve belirli bir zaman aralığında birbirinden farklı adımların gerçekleştiği dinamik bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Batty, M., 1976; Alkheder, S. ve Jie, S., 2005). Kompleks yapıdaki konumsal süreçlerin basit kurallar ile uygun bir şekilde ifade edilmesini sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Bu yöntemde hücrenin sahip olduğu karakteristiğın yanı sıra komşu hücrelerin etkisi de önemlidir. Geçiş kuralları kullanılarak komşu hücreler arasındaki etkileşimin büyüklüğü ve yönü belirlenmektedir. Matematikçi John Conway, 1970'li yıllarda, hücresel özişleme yöntemini esas alarak iki boyutlu ve iki durumlu hücresel özişleme oyunu olan "Hayat Oyunu"nu (Game of Life) geliştirmiştir. Bu oyun hücresel özişleme yönteminin ilk uygulaması olarak kabul edilmektedir (Gardner, M., 1970). Bu

yöntem kent sistemlerinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılmakla birlikte (Batty, M., 1995; Clarke, K.C. ve Gaydos, L.C., 1998; Samat, N., 2000), sosyal bilimler ve fen bilimlerinde modelleme ve simülasyon çalışmalarında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Çağlayan, A. ve Dağlı, D., 2014).

SLEUTH modeli, kentsel alanlardaki büyümeyi simüle etmek ve arazi kullanım değişikliklerini tespit etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan hücresel özişleme tabanlı bir modeldir. Bu modelin temelleri, 1990'lı yıllarda Keith C. Clarke tarafından oluşturulmuştur (Clarke, K.C., Dietzel C. ve Goldstein, N., 2007). Model ismini, modelin uygulanması için zorunlu olan girdi verilerinin isimlerinin baş harflerinden almaktadır. Bu veriler; Slope (eğim), Land use (arazi kullanımı), Exclusion (büyüme harici bölge), Urbanization (kent), Transportation (ana yollar), ve Hillshade (gölgeleme)'dir (Ayazlı, İ. E., 2011). Olasılıklı (probabilistic) bir model olan SLEUTH model uygulaması üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar model girdi hazırlanması, kalibrasyon ve tahmin aşamalarıdır. İlk aşamada, girdi olarak gerekli verilerin hazırlanması gerekir. İkinci aşama olan kalibrasyon aşamasında, model önceki büyüme eğilimini tekrarlaması için eğitilmektedir. Son aşamada ise geçmişteki büyümenin sonraki yıllara uygulaması yer almaktadır. Böylelikle model büyüme ve yayılma planlarının etkilerini ya da arazi kullanımı değişimi senaryolarının etkilerini analiz edebilmek için çok sayıda kestirimler oluşturabilmektedir. Ayrıca kentleşmenin sınırlanmak istendiği bölgeleri yansıtan harici katman yardımı ile birlikte farklı büyüme senaryoları da oluşturulabilmektedir (Oğuz, H. ve diğerleri, 2010).

Hücresel özişleme yöntemini baz alan SLEUTH modeli ve bu modelin kentsel büyüme alanında kullanımları dünya üzerinde her geçen gün artmaktadır. Kaliforniya'da yapılan bir çalışmada kentsel dinamiklerin arazi kullanımları üzerindeki değişimleri ele alınıp, 2030'a kadar kentsel büyüme senaryoları oluşturulmuştur. Bu çalışma kullanılan modelin, kent dinamiklerini ve geçmiş tarihli verileri işleyerek kentsel büyümeyi doğru bir şekilde yönlendirebileceğini göstermiştir (Herold, M. ve diğerleri, 2003).

SLEUTH modeli kullanarak yapılan diğer bir çalışmada, Chesapeake Körfezi'ndeki havzanın etrafında oluşan kentsel büyümenin su kalitesi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Çalışmada farklı büyüme senaryoları oluşturulup, bu büyümenin körfez bölgesinde ne gibi etkiler yaratacağı detaylı olarak araştırılmıştır (Jantz, C. ve diğerleri, 2004).

Yurt dışına kıyasla ülkemizde SLEUTH modelinin kullanımı daha sınırlı olmakla birlikte son yıllarda artış göstermektedir. Bu çalışmalardan birinde, SLEUTH modeli seçilerek İzmir Bornova'daki arazi kullanımının 2009-2040 yılları arasında değişimini gösteren senaryolar elde edilmiştir. 1984 ve 2009 yılları arasındaki LANDSAT-5 TM uydu görüntüleri kullanılarak kalibrasyon aşaması tamamlanmıştır. Tahmin aşamasında ise mevcut büyüme, kontrollü büyüme ve ekolojik olmak üzere üç farklı büyüme senaryosu elde edilmiştir. Çalışma bu modelin alternatif büyüme senaryoları oluşturmada önemli bir araç olduğunu göstermiştir (Oğuz, H. ve diğerleri, 2011).

Tübitak projesi kapsamında İğneada koruma bölgesinde bulunan kentsel değişim alanları uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmiş ve ileriye yönelik (2030 yılı için) arazi örtüsü/kullanımı modelleri hücresel özışleme tabanlı SLEUTH modelleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çalışma neticesinde global ölçekte koruma faaliyetlerinde peyzajın zamansal değişiminin alan dinamiklerinin bir parçası olarak ele alınması ve bu peyzajların belirli gelişim senaryoları sonucunda oluşacağı durumun ortaya çıkarılması açısından önem taşımaktadır (Eşbah, H. ve diğerleri, 2013).

SLEUTH modelinin kalibrasyon aşamasının, üç farklı büyüme senaryosuyla ilişkisini ve sonuçlarını araştırmak üzere Adana uygulama alanında yapılan çalışmada çok sayıda metrik üzerinden üç farklı senaryo oluşturmuştur. Çalışma sonucunda tüm kalibrasyonlar için birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. (Akin, A. ve diğerleri, 2014).

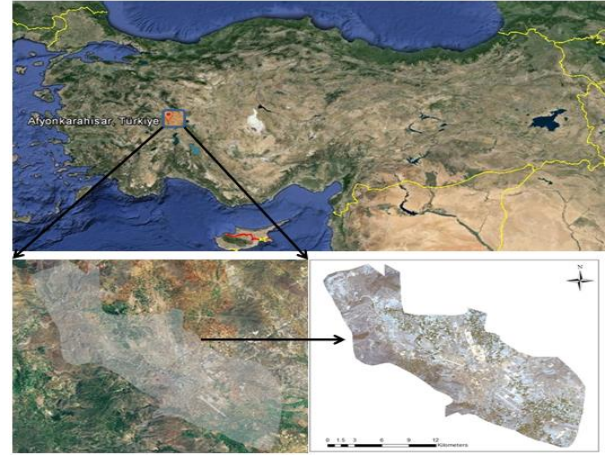
Kompleks kent sistemlerinin anlaşılması ve dinamik yapıdaki büyümenin çevreye olan etkisinin analiz edilmesi için bu tür modelleme ve simülasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde kent geometrisi, ekonomik fonksiyonlar ve kent gelişmişliği gibi farklı teorileri baz alan çok sayıda büyüme modelleri bulunmaktadır. Fakat kullanılan bu modeller ileriye yönelik kent gelişimini kestirmek yerine sadece kent büyümesi ile ilgili paternleri açıklamaktadır. Bu yüzden kent büyümesinin konumsal sonuçlarını detaylı analiz edebilmek için dinamik bir modelleme yaklaşımı tercih edilmelidir (Meaille, R. ve Ward, L., 1990; Grossman, W. ve Eberhardt, S., 1993; Oğuz, H., 2004). Bu çalışma kapsamında Afyonkarahisar mücavir alanı çalışma alanı olarak seçilip, kent büyümesi ve arazi kullanımındaki geleceğe yönelik (2030 yılına kadar)

değişimler dinamik modelleme sağlayan SLEUTH modeli ile tespit edilmiştir.

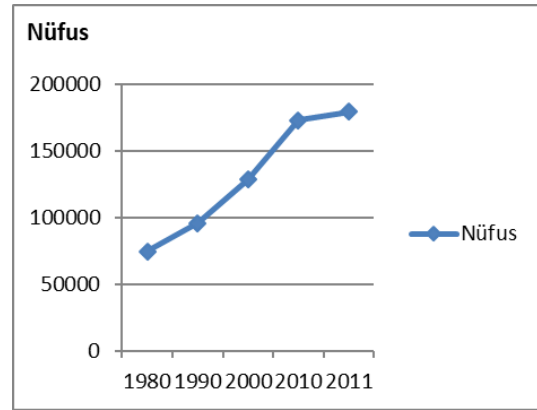
2. KULLANILAN VERİLER VE YÖNTEM

2.1. Uygulama Alanı

Afyonkarahisar Belediyesine ait yaklaşık 30000ha mücavir alan çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Bu alan içerisindeki yükseklik değerleri 940m-1445m arasında değişim göstermektedir. Çalışma alanının büyük bir bölümünde (yaklaşık %80) ise eğim değerleri %30'un altındadır. Mermer sanayi ve termal turizmde yaşanan gelişmelere bağlı olarak köyden kente olan göçler ve doğal nüfus artışı Afyonkarahisar'ın nüfus artışında temel rol oynamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı



Şekil 2. Nüfus verisi

2.2. Kullanılan Veriler (Katmanlar)

2.2.1. LANDSAT verileri (land use/land cover)

Çalışma kapsamında kullanılan potansiyel LANDSAT verileri USGS-Glovis'ten seçilerek indirilmiştir (USGS-Glovis, 2012). Kent simülasyonu oluşturmak amacıyla modelleme için altlık

oluşturacak 1987 (10/08/1987, LANDSAT-5 TM), 1999 (19/08/1999, LANDSAT-7 ETM), 2003 (06/08/2003, LANDSAT-5 TM) ve 2011 (28/08/2011, LANDSAT-5 TM) tarihli 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT görüntüleri kullanılmıştır. Bu veriler seçilirken bulutsuz ya da bulut oranının %10' dan az olmasına dikkat edilmiştir. Her LANDSAT görüntü çerçevesi (frame) için aynı path/row (178/33) seçilmiştir. Ayrıca farklı tarihlere ait görüntüler seçilirken, mevsimsel değişiklikleri en aza indirmek için mümkün mertebe aynı zaman dilimine rastlayan (ağustos ayları) görüntüler kullanılmıştır. Bu çalışmada modellemede altlık oluşturacak dört adet kent katmanı (1987, 1999, 2003 ve 2011) ve iki adet arazi kullanımı/razi örtüsü (1987 ve 2011) katmanı elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışma sonunda elde edilecek simülasyon senaryo sonucunun kontrolünü yapmak amacıyla 2019 yılına ait LANDSAT-8 (LANDSAT-8 OLI/TIRS, 02/08/2019) görüntüsü kullanılmıştır.

2.2.2. Aster yükseklik verisi

Yükseklik modeli için çalışma alanını içine alan (NW 38,30) Aster uydusundan elde edilmiş DEM verisi kullanılmıştır. ArcGIS yazılımları kullanılarak bu yükseklik verisinden eğim (slope) ve gölgeleme (hillshade) haritaları elde edilmiştir. Elde edilen eğim katmanı, belirlenen maksimum yüzdellik eğim değerini aşan alanlarda kentleşmenin artmasını önlemek amacıyla kullanılmıştır. Çalışma kapsamında baz alınan maksimum eğim değeri %25 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde yükseklik verisinden elde edilen gölgeleme katmanı ise kent simülasyon sonuçlarının görselleştirilmesinde kullanılmıştır.

2.2.3. Yol verisi

SLEUTH ile modelleme yapabilmek için ihtiyaç duyulan altlık verilerden bir diğeri ise ulaşım verisidir. Ulaşım verileri kapsamında yol haritaları ise 1987, 1999, 2003 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT görüntülerinden sayısallaştırma işlemi yapılarak elde edilmiştir. Uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlükleri dikkate alınarak yol katmanları olarak ana yollar hedef seçilmiştir.

2.2.4. Harici bölge haritası (excluded layer)

Kentsel büyümenin gerçekleşmesinin istenmediği alanlar harici bölge katmanı olarak tanımlanmaktadır. Oluşturulan bu haritada çalışma alanı içerisinde kalan doğal alanlar dikkate alınarak

kentsel yayılmaya izin verilmeyen park alanı, ormanlık, mezarlık ve gölet gibi alanlar yer almaktadır. Kentsel büyüme alanı dışında kalan bu bölgeler sayısal bir değer (0-100 arasında değişen) ile temsil edilmektedir. Bu değerlere bağlı olarak ilgili bölgenin büyümeden hangi ölçüde korunacağı belirlenmektedir. Bu değerlendirmede 100 değeri ile tam koruma gerektiği ve kentleşmeye izin verilmediği vurgulanırken, 50 değeri ise o bölgenin %50 oranında korunması gerektiği ve kentleşmeye kısmi izin verildiği anlamına gelmektedir.

Modelleme yapılırken mevcut veri katmanları (Tablo 1) birbirleri ile karşılaştırılacağından dolayı bu veri katmanlarının aynı mekânsal çözünürlükte (30m), aynı projeksiyonda (UTM 36N) ve aynı boyutlarda (937x865) tanımlanmış olmalıdır.

Tablo 1. Modellemede kullanılan veri katmanları

Kullanılan Katman	Katman Sayısı	Katmanın Elde Edildiği Kaynak	Kaynak Veri Tarihi
Kentsel Alan (Urban)	4	LANDSAT Verisi	1987, 1999, 2003, 2011
Yol Katmanı (Transportation)	4	LANDSAT Verisi (Sayısallaştırma)	1987, 1999, 2003, 2011
Eğim Verisi (Slope)	1	Aster DEM	2011
Arazi Kullanımı/ Örtüsü	2	LANDSAT Verisi	1987, 2011
Harici Bölge Katmanı (Excluded Layer)	2	LANDSAT Verisi	1987, 2011
Gölgeleme (Hillshade)	1	Aster DEM	2011

2.3. Kullanılan Yöntem

Çalışma alanındaki kentsel büyümeyi belirlemek için 1987-2011 yılları arasındaki dört farklı LANDSAT uydu görüntüsü, en büyük olasılırlık (maximum likelihood) sınıflandırma tekniğini baz alarak çalışan kontrollü sınıflandırma ile sınıflandırılmıştır. Bundan sonraki aşamada ise elde edilen büyüme aksında ileriye dönük kentsel büyüme senaryoları oluşturulmuştur. SLEUTH modelinde oluşturulan bu senaryolar piksel bazlı kestirimler sunmaktadır.

Clarke Urban Growth Model'den elde edilen SLEUTH yaklaşımında, kentsel yayılmayı yansıtan haritalar ve Land Cover modeli kullanılmaktadır. Windows işletim sisteminde unix tabanlı çalışan program Cygwin adlı bir yazılım ile birlikte

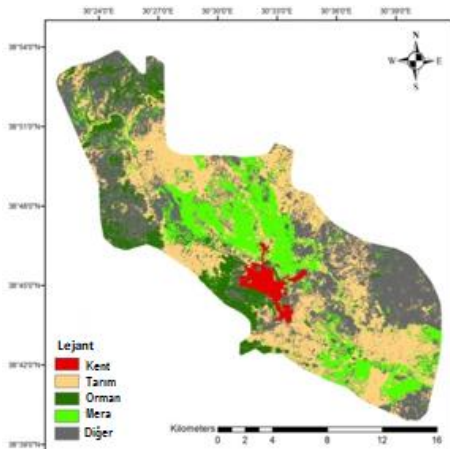
çalıştırılabilmektedir (Ayazlı, İ.E., Batuk, F., Demir, H., 2011).

2.3.1. Model için kullanılan girdi verileri

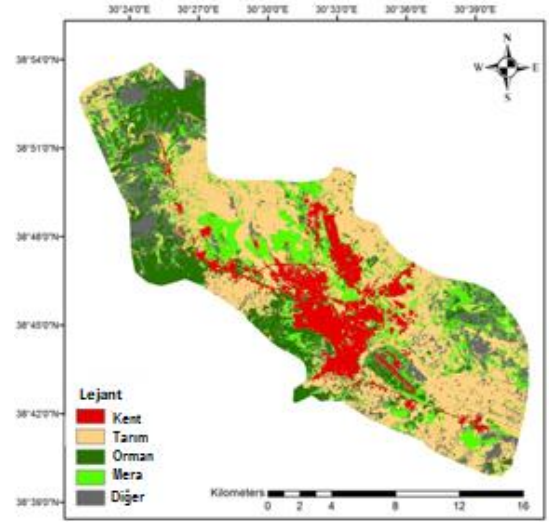
Tüm veri katmanlarının gri tonlamalı olarak GIF (8 bit) formatına çevrilmesi modelleme için ön koşuldur. Bunun için ilgili katmanların aynı projeksiyonda (UTM 36N) ve mekansal çözünürlükte (30m) olması gerekmektedir. Ayrıca bu katmanların aynı boyutta (937x865) olması gerekmektedir. Daha sonra bu katmanlar ArcGIS yazılımı kullanılarak gri tonlamalı GIF formatına çevrilmiştir. Bu model ile ileriye yönelik kentsel büyüme ve arazi kullanımı/örtüsü kestirimi yapabilmek için;

- Arazi kullanımı/örtüsü katmanı (2 adet),
- Yol katmanı (en az 2 adet),
- Kentsel alan katmanı (4 adet),
- Harici bölge katmanı,
- Eğim ve gölgeleme katmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sınıflandırma işlemleri öncesinde mevcut LANDSAT görüntülerinde bulunan termal bantlar çıkartılıp, sınıflandırma işlemlerinde altı adet bant kullanılmıştır. Afyonkarahisar mücavir alan sınırları kullanılarak çalışma alanı LANDSAT uydu görüntülerinden kesilerek elde edilmiştir. 1987 ve 2011 yıllarına ait görüntüler ERDAS Imagine yazılımında hem kontrolsüz hem de kontrollü sınıflandırma yöntemleriyle sınıflandırılmış ve daha yüksek sınıflandırma doğruluğu içeren kontrollü sınıflandırma sonuçları bu çalışmada kullanılmıştır. Yapılan kontrollü sınıflandırma işlemi sonunda çalışma alanı beş temel sınıfa atanmıştır (Şekil 3 ve 4): Kent, orman, tarım, mera ve diğer.



Şekil 3. Arazi kullanımı/örtüsü katmanı (1987)



Şekil 4. Arazi kullanımı/örtüsü katmanı (2011)

Arazi kullanımı / arazi örtüsü katmanlarını elde edebilmek için 1987 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT görüntüleri kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Kontrollü sınıflandırma ile elde edilmiş sınıfların doğruluğunu tespit edebilmek için literatürde çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı hata matrisi (error/confusion matrix) olarak ön plana çıkmaktadır (Chambell, S., 1996; Foody, G.M, 2002). Hata matrisi kullanılarak elde edilen doğruluk analizi sonucunda her iki yıla ait arazi kullanımı/arazi örtüsü katmanları için kullanıcı (users), üretici (producers), genel sınıflandırma ve kappa doğrulukları tespit edilmiştir (Tablo 2-3).

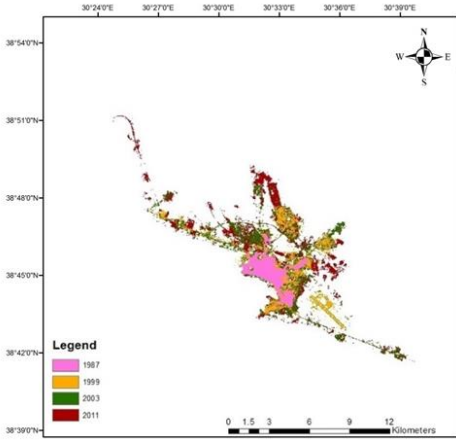
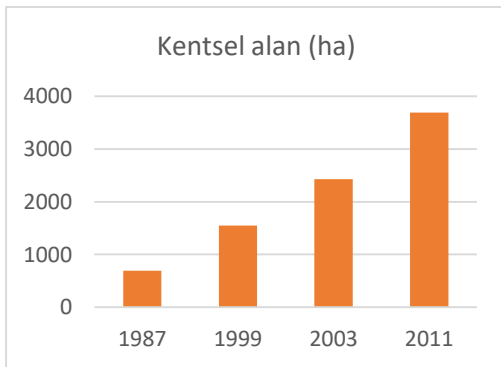
Tablo 2. AK/AÖ doğruluk analizi (1987)

ACCURACY TOTALS					
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
Class 0	0	0	0	---	---
Class 1	19	20	19	100.00%	95.00%
Class 2	20	20	18	90.00%	90.00%
Class 3	20	20	19	95.00%	95.00%
Class 4	21	20	19	90.48%	95.00%
Class 5	20	20	19	95.00%	95.00%
Totals	100	100	94		
Overall Classification Accuracy = 94.00%					
----- End of Accuracy Totals -----					
KAPPA (K ²) STATISTICS					
Overall Kappa Statistics = 0.9250					

Tablo 3. AK/AÖ doğruluk analizi (2011)

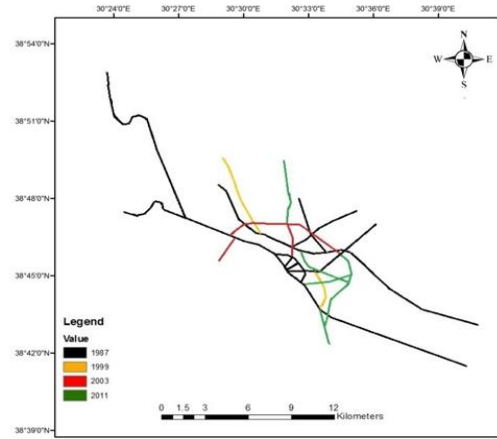
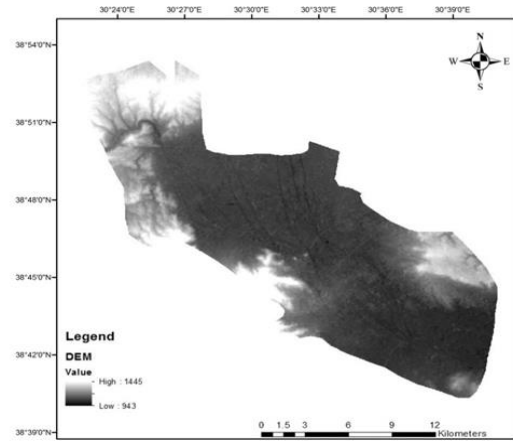
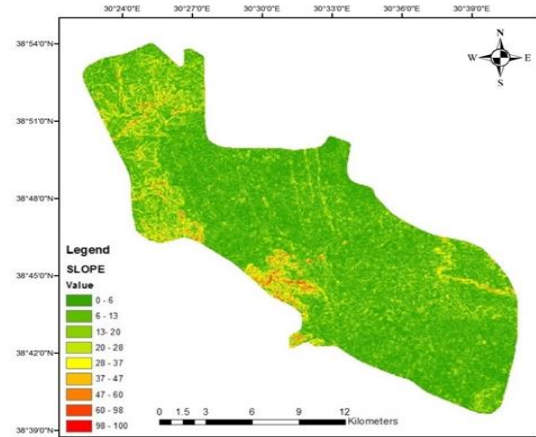
ACCURACY TOTALS					
Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
Class 0	0	0	0	---	---
Class 1	21	20	19	90.48%	95.00%
Class 2	19	20	18	94.74%	90.00%
Class 3	17	20	16	94.12%	80.00%
Class 4	19	20	18	94.74%	90.00%
Class 5	24	20	19	79.17%	95.00%
Totals	100	100	90		
Overall Classification Accuracy = 90.00%					
----- End of Accuracy Totals -----					
KAPPA (K ²) STATISTICS					
Overall Kappa Statistics = 0.8750					

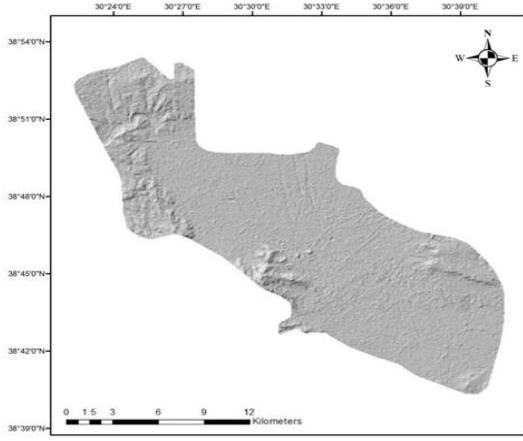
Ayrıca çalışmada 1999 ve 2003 yıllarına ait LANDSAT görüntülerden kontrollü sınıflandırma yöntemiyle kentsel alan katmanları elde edilmiştir. Sonuç olarak farklı yıllara (1987, 1999, 2003, 2011) ait kentsel alanların görsel olarak yayılımı ve alansal değişimleri şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir.

**Şekil 5.** Kentsel büyüme katmanları**Şekil 6.** Kentsel alan gelişimi (1987-2011)

Erdas ve ArcGIS yazılımları kullanılarak farklı tarihlere ait uydu görüntülerinden (1987, 1999, 2003 ve 2011) dört adet farklı yol verisi sayısallaştırılmıştır (Şekil 7). Modelin kullanacağı diğer girdi verileri de sayısal yükseklik modeli

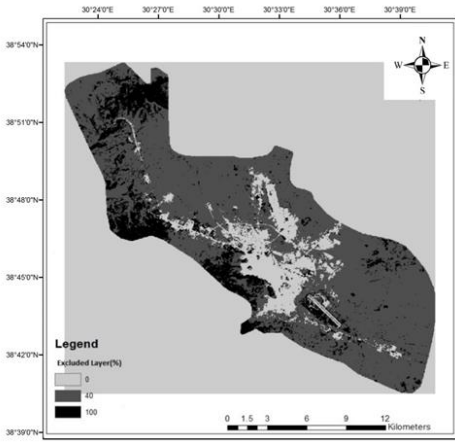
kullanılarak elde edilen eğim ve gölgeleme haritaları olmuştur (Şekil 8, 9, 10).

**Şekil 7.** Yol katmanları**Şekil 8.** Sayısal yükseklik modeli (DEM)**Şekil 9.** Eğim haritası

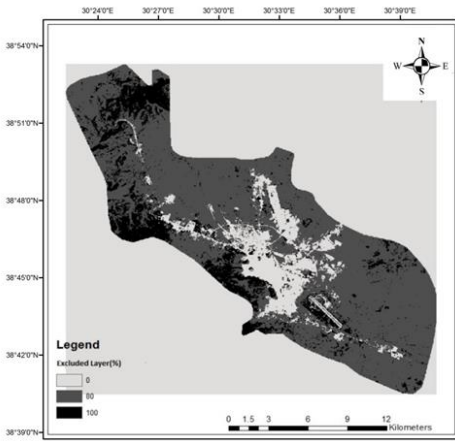


Şekil 10. Gölgeleme haritası

Geleceğe yönelik kent büyümesinin modellenmesinde kullanılan iki harici bölge katmanı geliştirilmiştir. Bunlar mevcut büyüme harici bölgesi ve kontrollü büyüme harici bölgesidir (Şekil 11 ve 12).



Şekil 11. Mevcut büyüme harici bölgesi



Şekil 12. Kontrollü büyüme harici bölgesi

Harici bölgeler 0 ile 100 arasında değerler ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada, park alanları ve kent ormanları için 100 değeri verilmiştir. Bu değer çalışma alanındaki bu bölgeler için kentsel

büyümenin bu bölgede %100 kısıtlandığını ifade etmektedir. Aynı şekilde yeşil alan, tarım, mera gibi alanlar için her senaryoda farklı değerler yer almaktadır. Çalışmada, mevcut büyümeyi baz alan ilk senaryoda bu alanlar düşük değerlerle temsil edilirken, kontrollü büyümeyi baz alan ikinci senaryoda ise daha yüksek değerler verilmektedir. Tablo 4'te çalışma kapsamında uygulanan iki farklı senaryoya ait harici bölge katmanları ve bu katmanlara ait değerler gösterilmektedir.

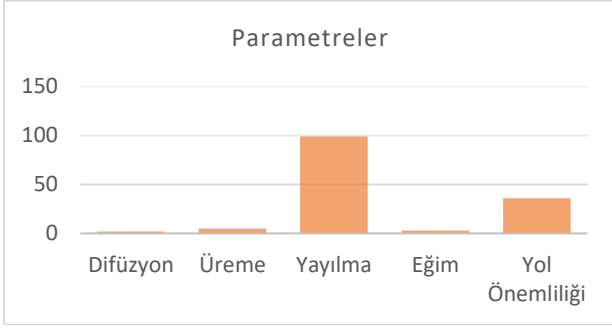
Tablo 4. Harici bölge katmanları değerleri

AÖ/AK Sınıfları	Mevcut Büyüme	Kontrollü Büyüme
<i>Kent</i>	0	0
<i>Tarım</i>	40	80
<i>Orman</i>	100	100
<i>Mera</i>	40	80
<i>Diğer</i>	40	80

2.3.2. Kalibrasyon

SLEUTH modeline dahil olacak tüm katmanlar GIF formatına dönüştürüldükten sonra model kendisi ile birlikte gelen test verileriyle test edilmiştir. Çalışma alanına ait veri katmanları test modunda çalıştırılıp, modelin doğru bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir.

Kalibrasyon işlemi ile birlikte büyüme kuralları yerel koşullara göre düzenlenir ve bu işlem sayesinde kentsel büyüme doğru bir şekilde simüle edilebilmektedir (Akın, A. ve Berberoğlu, S., 2016). Kalibrasyon işlemi ve özellikle de final kalibrasyonu bilgisayarda işlenmesi en uzun süren süreçlerdendir. Bunun temel sebebi final kalibrasyonunun daha yüksek mekânsal çözünürlükte işlem yapıyor olmasıdır. Final kalibrasyonunda model 30m mekânsal çözünürlükteki verilerle işlem yapılırken, kaba (coarse) kalibrasyonda ise 120m mekânsal çözünürlükteki veriler kullanılmaktadır. Kaba kalibrasyon işlemi çalışma alanı için yaklaşık bir gün, ince kalibrasyon iki gün ve final kalibrasyon işlemi ise yaklaşık dört gün sürmüştür. Bu süreler verilerin büyüklüğü ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte bilgisayarın bellekleri ve hızlarıyla da değişebilmektedir. Üç aşamalı kalibrasyonun tamalanması ile birlikte Tahmin Katsayısının Çıkarımı (Derive Forecasting Coefficients) aşaması bulunmaktadır. Bu adımda hedeflenen, ileri dönemdeki değişimin belirlenmesi ile ilgili olan kestirim aşamasında kullanılacak değerleri belirlemektir. Kestirim aşamasında kullanılmak üzere hesaplanan parametreler şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Kestirim parametreleri

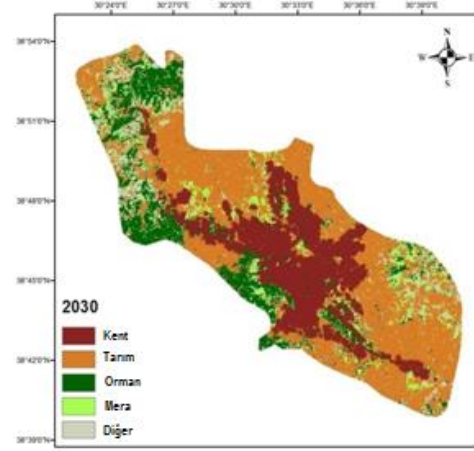
Şekil 13'te kalibrasyon işlemi sonrasında elde edilen parametreler analiz edildiğinde, modellemede en çok yayılma (spread) parametresinin baskın olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu parametre dışında yol önemliliği (road gravity) parametresinin de modellemede ön plana çıktığı görülmektedir. Diğer eğim (slope), üreme (breed) ve difüzyon gibi parametrelerin etki değerinin ise daha az olduğu açıkça görülmektedir. Eğim parametresi ile ilişkili olarak, Afyonkarahisar'ın yalnızca güneybatısında dağlık alanların mevcut olması eğim etki değerini düşük seviyeye çekmektedir. Kentin diğer yönlerinde eğim değerinin %0 ile %30 luk aralıkta olması nedeniyle kentsel yayılmanın daha fazla olduğu ve bunda yol önemliliğinin de etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır.

3. BULGULAR

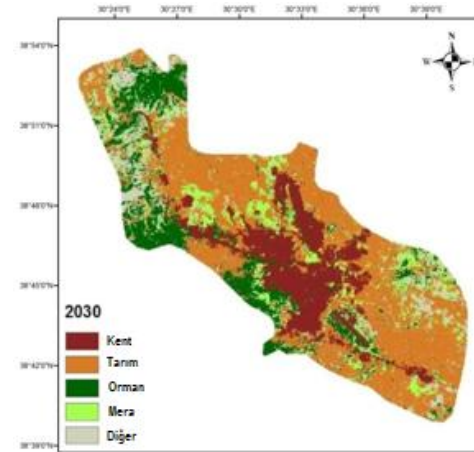
Bu çalışma ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, ilk olarak kentleşmenin ve kentsel yayılmanın geleceğe yönelik kestirimleri elde edilmiştir. Kentleşme ile birlikte ele alınan diğer çıktı ise tarım, orman ve mera gibi doğal /yarı doğal alanların değişimleri ve bunların kentleşme ile olan etkileşimleridir. Modelleme sırasında iki farklı senaryo uygulanmıştır. İlk senaryoda %40, ikinci senaryoda %80 koruma değeri uygulanarak kent büyüme senaryoları oluşturulup, kestirim sonuçlarına ait haritalar Şekil 14 ve 15'te gösterilmiştir. Bu haritalara bakıldığında, mevcut senaryo kontrollü senaryo ile karşılaştırıldığında, mevcut büyüme senaryosunda daha dağınık bir görünüm dikkat çekmektedir. Kontrollü büyüme senaryosunda (%80 koruma değeri) büyümenin daha çok kent çeperlerinde meydana geldiği görülmektedir. Mevcut büyüme senaryosu uygulandığında doğal alanların yok olmasına veya azalmasına yol açan yanlış arazi kullanımları ortaya çıkmaktadır.

Doğal ve yarı doğal alanlar için uygulanan %80'lik koruma değerinden dolayı kontrollü

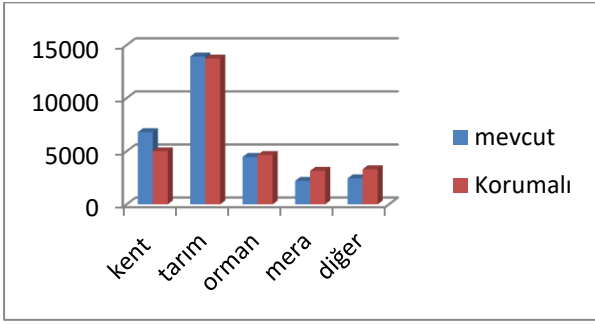
büyüme senaryosunda kent dokusunun aşırı büyüme eğilimi engellenmiştir (Şekil 15 ve 16). Çalışma bölgesinin güneybatısında bulunan Hıdırlık Tepesi ve uzantısında bulunan dağlar, kentin bu yönde büyümesine engel olmaktadır. Diğer yönlerde ise herhangi bir engel olmadığı için kentin büyümesi süreklilik gösterecektir. Eğer şehrin büyümesine herhangi bir kısıtlama getirilmez ise, kentsel yayılım ile önce meraların yok olması ve sonrasında kentleşmenin tarım alanlarına ulaşması kaçınılmazdır. Bu sonuçlar verimli arazilerin kentsel alanlara dönüştürülmesi riskini artırmakla beraber mera alanlarının da büyük ölçüde yok olacağını göstermektedir.



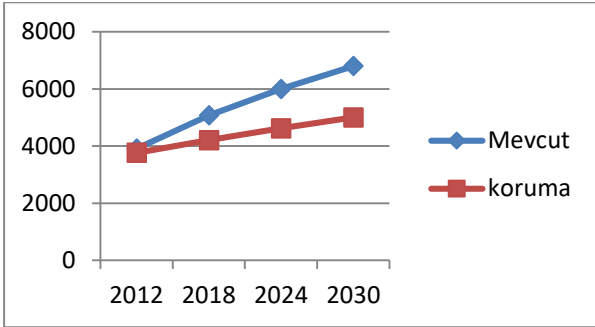
Şekil 14. Mevcut büyüme kestirim sonuçları



Şekil 15. Kontrollü büyüme kestirim sonuçları



Şekil 16. Mevcut ve kontrollü senaryo sınıflarının alansal grafikleri



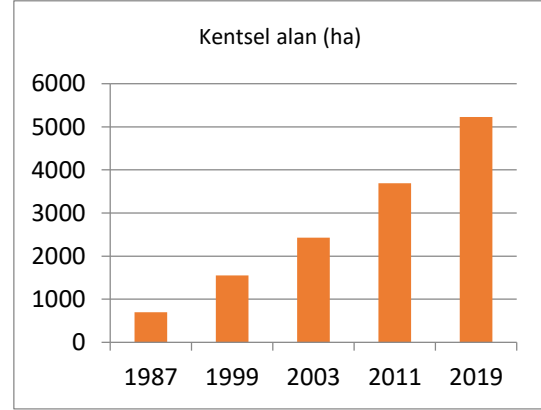
Şekil 17. Kentsel alan değişim grafiği

Mevcut büyüme senaryosuna göre çalışma alanı içerisinde kentsel alanlar 2030 yılında 7000 ha iken, kontrollü büyüme senaryosunda ise bu alanlar 5000 ha olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla yaklaşık 2000 ha doğal alan (mera ve diğer alanlar) korunmuş olacaktır (Şekil 14 ve 15). Çalışma sonuçlarına bakıldığında tarım alanlarının arttığı gözlemlenirken, benzer şekilde ileriye yönelik senaryolarda da tarım alanlarının arttığı görülmektedir. Bu artışın sebebi tarım açısından elverişsiz olan alanların tarım için kullanılması ve bununla birlikte otlak hayvancılığı kaynaklı mera arazilerin besi hayvancılığına dönüş ile tarım alanına geçilmesi olarak düşünülmektedir. Kentin 2030 yılına kadar büyüme simülasyonu (iki farklı senaryoda) hazırlanıp, kentsel alan değişim farklılığı grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 17).

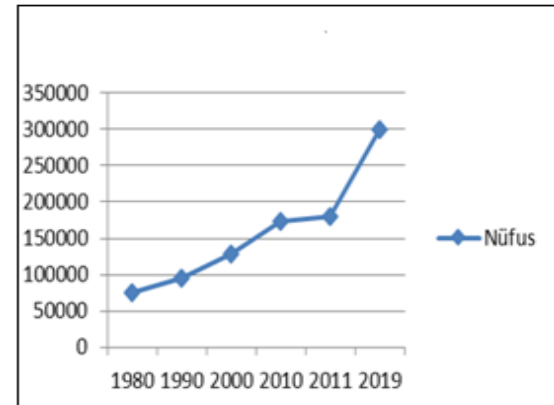
3.1. Kontrol

SLEUTH modeli kullanılarak geleceğe yönelik (2012-2030) kentsel büyüme ve arazi kullanım senaryoları hazırlanmıştır. 2019 yılına ait LANDSAT-8 (LANDSAT-8 OLI/TIRS, 02.08.2019) görüntüsünden elde edilen arazi kullanım haritası, modelin oluşturduğu arazi kullanım senaryosuyla karşılaştırılmıştır (Şekil 19 a ve b). Modelin oluşturduğu 2019 senaryosunda kentsel alan 5102 ha iken, güncel 2019 arazi kullanımı ile kentsel alan 5232ha olarak belirlenmiştir. Güncel 2019 arazi

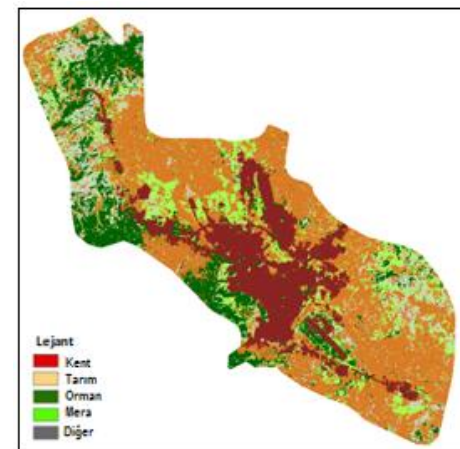
kullanımı ile 2019 senaryosu arasında 130ha fark tespit edilmiştir. Kentleşme için model ile güncel kullanım alanı arasındaki farkın; nüfus artış ivmesi, modelin konut alanlarındaki sıklaşma yönteminin termal turizm alanlarında da uygulaması, ayrık nizam imar uygulamaları, hızlı tren hattı çalışmaları ve karayolları genişletme çalışmalarının doğal alanlardan topografyayı değiştirerek kentsel yapılaşmayı etkilemesi gibi unsurlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 18a-b).



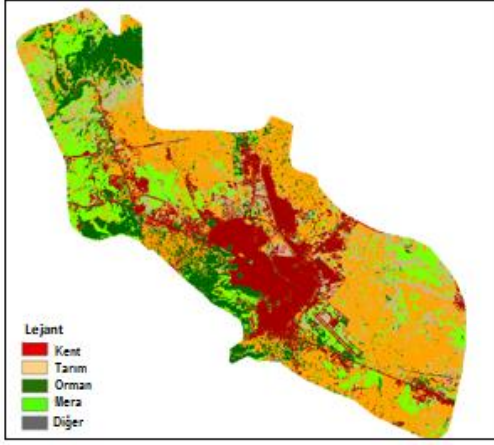
Şekil 18 a. Kent gelişimi (1987-2019)



Şekil 18 b. Afyonkarahisar nüfus artışı



Şekil 19 a. Modelin oluşturduğu senaryo (2019)



Şekil 19 b. Güncel arazi kullanım haritası (2019)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada SLEUTH modelinin kullanımı ile kentlerin gelecekteki arazi kullanımına yönelik kestirimlerin yapılabileceği gösterilmiştir. Karar vericiler görsel açıdan da zengin bu modelden elde edilen simülasyonlar sayesinde kentlerin geleceğine dair daha hızlı ve doğru planlama yapabilirler veya çeşitli önlemler alarak kentlerde yaşayan insanların bilinçlenmesine katkı sağlayarak kentlerin kontrolsüz biçimde büyümesinin önüne geçebilirler. Kullanılan model, kentsel gelişimde alınabilecek önlemlerin sebeplendirilmesi açısından da detaylı bir görsel konumundadır. Bu model dünyada birçok ülkede yaygın bir mekânsal değişim platformu olarak kullanılmaktadır.

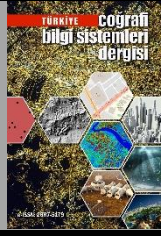
Farklı koruma değerlerine bağlı olarak oluşturulan farklı kentsel büyüme senaryolarında en temel etken modele tanıtılan harici bölge katmanıdır. Bu modelleme ile oluşturulan koruma senaryolarının simülasyonunda başarılı sonuçlar elde edilse de özendirici senaryoların potansiyel etkilerini simüle etmede kısıtlı kalabilmektedir. Yoğun ve kompakt bir yapıda bulunan şehir merkezlerinin simülasyonu bu kapsamda örnek teşkil etmektedir. Bilindiği üzere büyük kentlerde artan nüfusun sadece sosyal değil aynı zamanda ekonomik ve çevresel sorunlara da yol açması, bu kentlerin geleceğini yönlendirmek açısından önem arz etmektedir. Kent dinamiklerinin ve gelişiminin çevresel etkilerinin detaylı analiz edilmesi bu açıdan önemlidir. Bu bağlamda kentlerin modellenmesine ve nüfus ve büyüme projeksiyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Hücresel özileme modelleri dinamik ve kompleks hareketler içeren kent sistemlerinin simüle edilmesindeki yetkinlikleri sebebiyle kent modellemelerinde ideal bir yaklaşım

olarak benimsenmiştir. Bu modelde bulunan veri entegrasyonu kolaylığı bu yetkinliklerden biridir. Özellikle de sağlamış olduğu sinoptik görüş açısından kullanılan uydu görüntülerinden çıkartılan veriler hücresel özileme modelleme sistemine hızlı ve kolay bir şekilde entegre olabilmektedir. Ayrıca kullanılan modelin kolay entegrasyon dışında interaktif senaryo gelişimi, görselleştirme ve analiz gibi temel fonksiyonları mevcuttur. Modelin geleceğe yönelik kestirimlerinin oluşturulmasında uydu verileriyle yapılan kalibrasyon işleminin önemi büyüktür. Fakat yüksek mekânsal çözünürlükteki verilerle modelin kalibrasyonunu sağlamak için yüksek bilgisayar işleme yeteneği gerektirmektedir. Bütün bu kısıtlara rağmen, SLEUTH modeli kentsel gelişimde farklı senaryoların oluşturulmasında ve simülasyonunda önemli bir platform olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Akın, A., Berberoğlu, S. (2012). Farklı Politikalar Doğrultusunda Adana Kentsel Gelişiminin Modellenmesi. IV. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL -CBS 2012)*, Zonguldak.
- Akın, A., Clarke, K., ve Berberoğlu, S. (2014). The impact of historical exclusion on the calibration of the SLEUTH urban growth model. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12.
- Akın, A., Berberoğlu, S. (2016). Modelleme Çalışmalarında Kalibrasyonun Etkisi: SLEUTH Modeli Örneği, VI. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL -CBS 2016)*, Adana.
- Alkheder, S. ve Jie S. (2005). Urban Growth Simulation - A Case Study of Indianapolis, Indiana GIS 2005 Conference. March 9-10, Indianapolis, IN.
- Ayazlı, İ. E. (2011). Ulaşım Ağlarının Etkisiyle Kentsel Yayılmanın Simülasyon Modeli: 3. Boğaz Köprüsü Örneği, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 129 s, İstanbul.
- Ayazlı, İ.E., Batuk, F., Demir, H. (2011). Kentsel Yayılma Simülasyon Modelleri ve Hücresel Otomat, *TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Batty, M. (1976). *Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions*, Cambridge University Press.
- Batty, M. (1995). New ways of looking at cities. *Nature*. 377, 574

- Chambell, S. (1996). Green Cities, Growing Cities, Just Cities?: Urban Planning and the Contradictions of Sustainable Development. *Journal of the American Planning Association* 63(3).
- Clarke, K. C. ve Gaydos, L. J. (1998). Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International Journal of Geographical Information Science*. 12(7), 699-714.
- Clarke, K. C, Dietzel C. ve Goldstein, N. (2007). A Decade of SLEUTHing: Lessons Learned from Applications of a Cellular Automaton Land Use Change Model. *Classics in IJGIS: twenty years of the international journal of geographical information science and systems*, 413-427.
- Çağlayan, A. ve Dağlı, D. (2014). Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu*, 23-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, 233-245, Ankara, Türkiye.
- Eşbah, H., Turkoglu, H., Yıldızcı, A., C., Terzi, F., ve Aytaç, G. (2013). İğneada Koruma Alanında Kentsel Gelişimin İzlenmesi ve İleriye Dönük Modellenmesi. (TUBİTAK projesi no: 110y015), İstanbul.
- Footy, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80,185-201.
- Gardner, M. (1970). Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". *Scientific American*. 223(4), 120- 123.
- Gigalopolis Project,Urban and Land Cover Modeling. <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/> (Erişim tarihi: 10/12/2018).
- Grossman, W., Eberhardt, S. (1993). Geographical information systems and dynamic modeling - potentials of a new approach. In M. Fischer and P. Nijkamp (eds.) 141 *Geographic information systems, spatial modelling and policy evaluation. New York: Springer-Verlag. pp. 167-180.*
- Herold, M., Goldstein, N. C., ve Clarke, K. C. (2003). The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)
- Jantz, C., Goetz, S. J., ve Shelley, M. K. (2004). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore - Washington metropolitan area. *Environment and Planning* 31(2), 251-271.
- Meaille, R., Ward, L. (1990). Using geographical information systems and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth. *International Journal of Geographical Information Systems*, 4, 445-456.
- Oğuz, H., (2004). Modeling urban growth and land use/land cover change in the Houston metropolitan area from 2002-2030. *PhD Thesis. Texas A&M University.*
- Oğuz, H., Klein, A.G., Srinivasan, R. (2007). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Houston-Galveston-Brazoria CMSA, *Research Journal of Social Sciences*, 2, 72-82.
- Oğuz, H., Kesgin, B., Nurlu, E. ve Doygun, H. (2010). Narlıdere-Balçova/İzmir Örneğinde SLEUTH Model Yardımıyla Kentleşme Senaryolarının Geliştirilmesi. I. *Ulusal Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu*. Bildiriler Kitabı: 24 - 26 Kasım, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü. Taşkışla, İstanbul, s. 473-485
- Oğuz, H., Kesgin Atak, B., Doygun, H., ve Nurlu, E. (2011). Modeling Urban Growth and Land Use/Land Cover Change in Bornova District of Izmir Metropolitan Area From 2009 to 2040. *International Symposium on Environmental Protection and Planning: Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications (ISEPP)*, Izmir-Turkey.
- Samat, N. (2000). Ageographic information system and cellular automata spatial model of urban development for Penang State, Malaysia. (*doktora tezi*). Leeds: School of Geography, University of Leeds.
- Stalker, P. (2000). *Handbook of World*. Oxford University Press. New York.
- Şevik, Ö. (2006). Application of SLEUTH model in Antalya. *Master Thesis*. Middle East Technical University.
- Tanrıöver, A.A. (2011). Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- TÜİK. (2009). (Türkiye İstatistik Kurumu) İl ve ilçe nüfus göstergeleri.
- USGS-Glovis. (2012). <http://glovis.usgs.gov/> (Erişim tarihi: 07/04/2012).
- Uysal, C., Maktav, D. and Small C. (2018). Mapping Urban Growth and Its Relation to Seismic Hazards in Istanbul. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing (JISRS)*, 46: 1307, <https://doi.org/10.1007/s12524-018-0799-6>.



Araştırma Makalesi

Nükleer Santraller için Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi

Zeki Mehmet BAŞKURT¹, Cevdet Coşkun AYDIN*²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, Ankara, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Yer Seçimi,
Karar Destek Sistemleri,
Çok Kriterli Karar Analizi,
Coğrafi Bilgi Sistemleri

ÖZ

Nüfusun sürekli artış göstermesiyle, enerjide belirli kaynaklara bağımlılığın giderilmesi, enerji talebinin karşılanması, ithal yakıtların kullanımının en aza indirilmesi gibi ülke ekonomisini yakından ilgilendiren konularda ihtiyaçların karşılanması noktasında nükleer enerjinin Türkiye'nin enerji arzı kaynakları arasına dahil edilmesi planlanmıştır. Nükleer tesislerde kazaların önlenmesi ve sonuçlarının hafifletilmesi için yer seçiminde analitik çalışma yürütülmesi gereken diğer elektrik üretim santralleri ve endüstriyel tesislerden farklı olarak özel güvenlik yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sadece inşaat, işletme ve sökülme aşamalarında değil yer seçimi aşamasında da bu güvenlik yaklaşımı ve buna dayalı kriterlerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurulacak bir nükleer santral için uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılacak kriter setinin oluşturulması ve bu kriterler ışığında Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) konuma dayalı analizler ile uygun alanların belirlenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için diri faylar, deprem etkisi, soğutma suyu mevcudiyeti başta olmak üzere pek çok kriter CBS'de konuma dayalı veriler ile ifade edilerek bu kriterlere göre çalışma bölgesi puanlanmıştır. Karar verme sürecinde uygun alanların tespiti için karar kuralı olarak Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurulumu için uygun olabilecek yedi adet saha tespit edilmiş ve ülkemizde nükleer santrallerin yer seçiminde CBS'nin etkin bir araç olarak kullanımı için bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Geographic Information System Approach to Evaluate Siting Criteria for Nuclear Power Plants

Keywords:

Site Selection
Decision Support Systems
Multicriteria Decision
Analysis
GIS

ABSTRACT

As a result of increasing energy demand, nuclear energy has been included among Turkey's energy supply sources in order to eliminate the dependence on certain sources and to decrease the use of imported fuels. Nuclear power plants (NPP) need a special safety regime to prevent accidents and mitigate the consequences of accidents. These safety regimes have different approach from other power plants and industrial installations. The criteria related to site selection and evaluation are vital values both in the construction, decommission and operation stages. The aim of this study is to define a set of criteria to identify suitable sites for building a nuclear power plant with using geographical information systems (GIS) capabilities. In application stage the criteria such as; seismicity, presence of cooling water and capable faults are defined by spatial objects in GIS environment and the study area is scored according to these criteria. Weighted linear combination method is used as decision rule for the determination of suitable areas. As a result of the study, seven sites which could be suitable for NPP in the Western Black Sea Region have been identified and an approach has been developed for the use of GIS as an effective tool in the field of site selection for nuclear power plants.

*Sorumlu Yazar

*(ceaydin@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0003 - 2064 - 6936
(mbaskurt1@yahoo.com) ORCID ID 0000 - 0002 - 6867 - 1535

1. GİRİŞ

Enerji temini ve elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların iklim değişikliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, doğalgazın ise belirli sayıda büyük üretici ülkeye bağlı olması dünya enerji arz kaynaklarını çeşitlendirme ihtiyacı doğurmaktadır. Nükleer santraller yüksek ilk yatırım maliyetlerine rağmen düşük işletme ve yakıt giderleri ile diğer seçenekler arasında avantajlı durumdadır (Kaya ve ark., 2015). Ayrıca nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan madenlerin diğer kaynaklara oranla dünya geneline daha dengeli dağılmış olması, düşük karbon salımı ve uzun işletme ömürleri sayesinde pek çok ülke elektrik üretiminde nükleer enerjiden faydalanmaktadır (Brook ve ark., 2014).

Türkiye’de elektrik üretiminin yaklaşık yarısı doğalgaza dayalı santraller tarafından gerçekleştirilmektedir. Doğalgaz temininin neredeyse tamamının ithalata dayanması diğer baz yük santrallerinin yanı sıra nükleer santralleri de Türkiye için önemli bir seçenek haline getirmektedir. Ülkemizin enerji talebi ve elektrik üretiminde mevcut kurulu gücü dikkate alınarak, arz güvenliğinin sağlanmasına ilişkin politikalar çerçevesinde, nükleer enerjinin elektrik üretim kaynakları arasına eklenmesine yönelik çalışmalar sürmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Nükleer santraller diğer elektrik üretim tesisleri veya büyük endüstriyel tesislerden farklı olarak özel bir güvenlik yaklaşımına tabidir. Türkiye’nin de üyesi olduğu Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’nın (IAEA) yayınladığı SF-1 kodlu Temel Güvenlik İlkeleri dokümanına göre güvenlik; insanların ve çevrenin radyasyondan kaynaklanan risklere karşı korunması ve radyasyondan kaynaklı risk oluşturabilecek tesis ve aktivitelerin güvenliği olarak tanımlanmıştır. Yine aynı dokümana göre güvenlik kavramı hem normal işletme durumunu hem de olası bir kaza durumunu kapsar (International Atomic Energy Agency, 2006).

Nükleer güvenlik ise uygun işletme koşullarının sağlanması, kazaların önlenmesi, kaza sonuçlarının hafifletilmesi ve radyasyon riski oluşturabilecek tesis çalışanlarının, halkın ve çevrenin radyasyonun zararlarından korunması olarak tanımlanmıştır. Nükleer güvenliğin amacı radyoaktivitenin her koşulda tesis içerisinde kalmasını ve ayrıca bir kaza durumunda radyoaktivite salımının, yönetmeliklerce verilen sınır değerlerinin üzerine çıkmadan hayata geçmesini sağlamaktır (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2010).

Nükleer güvenliğin temini için ülkelerde nükleer tesislerin yer seçimi, kurulumu ve işletilmesine yönelik düzenleme ve denetimleri gerçekleştiren düzenleyici kurumlar bulunmaktadır. Türkiye’de nükleer alanda düzenleme yetkisi 1982

yılında çıkarılan 2690 sayılı kanun ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’na (TAEK) verilmiştir. Ertesi yıl yayınlanan “Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük” ile lisanslama süreci yer lisansı, inşaat lisansı ve işletme lisansı olarak üç aşamada tanımlanmıştır. Bu çerçevede bahsi geçen tüzük uyarınca nükleer tesisler nükleer güvenliğin temini için TAEK tarafından lisanslamaya tabi tutulur (Int Kyn. 1, 2017).

Türkiye’de nükleer santral kurulacak yerin lisanslanması yetkisi TAEK’e ait olmakla birlikte yer seçimi işi herhangi bir kurumun görev alanında değildir. Ancak nükleer güç santrali kurulması öngörülen sahalarda ve bu sahalarda yapılması gereken çalışmalarda nükleer güvenliğe ilişkin uyulması gereken esaslar Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik ile belirlenmiştir.

Nükleer santral kurulumu için seçilen yer ve nükleer santral birbiri ile etkileşim içerisindedir. Yerin kendisinin, çevresinin ve insan kaynaklı dış olayların santrale doğrudan etkisi olduğu gibi bölgede bir nükleer santral bulunmasının da benzer şekilde tüm bu unsurlara etkisi vardır.

Seçilen yerin özellikleri, nükleer santral tasarımı, kurulum maliyeti ve süresi üzerinde de doğrudan etkilidir. Santralin güvenli olarak kurulup işletilmesi için yer seçimi ve değerlendirmesi oldukça önemlidir, bu nedenle nükleer santralin kurulacağı yerin lisanslanması, nükleer lisanslama sürecinin ilk aşamasıdır.

Ulusal mevzuatımıza ek olarak Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren, Türkiye’nin de üyesi olduğu IAEA’nın SSG-35 kodlu güvenlik kılavuzuna göre nükleer tesislerin kurulacağı yere ilişkin değerlendirme işi iki ana süreç kapsamında tanımlanmıştır. Bunlar; yer belirleme süreci ve yer değerlendirmesi sürecidir. Bu iki süreç beş alt



Şekil 1. Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Süreçleri

aşamaya bölünmüştür. Bunlar yer araştırmaları aşaması, yer seçimi aşaması, yer özelliklerinin belirlenmesi aşaması, işletme öncesi aşama ve işletme aşaması olarak belirlenmiştir. Bu aşamaların ilişkisi Şekil 1’de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015)

Bu çalışmada ise yer araştırmaları kapsamında çalışma bölgesinin belirlenmesi ve seçilen bölgede yer seçimi konuları işlenmiştir. Nükleer santrallerin kurulumu için aday sahalardan belirlenmesi sürecince pek çok kriterin birlikte değerlendirilmesi, izlenmesi, yorumlanması ve bu kriterleri ifade eden verilerin yönetilmesi için CBS kullanımı denlenmiştir.

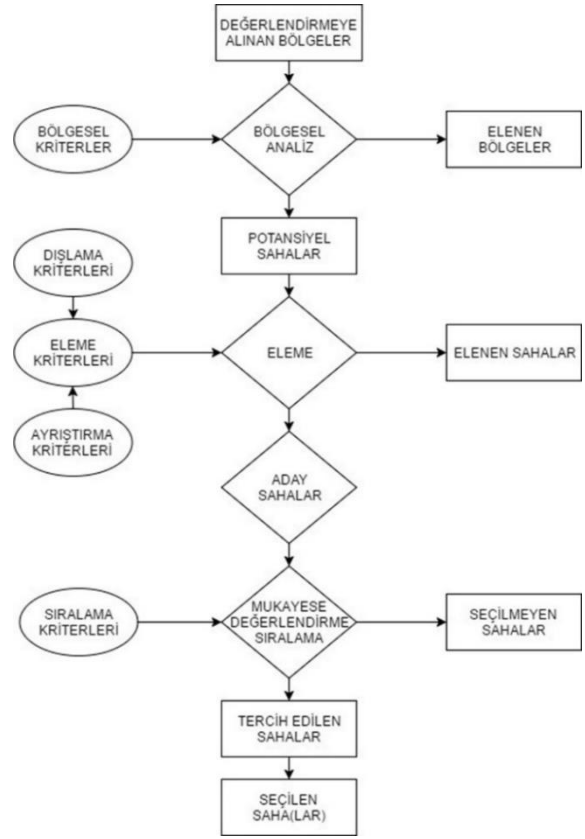
Dünya genelinde birçok tesis ve hizmet için olduğu gibi nükleer tesislerin de yer seçimi çalışmalarında CBS tabanlı çok kriterli karar analizleri uygulanmaktadır (Rikalovic ve ark., 2014; Kassim ve ark., 2016; Abudeif ve ark., 2015; Mays ve ark., 2016). Nükleer santraller için de özellikle yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarında konuma dayalı analizler ile uygun yerlerin belirlenmesi için bir model geliştirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

Bu sayede Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurmak için uygun yerleri belirlemek ve bu yolla nükleer santrallerin yer seçimi için CBS destekli bir karar destek süreci oluşturmak hedeflenmiştir.

2. YÖNTEM

Yer belirleme süreci yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarını içerir. Yer araştırmaları aşamasında geniş bölgeler incelenerek ileri bir değerlendirme yapılmadan potansiyel yerler belirlenir. Yer seçimi aşamasında ise uygun olmayan yerler, bölgesel analizlere oranla daha detaylı ilave kriterler kullanılarak elenir ve yer değerlendirmesine tabi olacak, uygun olduğu varsayılan alanlar belirlenir.

Bu aşamada nükleer güvenliğe ilişkin kriterler ile projenin zaman ve maliyet açısından uygulanabilirliğine etki edecek diğer kriterler kullanılarak uygun görülen yerler mukayese edilir ve öne çıkan yer veya yerler (tercih edilen saha ve yedek sahalarda) belirlenir. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı Şekil 2'de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015).



Şekil 2. Yer Belirleme Çalışmalarına İlişkin İş Akışı

Yer değerlendirme süreci ise yer belirleme sürecindeki yer seçimi aşamasının bir bölümünü de kapsamakla birlikte esas olarak belirlenen sahalarda uygunluğunun teyidi için yer özelliklerinin belirlenmesi aşamasından oluşur. Yer seçimi çalışmalarının son bölümünde yer alan değerlendirme, mukayese ve sıralama işlemleri yer özelliklerinin belirlenmesinin ön aşaması kabul edildiğinden burada yer belirleme ve yer değerlendirme süreçlerinin üst üste bindiği ifade edilmiştir. Ayrıca yer değerlendirme süreci, işletme öncesi aşamada tasarım, inşaat ve kurulum dönemlerinde arazide yapılacak doğrulama çalışmaları, sahaya ilişkin kestirimlerin doğrulanması ve işletme aşamasında güvenlik denetimlerini içerir (International Atomic Energy Agency, 2015).

2.1. Çok Kriterli Karar Analizi ve Karar Kuralları

Çok kriterli karar problemlerinin bileşenleri üç başlıkta tanımlanabilir bunlar; karar verici, karar alternatifleri ve kriterlerdir (Zarghami ve ark., 2011). Çok kriterli karar problemleri genellikle geniş bir uygulanabilir seçenek yelpazesi ile çoklu ve birbirleriyle çatışan değerlendirme kriterleri içerir. Seçenekler genelde karar vericiler, yöneticiler ve paydaşlar gibi pek çok katılımcı tarafından değerlendirilir. Bu katılımcıların her biri değerlendirme kriterlerine farklı derecede önem verir. Bu sebeplerden çoğu konuma dayalı karar

probleminin çözümünde CBS tabanlı çok kriterli karar analizi uygulanır (Malczewski ve ark., 2006).

Ölçülebilir ve değerlendirilebilir kriterler karar analizinin temelini oluşturur. Konuma dayalı karar problemlerinde coğrafi varlıklara dair nicel ve nitel öznelilikler veya coğrafi varlıkların ilişkileri önemlidir. Bu sebeple çok kriterli karar analizi veri odaklıdır (Drobne ve ark., 2009). Problemlerin çözüm süreçleri üç yaklaşım içerir. Bunlar; değer ölçeklendirme, kriterleri ağırlıklandırma ve karar kuralını belirlemedir (Malczewski, 1999). Karar kuralının belirlenmesi en temel seviyede seçeneklerin değerlendirilmesi ve karar verilmesi için süreç ve yöntemlerin belirlenmesini sağlar. CBS literatüründe karar kuralları birleştirme yöntemleri olarak da tanımlanır. Birleştirme yöntemleri seçenekler hakkındaki verilerin ve karar vericinin tercihlerinin birleştirilmesini sağlar (Yoon ve ark., 1995).

Literatürde pek çok karar kuralı veya birleştirme yöntemi bulunmakla birlikte yaygın olarak; Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme, TOPSIS yöntemi, ELECTRE yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar uygulama alanı bulmaktadır. Bu kurallardan hangisinin kullanılmasının en uygun ve karar verici için en kullanışlı olduğu eldeki soruna bağlıdır. CBS destekli çok kriterli karar analizi uygulamalarında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemidir (Malczewski ve ark., 2006).

Bu çalışmada da, UAEA'nın SSG-35 dokümanında tavsiye edilen metodoloji gözetilerek ve kriterlerin birbirleri ile etkileşiminin düşüklüğü sebebiyle, sıkça kullanılan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi seçilmiştir.

2.2. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi

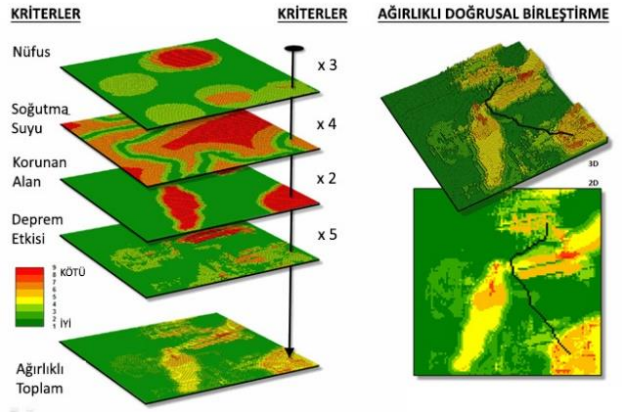
Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi sıklıkla arazi kullanımı, yer seçimi ve kaynak değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Sık başvuru alan bir yöntem olmasının temel sebebi harita uygulamaları ve kartografik modellemeler ile CBS ortamında kolay uygulanabilir olmasıdır (Yoon ve ark., 1995; Berry, 1993).

Karar seçenekleri $A(i)$, her bir (i) seçeneğinin j kriterine göre puanı $a(i,j)$, her bir (j) kriterinin ağırlığı $w(j)$ ile ifade edilirse Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme aşağıdaki matematiksel ifade ile açıklanabilir (Malczewski 2000).

$$A(i) = \sum_{j=1}^N a(i,j)w(j) \quad i = 1,2,3, \dots$$

Çalışma alanının her bir kriterine göre puanlanması sonucu puan haritalarının oluşması, bunların ağırlıklarla çarpılarak birleştirilmesine dayanan

yöntemin uygulanmasına ilişkin örnek Şekil 3'te sunulmuştur. (Int Kyn. 2, 2017)



Şekil 3. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yönteminde Örnek Uygulama

İlk adımda hedefler, değerlendirme kriterleri ve bunlara ek olarak öznelilikler belirlenmelidir. Örneğin hedef olarak "nükleer santral kurulumu için uygun sahaları bulmak" seçildikten sonra buna yönelik değerlendirme kriterleri seçilmeli ve bu kriterlerin CBS ortamında ifade edilmesini sağlayacak öznelilik bilgileri tanımlanmalıdır. Öncelikle tanımlanan her öznelilik kapsayıcı ve ölçülebilir olmalıdır. Aynı zamanda öznelilik bilgilerinin tam, işlevsel, ayrıştırılabilir, artıksız ve asgari seviyede olması önemlidir.

İkinci adımda CBS uygulamalarında seçeneklerin bağımsız bir piksel veya piksel grupları ile ifade edildiği varsayılır. Burada esas olarak dışlama kriterleri ile elenen bölgeler dışlanır ve geriye uygun olabilecek alanlar kalır. Ayrıca her bir kriter için hazırlanan haritaların uyumlaştırılması ve bütünlüğü sağlanır.

Üçüncü adımda her bir kriter için yapılan puanlamaya göre harita katmanları elde edilir. CBS uygulamalarında bu puanlama çoğunlukla mesafe ve yakınlık üzerinden yapılmaktadır. Bu adımda her kriterine göre dışlanan alanlar ve geriye kalan alanların puanlamaları elde edilir.

Dördüncü adımda her bir kriter için ağırlıklar atanır. Bu aşamada her kriter için nisbi önem derecesi belirlenmelidir. Kriterlere atanacak ağırlıklar sonucu doğrudan etkileyeceğinden karar vericinin kriterlerin birbirlerine göre önem derecesini doğru belirlemesi çok önemlidir. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminde en sık yapılan hata, kriterlere genel değerlendirmeler sonucu bir ağırlık atanmasıdır. Yukarıda belirtildiği üzere kriterlerin ağırlıkları bağıl önem derecesine göre belirlenmelidir. Dolayısıyla her karar problemi için bu ağırlıklar farklılık gösterebilir. Ağırlıkların doğru atanması için pek çok yöntem önerilse de karar

sahalarda ön etütlerinin yapılması zorunlu görünmektedir. Yer belirleme ve değerlendirme süreci ileri mühendislik bilgisi ve doğru mühendislik hükümlerinin verilmesini gerektiren bir süreçtir. Bu sürecin olabildiğince doğru ve sürdürülebilir ilerlemesi için iyi proje yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 7. Saha Puanları

Saha Kodu	Saha Puanı
S01	66
S02	55
S03	62
S04	54
S05	48
S06	50
S07	72

Özetle; çalışmada tespit edilen 7 saha arasından hangisinin nihai olarak seçileceği, mukayesede kullanılacak sıralama kriterlerinin belirlenmesi ve her sahanın bu kriterlere göre değerlendirilmesi sonucu belirlenmelidir. Bu değerlendirmeye uygun verilerin elde edilebilmesi için sahada etütlerin yapılması ve saha civarında çalışma yürütülmesi gerekmektedir. Benzer şekilde kapsamlı bir değerlendirme için yukarıda sıralanan disiplinlerde uzmanlardan oluşan bir ekibin çalışma yürütmesi önerilmektedir. Herhangi bir sahada karar kılınabilmesi ancak bu şekilde mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abudeif, A., Abdel Moneim, A., & Farrag, A. (2015). Multicriteria decision analysis based on analytic hierarchy process in GIS environment for siting nuclear power plant in Egypt. *Annals of Nuclear Energy*, 682-692.
- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, (2013). 2014-2023 Batı Karadeniz Bölge Planı Cilt 1: Mevcut Durum Analizi.
- Berry, J. K. (1993). Cartographic Modeling: The analytical capabilities of GIS, Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press.
- Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Bles, T., & van Erp, J. B. (2014). Why Nuclear Energy is Sustainable and Has to Be Part of The Energy Mix, *Sustainable Materials and Technologies*, 1, 8-16.
- Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation. (2002). Study of potential sites for the development of new nuclear plants in the United States, U.S. Department of Energy.
- Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging, *Informatica*, 33, 459 - 474.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). 2017 Yılı bütçe sunumu.
- Giardini, D., Woessner, J., Danciu, L., Crowley, H., Cotton, F., Gruenthal, G., Pinho, R., Valensise, G., Akkar, S., Arvidsson, R., Basili, R., Cameelbeck, T., Campos-Costa, A., Douglas, J., Demircioglu, M. B., Erdik, M., Fonseca, J., Glavatovic, B., Lindholm, C., Makropoulos, K., Meletti, F., Musson, R., Pitilakis, K., Sesetyan, K., Stromeyer, D., Stucchi, M., & Rovida, A. (2013). Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource, doi:10.12686/SED-00000001-SHARE.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (2012). Multiple attribute decision making: Methods and applications a state-of-the-art survey, Springer Science & Business Media, 186.
- International Atomic Energy Agency. (2002). Dispersion of radioactive material in air and water and consideration of population distribution in site evaluation for nuclear power plants, Safety Guide, NS-G-3.2.
- International Atomic Energy Agency. (2006). Fundamental safety principles, Safety Fundamentals, SF-1.
- International Atomic Energy Agency. (2010). Seismic hazards in site evaluation for nuclear installations, Specific Safety Guide No. SSG-9.
- International Atomic Energy Agency. (2015). Site survey and site selection for nuclear installations, Specific Safety Guide No. SSG-35.
- Kassim, M., Heo, G., & Kessel, D. S. (2016). A Systematic Methodology Approach for Selecting Preferable and Alternative Sites for the First NPP Project in Yemen. *Progress in Nuclear Energy*, 91, 325-338.
- Kaya, K., & Koç, E. (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 660, 61-68.
- Kim, I. Y., & de Weck, O. L. (2006). Adaptive Weighted Sum Method for Multiobjective Optimization: A New Method for Pareto Front Generation. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 31(2), 105-116.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley & Sons, New York
- Malczewski, J. (2000). On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches, *Transactions in GIS*, 4, 5-22.
- Malczewski, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 20, (7), 703-726,
- Mays, G. T., Belles, R. J., Blevins, B. R., Hadley, S. W., Harrison, T. J., Jochem, W. C., Neish, B. S., Omiaomu, O. A., & Rose, A. N. (2012). Application of spatial data modeling and geographical information systems (GIS) for identification of potential siting options for various electrical generation sources, Oak Ridge National Laboratory.

- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection, *Procedia Engineering*, 1054-1063.
- Rizzo, P., Dubinsky, M., Tastan, E. O., & Miano, S. (2015). Site Selection for Nuclear Power Plants, International Nuclear Atlantic Conference – INAC, Sao Paulo.
- Stanimirovic, I. P., Zlatanovic, M. L., & Petkovic, M. D. (2011). On the Linear Weighted Sum Method for Multi-Objective Optimization, *Facta Universitatis*, 26, 49-63.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. (2010). Günümüzde nükleer enerji.
- USGS. (2004). Shuttle radar topography mission. Maryland: Global Land Cover Facility, University of Maryland.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). Multiple attribute decision making: An Introduction, 104, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Zarghami, M., & Szidarovszky, F. (2011). Multicriteria analysis applications to water and environment management, Springer.

İnternet Kaynakları

- 1-<http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/478-nukleer-santrallara-lisans-verilmesi.html> (01.12.2019)
- 2-<http://www.innovativegis.com/basis-mapanalysis/topic19/topic19.htm>, (10.10.2019)
- 3-<https://www.hgk.msb.gov.tr/> (11.09.2019)
- 4-<http://www.resmiistatistik.gov.tr/> (12.08.2019)
- 5-<http://geodata.ormansu.gov.tr/> (12.09.2019)