

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ISPARTA İLİ KIRSAL YOLLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜSTYAPI PERFORMANS ANALİZİ**

Melak Hussein AHMED

**Danışman
Prof. Dr. Serdal TERZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Melak Hussein AHMED]

TEZ ONAYI

Melak Hussein AHMED tarafından hazırlanan “Isparta İli Kırsal Yollarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemi Kullanılarak Üstyapı Performans Analizi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Serdal TERZİ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmet SALTAN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Nihat MOROVA

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Melak Hussein AHMED



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Envanter Bilgileri.....	13
3.1.2. Bölgeye ait iklim verileri.....	17
3.1.3. Kırsal yolları kullanan YOGT değerleri ve IRI verileri.....	17
3.1.3.1. Bozanönü Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri	18
3.1.3.2. Senirce Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri.....	18
3.1.3.3. Güneykent Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri.....	19
3.1.3.4. Aydoğmuş Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri	20
3.1.4. IRI tahmin modelleri	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Performans Modelleri Kullanılarak IRI Değerlerinin Tahmini	25
4.1.1. Sathi kaplama yollara performans modeli uygulanması.....	25
4.2. Optimizasyon Çalışması.....	29
4.2.1. Optimizasyon çalışması ile önceliklerin belirlenmesi	29
4.2.2. Faydaların belirlenmesi	29
4.2.3. Maliyetlerin Belirlenmesi	30
4.2.4. Amaç Fonksiyonu	31
4.2.5. Sathi Kaplamalı Üst Yapılar İçin Optimizasyon Çalışması	32
4.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Üstyapı Yönetiminin Belirlenmesi.....	32
4.3.1. Sathi kaplamalı yol ağı kesimleri.....	34
4.3.2. Veri tabanı ve veriler.....	34
4.3.3. CBS kullanılarak optimizasyon çalışması ile bakım ve onarım takviminin belirlenmesi	37
4.3.4. Sorgulamalar	41
4.3.5. Raporlamalar.....	42
4.3.6. Örnek çalışma ile elde edilen sonuçlar	46
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
5.1. Sonuçlar.....	47
5.2. Öneriler.....	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISPARTA İLİ KIRSAL YOLLARININ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜSTYAPI PERFORMANS ANALİZİ

Melak Hussein AHMED

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Serdal TERZİ

Sathi kaplamalar Türkiye yol ağında ekonomik sebeplerden dolayı en yaygın kullanılan asfalt kaplamadır. Bu çalışma yaygın bir kullanım alanına sahip coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile örnek çalışma alanının bakım ve rehabilitasyonu için hızlı ve güncel şekilde izlenebileceği ve gerekli önlemlerin zamanında ve doğru şekilde uygulanması noktasında yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında kırsal yollarda dört farklı sathi kaplamalı inceleme güzergahı belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında sathi kaplamalı yollar üzerinden alınan trafik hacimleri ve sathi kaplama yolların bulunduğu bölgenin iklim verileri ile elde edilmiş ve IRI tahmininde kullanılan lineer denklemler ile sathi kaplamalı yolların gelecek IRI değerleri tahmin edilmiştir. Ayrıca tahmin edilen IRI değerleri Coğrafi Bilgi Sistemlerine işlenmiş ve optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen 5 yıllık örnek bir uygulama ile coğrafi bilgi sistemlerinin, üstyapı yönetim sistem için kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sathi Kaplama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Üstyapı Yönetim Sistemi, Düzgünsüzlük

2019, 54 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PERFORMANCE ANALYSIS OF THE RURAL ROADS OF ISPARTA BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS METHOD

Melak Hussein AHMED

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Serdal TERZİ

Chip seal are most commonly used pavement types in Turkey's road network for economic reasons. This study was carried out in a fast and up-to-date manner for the maintenance and rehabilitation of the sample work area with the help of geographic information systems which have a common usage area and to implement the necessary measures in a timely and correct manner. Within the scope of this study, four different chip seal paved routes were determined on rural roads. The future IRI values are estimated using obtained linear equations which are based on the traffic volumes and climate data. In addition, the estimated IRI values are used as input values for geographic information systems and an optimization is made. As a result of a five year long sample study, the geographic information systems could be used for pavement management system.

Keywords: Chip Seal, Geographic Information System, Pavement Maintenance System, Roughness

2019, 54 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Serdal TERZİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Nihat MOROVA'ya, Öğr. Gör. Erhan ŞENER'e, Araştırma Görevlisi Ekinhan ERİŞKİN'e, arazi çalışmalarında yardımını esirgemeyen meslektaşım İnşaat Yüksek Mühendisi Uğur ÇELİKLİ'ye teşekkür ederim.

Tezimde elde ettiğim verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamına aktarılmasında karşılaştığım zorluklarda, gece ve gündüz her ulaştığımda sabırla desteğini esirgemeyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nden Doktorant Sinan Demir'e teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm Fen Bilimleri Enstitüsü Görevlilerine, Mühendislik Fakültesi Dekanlığı Görevlilerine, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi görevlilerine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan başta eşim Sinan ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Melak Hussein AHMED
ISPARTA, 2018

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Akış diyagramı.....	3
Şekil 3.1. Çalışma Alanı Yol Ağı Haritası.....	14
Şekil 3.2. Bozanönü köy yolu kesimi.....	15
Şekil 3.3. Senirce köy yolu kesimi.....	15
Şekil 3.4. Güneykent köy yolu kesimi.....	16
Şekil 3.5. Aydoğmuş köy yolu kesimi.....	16
Şekil 3.6. Yöntem Akış Şeması.....	23
Şekil 4.1. Bozanönü köy yolu zamana göre IRI tahmini.....	26
Şekil 4.2. Senirce köy yolu zamana göre IRI tahmini.....	27
Şekil 4.3. Güneykent köy yolu zamana göre IRI tahmini.....	27
Şekil 4.4. Aydoğmuş köy yolu zamana göre IRI tahmini.....	28
Şekil 4.5. Hizmet yeteneği değerine göre taşıt işletme maliyetleri.....	29
Şekil 4.6. Fayda Maliyet Oranına Göre Optimizasyon.....	33
Şekil 4.7. Çalışma Alanı Yol Ağı.....	34
Şekil 4.8. 2017 yılı için ölçülen IRI değerleri.....	37
Şekil 4.9. 2018 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	38
Şekil 4.10. 2019 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	38
Şekil 4.11. 2020 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	39
Şekil 4.12. 2021 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	39
Şekil 4.13. 2022 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	40
Şekil 4.14. 2023 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	40
Şekil 4.15. IRI değerleri 5'den küçük olan kesimler.....	41
Şekil 4.16. IRI değerleri 5'den büyük olan kesimlerin sorgulanması.....	42
Şekil 4.17. IRI değerleri 5'den büyük olan kesimlerin raporlanması.....	43
Şekil 4.18. Çalışma alanı sathi kaplama yolların ölçülen IRI değerlerinin grafikler ile görüntülenmesi.....	43
Şekil 4.19. Isparta karayolu ağı yol kesimlerinin görüntülenmesi.....	44
Şekil 4.20. Çalışma alanı veritabanı görüntülenmesi.....	44
Şekil 4.21. Çalışma alanı örnek öznetelik tablosunun görüntülenmesi.....	45
Şekil 4.22. Sathi kaplı yolun IRI değerlerinin girildiği tanımlama görüntüsü.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Yolların gradasyon elek açıklıkları	13
Çizelge 3.2. Kırsal yolların envanter bilgileri	13
Çizelge 3.3. Bölgelere ait iklim verileri.....	17
Çizelge 3.4. Bozanönü güzergahı 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları	19
Çizelge 3.5. Bozanönü köy yolu IRI verileri.....	19
Çizelge 3.6. Senirce güzergahı 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları	19
Çizelge 3.7. Senirce köy yolu IRI verileri	19
Çizelge 3.8. Güneykent yolu 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları.....	20
Çizelge 3.9. Güneykent köy yolu IRI verileri	20
Çizelge 3.10. Aydoğmuş yolu 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları	20
Çizelge 3.11. Aydoğmuş köy yolu IRI verileri.....	20
Çizelge 4.1. Dikkate alınan B ve R yöntemleri ve ilave ömür değerleri.....	30
Çizelge 4.2. Bakım ve rehabilitasyon maliyetleri	30
Çizelge 4.3. IRI değerleri ve bakım-onarımda öncelik sıralaması.	31
Çizelge 4.4. IRI değerlerine göre önem dereceleri ve tanımları	32
Çizelge 4.5. Önem derecelerine göre B ve R seçenekleri.....	32
Çizelge 4.6. Veri tabanı	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Üstyapının yaşı (yıl)
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation
AC	t yılındaki s kesiminin r yönetiminin uygulanmasıyla oluşacak kuruluş maliyetleri
AL	r yönetiminin uygulanmasıyla elde edilecek ilave ömür değeri
ARAN	Automatic Road Analyser- Otomatik Yol Analiz Cihazı
B ve R	Bakım ve rehabilitasyon
B	t yılındaki bakım ve onarım işlemlerine ayrılan yıllık toplam bütçe
BM	B ve R maliyeti
BPN	British Pendulum Numbers
BSK	Bitümlü sıcak karışım
°C	Santigrat derece
CBR	Kaliforniya Tşıma Oranı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CR	Üstyapı çatlak yüzdesi
d	Tabaka kalınlığı
dk	Dakika
ESRI	Environmental System Research Institute
GIS	Geographic Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GPS	Global konum belirleme sistemi
HST	Asfalt tabakanın altındaki yatay gerilme
IRI	International Roughness Index- Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi
i	İskonto oranı
k	Hareketli ortalama taban genişliği yarısı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
L	Normal yük
M	Eğim katsayısı
MLR	Çoklu Doğrusal Regresyon- Multi Linear Regression
n	Yıl sayısı
p	Bir Sabir
p'(x)	Bağımlı değişkenleri
PCI	Üstyapı Durum İndeksi
PQI	Üstyapı kalite indeksi
PSI	Üstyapı Hizmet Yeteneği İndeksi
Pwfi,n	Bugünkü değer etkeni
QI	Düzgünsüzlük
TIM	Taşıt İşletme Maliyeti
ÜYS	Üstyapı Yönetim Sistemi
X	Enlem
Y	Boylam
YAŞ	Yapının yaşı
YOGT	Yapay sinir ağları
YSA	Yapay sinir ağları
Z	Yükseklik
ρ, α, β	Kısıtlar

1. GİRİŞ

Üstyapı, değişik bileşenler bir araya getirilerek oluşturulmaktadır. Üstyapı bulunduğu ülke, il, ilçe ve köy bağlantılarını oluşturarak trafik yükünü taşımak üzere stabil hale getirilen taban zemini üzerine çeşitli malzemelerin belirli oranlarda tabakalı olarak yerleştirilen yol yapısıdır. Bu yol üstyapının proje süresince emniyetli olarak ve her türlü iklim koşullarının etkisi altında servis sağlayabilmesi gerekmektedir. Ayrıca üstyapı, projelendirdiği alandaki araç geçiş sayısı ile ilişkili olarak planlanmalı ve mevcut ulaşım ağı içerisindeki gerekliliği öngörülerini sağlayacak koşulları yerine getirebilmelidir.

Yol üstyapı kaplama tabakasında kullanılan bağlayıcı cinsine göre iki sınıfa ayrılmaktadır. Esnek ve rijit kaplama olarak tanımlanmaktadır. Esnek yol üstyapısı olarak adlandırılarda bağlayıcı olarak bitümlü malzemeler kullanılmaktadır. Esnek üstyapılar da yoldaki trafik yoğunluğuna göre Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) asfalt kaplama ve sathi kaplama olarak yapılmaktadır.

Hizmet süresi boyunca geçiş yapacak araç sayısının hesaplanması mevsimsel ve çeşitli nedenlerle bu kaplamaya sahip yolların kapasitesi üzerinde kullanılması, hesaplanan servis ömrünü kısaltmaktadır.

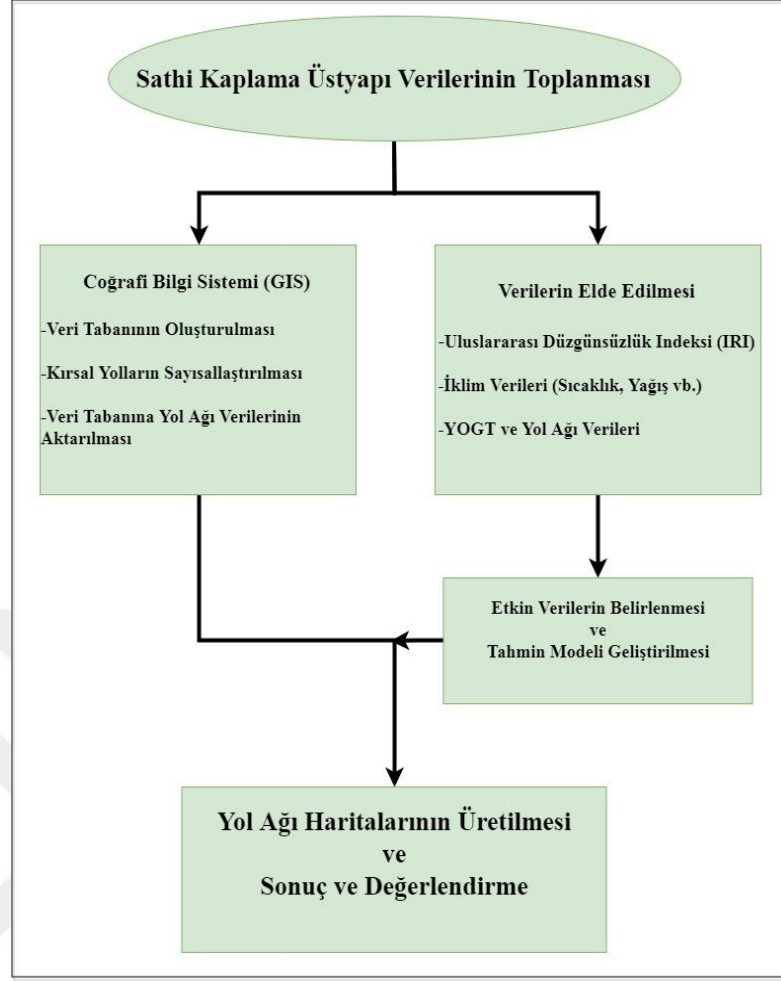
Kırsal yolların bölgelerin demografik yapısındaki dönemsel değişimler trafik yükünü arttırmaktadır. Buna karşılık tüm kırsal yol ağı içerisindeki sathi kaplama üstyapıda oluşan bakım ve rehabilitasyon ihtiyacının tüm ağa aynı anda uygulanamaması sorununu ve kıt kaynakların doğru şekilde yönetilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Sathi kaplama yol ağı kullanıcılarına maksimum faydayı sağlayacak olan yöntemin seçimi ve mevcut kaynakların optimum dağıtımını sağlamak için optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler; eşdeğer düzenli yıllık maliyet yöntemi, bugünkü değer yöntemi, dönüş oranı yöntemi, fayda maliyet oranı yöntemi ve maliyet etkinlik yöntemi olarak gruplandırılabilir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ile beraber üstyapı hakkında bugün ve ilerleyen yıllar için güncel ve hızlı sorgu yapılabilir.

Yıllık ortalama geçen taşıt sayısı (YOGT), temel zeminin stabilitesi, bitümlü bağlayıcı özelliği, püskürtölen bitümlü bağlayıcının oranı, malzeme seçimi, astar, agrega miktarları, yolun geometrik standardı, doğru yapım yöntemi, iklim koşulları, zemin sıcaklığı, zeminin nem miktarı, drenaj gibi etkenler sathi kaplamanın ömrünü ciddi ölçüde etkilemektedir (elikli, 2018). Bu etkenler ölkemiz ekomik sebeplerinden kaynaklı birçok köy yolunda kullanılan sathi kaplama yolların dayanımını etkileyerek kısa sürede bakım ve takviye tabakaları yapılmasını gerektirmektedir. Bu yollarda üstyapıda meydana gelen üstyapı bozulmasının önceden tahmini ve planlı şekilde bakım onarım yapılması ölk kaynaklarına önemli bir katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmada, üstyapı performans değerinin tahmin edilmesi ve coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile çalışmadaki yol ağına aktarılması sağlanmıştır. ArcGIS 10.2 coğrafi bilgi sistemi programı veri yapısına aktarılan üstyapı bilgileri ve performans üzerine etkili parametreler toplanarak çoklu regrasyon modeli ile performans tahmin modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu performans modeli ile tahmin edilen IRI değeri, ArcGIS 10.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri programı üzerinde yol ağındaki sathi kaplama köy yollarının üstyapı yönetim uygulamalarının sorgulanması ve tematik haritalarının üretimi gerçekleştirebilmektedir.

Seçilen yollardan temin edilen parametreler göz önüne alınarak IRI üzerindeki etkileri incelenmiştir. Böylece hiçbir teknik cihaza sahip olmayan İl Özel idareleri ve Büyükşehir Belediyeleri için öneriler ortaya koyulmuştur.

Tez kapsamında gerçekleştirilen tüm çalışmalara ait bir akış diyagramı şekil 1.1'de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Akış diyagramı

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde tez çalışması ile ilgili kaynaklarda yayımlanmış bilgiler özetlenmiştir. Kolay anlaşılabilir olması için bu çalışmalar; Üstyapı Yönetim Sistemi, Sathi Kaplamalar, Düzgünlük, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin Üstyapı Yönetim Sisteminde Kullanımı başlıkları altında gruplandırılmıştır.

Üstyapı yönetimi, üstyapı bölümlerini önceden planlanmış bir şekilde sürdürerek yol ağının performansını iyileştirmek için kullanılan bir süreçtir. Çoğu durumda öncelikle karar vericinin kararına dayanan üstyapı yönetim sürecinin kalitesi, mevcut kaynakların ele alınmasının etkinliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Sharaf, 1993).

Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS), üstyapıya ait verilerinin toplanması, analizi, sürdürülmesi ve raporlanması için bir dizi tanımlanmış basamakların tamamına denir. Üstyapı Yönetim Sistemi; karar vericilere belirli bir süre boyunca en düşük maliyetle hizmet verilebilir durumda olan kaplamaların bakımı için optimum stratejiler bulmalarında yardımcı olmaktadır.

Ay (2001), Antalya kentinde bulunan devlet yollarının güncel üstyapı ve yüzey durumlarını araştırmıştır. Değişik performans ölçütleri altında yol kesimlerini incelemiş, mevcut durum çözümlemesi yapmış, gözlem ve fotoğraflama yöntemi ile üstyapıda meydana gelen bozulmaları tespit etmiştir. İncelediği 3 devlet yolundan yüzey bozulmalarının dağılımı ve miktarı ile YOGT değeri en fazla olan güzergah için üstyapı yönetim sistemi oluşturmuştur.

Saha ve Ksaibati (2016), araştırmada ÜYS' nin en iyi koruma projelerinin bütçedeki en iyi karışımını belirleyen, tedavi edilen yollar üzerindeki trafiğin en üst düzeye çıkarmayı, ağırlıklı ortalama Üstyapı Hizmet yeteneği İndeksini (PSI) en üst düzeye çıkarmayı ve riski en aza indirmeyi amaçlayan ilçedeki kaplamalı yollar için bir optimizasyon metodolojisi geliştirmişlerdir.

Shrestha vd. (2018), Amerika'nın Viriginia eyaletinin güneyinde 75 mil uzunluğundaki yolda yaptıkları çalışmada, Trafik Hızı Deflektometresi (TSD) ile yolun yapısal değerlendirilmesi için kullanılmıştır. TSD verilerinden üstyapı yönetim sistemine giren indisleri tahmin etmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda TDS ölçüm verileri kullanılarak üstyapı yönetim sisteminin bir parçası olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yol ağı içerisinde bakım ve onarım için öncelik verilmesi gereken alanların belirlenmesinde nasıl kullanılması gerektiğini çalışmalarında belirtmişlerdir.

Almuhanna vd. (2018), Kerbela şehir merkezinde seçilen bir yol ağı bölgesinde yaptıkları çalışmada, üstyapı bakım ve yönetim sistemi (PMMS), üstyapı durum indeksi (PCI) değerleri ile ilişkilendirilerek etkili yönetim ve ekonomik sürdürülebilirlik maliyetini belirlemişlerdir. PAVER 6.5.7 programı ile PCI değerleri hesaplanmıştır. PAVER 6.5.7 ve CBS birleştirilerek kullandıkları 56.8 km'lik yol ağı içerisinde hesaplanan PCI değerlerini belirtmişlerdir. PCI sonuçları ile yol ağının %63'ü iyi durumda, % 12 orta durumda ve %25'inin kötü durumda olduğunu belirtmişlerdir.

Sathi Kaplama uygulaması (Chip seal) Sathi kaplama uygulaması bitümlü bağlayıcı üzerine agrega tabakası serilerik gerçekleştirilen bir uygulamadır. Düşük trafik hacmine sahip esnek üstyapılarda, yüzey sızdırmazlığı ve kayma direncinin sağlanması amacıyla sathi kaplama uygulamasına gidilmesi en uygun çözümdür (Morova, 2013).

Hong Kong'da yapılan çalışmada, Sathi kaplama tasarımı ve yönetim uygulamaları göz önünde bulundurularak, bozulmanın derecesini tetikleyen parametreler göz önünde bulundurularak eşik IRI değeri belirlenmiştir. Bu değer ile satih kaplamalardaki bozulmaların bakım ve rehabilitasyonu için kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Wang vd., 2018).

Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi (IRI), üstyapı performansının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Karayolu bölümleri için

bakım gereksinimlerini tespit etmek için devlet ulaştırma kurumları tarafından uluslararası düzeyde kullanılan kritik bir göstergedir. Bununla birlikte, IRI'nın belirlenmesi, özellikle bir yol kesitinin IRI değerinin sadece tek bir test çalışmasına dayanarak belirlendiği ağ değerlendirmeleri için ölçüm değişkenliğine karşı duyarlı olduğu belirtilmektedir (Abdelaziz vd., 2018; Zhang ve Wang, 2018; Qian vd., 2018; Chong vd., 2018; Simpson vd., 2018; Jia vd., 2018).

Qian vd. (2018), çalışmalarının amacı, üstyapı yönetimi için bakım ve rehabilitasyon sonrası üstyapı performansı tahmini için Uluslararası Pürüzlülük Endeksi' nin (IRI) etkileyen parametreleri arştırmaktır. alışmalarında, ABD Uzun Dönem Üstyapı Performansı (LTPP) veritabanından alınan bilgilere dayanarak, sathi kaplamaların, ince sıcak karışım asfalt kaplama için iki parametrelili üstel bir uluslararası pürüzlülük endeksi (IRI) regresyon modeli geliştirilmiştir. Model, IRI bozulma tamamlama ve IRI bozulma eğrisinin şekil faktörü olarak ilk IRI'yi temsil eden α parametresi ve β parametrelerini etkilediği belirtilmiştir. Sonuçlar, yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık bölgelerinde IRI bozulma eğilimlerinin farklı olduğunu belirtmişlerdir. Bunun nedeni β 'nın, yüksek ve orta sıcaklık bölgesinde yapısal mukavemet ve eşdeğer tek dingil yüklerinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, β 'nın esas olarak düşük sıcaklık bölgesinde ortalama yıllık yağıştan etkilendiğini belirtmişlerdir.

Romano vd., (2018), New York şehri Ulaştırma Bakanlığı (NYCDOT) tarafından desteklenen, şehrin beş ilçesindeki üstyapı bozulmasının tahmin edilmesi için coğrafi ağırlıklı regresyon (GWR) modelini kullandıkları çalışmalarında, üstyapı bozulmasını kullandıkları model ile 0.802 düzeltilmiş R^2 değeri ile tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda, gelecekte karar vericilere sınırlı bütçeleri stratejik olarak öncelikli bölgelere ayırmada yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Bilgisayar programlarının gelişimi ile sağlanan görselliğin ÜYS'de de kullanılma isteği, bu alanda Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımını beraberinde getirmiştir. CBS'nin planlamada kullanımı 1990'larda kaynaklarda görölmeye

başlamıştır. Aynı tarihlerde bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve masaüstü bilgisayar sistemlerinin yaygınlaşması, CBS teknolojisinde de önemli miktarda gelişmeler olmasında etkin rol oynamıştır. CBS, program, donanım, yardımcı araçlar ve kullanıcılardan oluşur. CBS, coğrafi olarak referansı olan mekânsal veriyi, doğal ve yapay çevre içinde yer kaplayan sabit ve dinamik varlıkların yerlerini, konumlarını, mekânsal etkileşimlerini ve coğrafi ilişkilerini belirleyerek bu verileri bilgiye çevirir. Bu sistemin getirdiği pek çok kolaylık bulunmaktadır ve bunlar mekâna, haritaya bağlı çalışan çoğu branşta kullanılmaktadır. CBS'nin kullandığı metodoloji, görüntülemek, çözümlemek ve çeşitli kontrol noktalarından anında alınan veriyi grafik diliyle sunmaktır. CBS ile karayolu ağı bilgisayar ekranında görüntülenebilmekte, veri tabanı çözümlenebilmekte ve sonuçlar raporlanabilmektedir (Terzi, 2004).

Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS), altyapı ve kaynak yönetimi, tehlikelerin azaltılması, ulaşım planlaması gibi ulaşım ile ilgili geniş bir alanda kullanılmaya başlanmasından bu yana mekansal verilerin kalitesiyle ilgili kaygılar artmıştır (Flintsch vd., 2004). Kritik kararlar çoğunlukla uygulamalardan elde edilen bilgilere dayanmaktadır (Zografos ve Androustopoulos, 2008; López ve Monzón, 2010; Zhou vd., 2010). Uygulamaların sürdürülmesi ve güncellenmesi için, veri toplama yöntemleri genellikle, yollar boyunca mekânsal ve mekansal olmayan verileri toplamak için uygun maliyetli ve etkili bir araç sağlayan Küresel Konumlandırma Sistemi'ni (GPS) içerir. Bu yöntemlerden biri, Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi (DGPS) alıcıları ve çok sayıda sensörle donatılmış veri toplama araçlarını içermektedir (Li, 1997; Taylor vd., 2006; Vonderohe vd, 2002). GPS ve GIS entegrasyonu, karayolları boyunca ulaştırma verilerinin toplanması için kalite problemlerinin ve geleneksel yöntemlerin yükünün çözülmesi yoluyla ulaşım verilerini yönetme ve analiz etme yeteneğini arttırmaktadır (GSDI, 2009; Murakami ve Wagner, 1999; Sun ve vd., 2007; Taylor vd., 2000; Wolshon ve Hatipkarasulu, 2000).

Bununla birlikte, uygulamaların güvenilirliği hem GPS noktalarından hem de karayolu merkez hattı haritalarından gelen konumsal belirsizliklerin farklı büyüklükleri tarafından azaltılmaktadır (Czerniak ve Genrich, 2002; Hallmark

vd., 2003; Noronha vd., 2000). Uzamsal verilerdeki konumsal belirsizlikleri çözmek için çok sayıda harita eşleştirme algoritması kullanıldığı belirtilmektedir (Blazquez ve Vonderohe, 2005; Blazquez ve Vonderohe, 2009; Quddus vd., 2007; Quddus vd., 2003; Velaga vd., 2009; Hong ve Vonderohe, 2011). Karayolu merkez hattı haritalarının mekânsal veri kalitesini yükseltilmiştir. Hat uzamları ve poligon alanları gibi türev ürünlerdeki belirsizlikleri tahmin etmek için karmaşık bir matematiksel ve uzamsal süreç gerektirmektedir. Özellikle mekansal işlemler farklı tiplerdeki uzamsal verileri içeren doğrusal olmayan form denklemlerine sahip olduğunda gerekmektedir (Chrisman ve Yandell, 1988; Zhang ve Goodchild, 2002; Rashedi vd., 2018).

CBS, esas itibariyle coğrafik koordinatları da içeren bir veri tabanı olup, görsel olarak analize olanak tanımaktadır. Özellikle ulaştırma mühendisliğinde yaygın olarak dünyada ve ülkemizde diğer alanlara göre, daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

Alexakis vd., (2014) yaptıkları çalışmada, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (GIS) teknikleri kullanılarak, Kıbrıs'ın kırsal yol ağındaki heyelanların ulaşım üstyapıları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bir karayolu ağının izlenmesi için risk değerlendirmesi, toprak kaymalarının meydana gelme olasılığının birleşimine ve felaketler (toprak kaymaları) meydana geldiğinde ortaya çıkan sonuçların kapsamı ve şiddetine bağlı olduğu belirtilmiştir. Heyelan ataklarını tetikleyebilen faktörler arasında aktif faylara yakınlık, jeolojik formasyonlar, kırılma bölgeleri, eğim derecesi ve yüksek eğrilikleri, su koşulları, vb. etkilediğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, kırsal bir ağın güvenilirliği ve savunmasızlığı incelemişlerdir. Başlangıçta, uydu görüntülerinin yorumlanmasından heyelan yerleri belirlenmiştir. Bir karar desteği ve sürekli heyelan takibi geliştirmek amacıyla, CBS ortamında uydu görüntüsünden alınan alan, boy, eğim, havzaya uzaklık, litoloji, lineasyonlara uzaklık, topografik eğrilik, arazi kullanımı ve bitki örtüsü rejimi gibi farklı jeomorfolojik faktörler seçilerek araştırılmıştır. Bu parametreler daha sonra analitik hiyerarşi süreç yöntemine dayanan son heyelan tehlike değerlendirme modelinde kullanılmıştır. Sonuçlar, sınıflandırılmış yüksek tehlike alanları ile alan-

doğrulanmış eğitim hataları arasında iyi bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. CA Markov modeli de 2020 için toprak kayması zonlanma haritasının tahmininde ve ulaşım yollarının gelecekteki muhtemel tehlikeleri için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Young ve Park (2014), yaptıkları çalışmada, GIS tabanlı post-ağ tarama analizi ile Hotzone tanımlama üzerinde çalışmış, HSM metodolojisine ilginç bir alternatif göstermişlerdir. Aynı zamanda kritik yol bağlantılarının hizmet süresinin genişliğini göz önünde bulundurarak yol ağının savunmasızlığını ölçmek için de kullanılabileceğini belirtmiştir.

Karan vd. (2015), BIM sistemleri, geometride maksimum detay seviyesine sahip nesneler geliştirmeye odaklanırken, ağırlıklı olarak iç ortamlarda yoğunlaşırken, fiziksel dış ortamda zaten var olan nesneleri en soyut şekilde analiz etmek için CBS uygulamalarının kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Woldesenbet vd. (2015), yaptıkları çalışmada, karayolu ağı içerisindeki yolların üstyapı verilerini toplama ve arşivlemedeki zorluğunu araştırmışlardır. Veri toplama ve arşivleme çabalarına yapılan büyük yatırımlara rağmen, veri havuzlarından elde edilen bilgi ve bilgi miktarı, minimum düzeyde ve bilinçli karar vermeyi daha az desteklediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, hem uygulayıcılar hem de araştırmacılar, karayolu altyapı planlaması için kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamada veri programlarının verimliliğini araştırmışlardır. Otoyol bakım, rehabilitasyon, trafik kontrolü, otoyol izleme ve projelerin önceliklendirilmesi ile ilgili kararları desteklemek için otoyol verilerini uygun biçimlerde düzenlemenin CBS sistemleri ile daha güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmek için kullanılabileceğini yaptıkları çalışma sonuçları ile desteklemişlerdir.

Rydholm vd., (2015), yaptıkları çalışmada, Washington Eyaleti Ulaştırma Bakanlığı (WSDOT), üstyapı koşulu verileri, trafik verileri, üstyapı koruma planlama verileri ve sermaye projesi planlama verilerini kullanan entegre bir

veritabanı oluşturmışlardır. Bu, koruma ve iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi için kullanılmıştır. Bakım verileri, devlet karayolu tesislerindeki rutin denetimleri ve onarımları belirlemek için üstyapı durum verileriyle de kaynaştırılmıştır.

Balzamit vd. (2017), yaptıkları çalışmanın amacı, yollar ve park ağı için bir Üstyapı Bakım Yönetim Sistemi (PMMS) geliştirmeyi amaçlamışlardır. Ürdün ve diğer ülkelerdeki yollar için kullanılan önceki PMMS projelerinde kapsamlı bir inceleme yapmışlardır. Bu araştırma, yol üstyapı ve mühendislik özellikleri için kapsamlı ve entegre bir veritabanı ve GIS tabanlı harita katmanları oluşturmak için kullanılan PAVER sistemi yazılımı üzerinde durulmuştur. Ürdün'deki pek çok araştırma, yol ağlarının M & R nedenlerini ve prosedürlerini tartışsa da hala sistematik strateji ve tahmin prosedürünün eksikliği olduğunu belirlemiştir. Araştırma sonucunda, mevcut ağlar için Bakım ve Rehabilitasyon (M & R) sürecinin kontrolü için CBS ile bütünleşik olarak kullanılması halinde, sistematik bir yöntemin sağlanmasına katkıda bulunacağı belirtmişlerdir.

Alrashidan ve Machemehl (2017), kentsel gelişim faaliyetleri ile bağlantılı kamyon geçiş güzergahının üstyapı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kamyon geçiş güzergahı, yeni tesislerin tipi, büyüklüğü ve tipik (inşaat ve üretim) proje zaman çizelgeleriyle tahmin etmişlerdir. Çalışma ile CBS tabanlı yol ağı yapısındaki araç ve üretim ESAL'lerini hesaplamak için kamyon geçiş güzergahının en kısa olanını bulmak için geliştirilmiştir. Üstyapı durumunun PSI ve ESAL değeri arasındaki oran ile yol bakım önceliği endeks değerleri hesaplamıştır. CBS ortamında bakım önceliği olan yol ağının tematik haritaları üretilmiştir.

Li (2018), doktora tez çalışmasında olağandışı ağır kamyon yüklerine bağlı olarak üstyapı bozulması için CBS tabanlı erken uyarı amaçlı model geliştirmiştir. Yol ağı verileri CBS veri tabanına aktarmıştır. Python Toolbox ve online ArcGIS add-in'i kullanarak analiz sürecini otomatikleştiren CBS tabanlı bir model geliştirmiştir. Bu çalışma, karar vericilerin ESAL değerleri, mevcut

üstyapı durumları açısından ve üstyapı bakım önceliğini anlamalarına yardımcı olacak haritaların üretilebileceği belirtilmiştir.

Torres-Machi vd. (2018), Şili'nin Başkenti Santiago şehrindeki 3 belediyenin 810 km uzunluğa sahip üstyapı yol ağında yaptıkları çalışmada, bir ağın Yaşam Döngüsü-Değerlendirmesinde teknik, ekonomik, çevresel, sosyal ve politik unsurları bütünleştirerek ulaştırma varlıklarının sürdürülebilir yönetimi için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Metodoloji, bu yönleri bir yönetim sisteminde dikkate alınan çeşitli bileşenler ve süreçlere entegre eden bir çerçeve önermektedir. Resmi hale getirilmiş değişkenlerin coğrafi referanslarına dayanan sosyo-politik analizi yürütmek için ana platform olarak bir Coğrafi Bilgi Sistemini içermektedir. Çalışma sonuçları, Coğrafi Bilgi Sistemi tarafından desteklenen bir üstyapı yönetim sisteminde, çeşitli niteliklerine rağmen, sürdürülebilir yönleri entegre etmenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Nodrat ve Kang (2018), Afganistan'da bütçe açıkları, profesyonel uzmanların eksikliği ve yol bakım sektöründe ileri teknoloji eksikliği gibi sorunları çözmek için yol yönetimi ve bakımı için üstyapı yönetim sistemi ve coğrafi bilgi sistemi yardımıyla yaptıkları çalışmada, belirlenen kriterlere dayalı olarak yol bakım ve rehabilitasyon faaliyetlerine öncelik vermek için, CBS platformu ve VB.net'i kullanmıştır. Çalışma ile belirlenen kriterlerin olumlu sonuçları çalışma ile ortaya koymuşlardır. Bakım öncelik haritası oluşturmak için Coğrafi Bilgi Sistemleri ile tematik haritaları üretilerek görseleştirilmiştir. Bu çalışma sonunda karar vericilerin gelecek planlama için fonları etkili ve verimli bir şekilde yol bakım gereksinimlerini planlamada yardımcı olacağını ortaya koymuşlardır.

Torres-Machi vd. (2018), yaptıkları çalışmada, bir ağın Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinde teknik, ekonomik, çevresel, sosyal ve politik unsurları bütünleştirerek ulaştırma varlıklarının sürdürülebilir yönetimi için bir metodoloji ortaya koymayı amaçlamışlardır. Geliştirdikleri metodoloji, bu yönleri bir yönetim sisteminde dikkate alınan çeşitli bileşenler ve süreçlere

entegre eden bir çerçeve belirtilmiştir. Resmi hale getirilmiş değişkenlerin coğrafi referanslarına dayanan sosyo-politik analizi yürütmek için ana platform olarak bir Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılmıştır. Geliştirdikleri metodoloji ile ulaşım ağının sürdürülebilirliği hakkında karar verici kurumların kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, CBS'nin ulaşım ağları için kolay bir araç olarak sürdürülebilir unsurların entegrasyonunu sağladığını belirtmişlerdir.

Üstyapı yönetiminde karar aşamasında sadece üstyapıya ait coğrafi verilerin elde olmasının yeterli olmayacağı önemli olanın elde edilmiş olan coğrafi veriler ile diğer parametrelerin birleştirilmesi sonucu yararlı bilgilerin elde edilmesi olduğu literatür çalışmalarında vurgulanmıştır. İşte bu noktada CBS'nin karar alma sürecinde daha sağlıklı sonuçların alınmasına büyük katkıda bulunacağını taranan çalışmalarda belirtmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışmaları kapsamında Çelikli (2018) tarafından kullanılan kırsal yollar ve bu yollara bağlı ortaya koyduğu IRI tahmin denklemi kullanılacaktır. Bu yollar Isparta İli, Merkez, Gönen ve Keçiborlu İlçelerindeki köy yolları (Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5) olup yolların envanter bilgileri, bölgeye ait kullanılan iklim verileri, yolu kullanan trafik miktarı ve son olarak yolun IRI ölçümleri bu başlık altında verilmiştir. Yollar hakkında detaylı bilgi için Çelikli (2018) tarafından hazırlanan tez incelenebilir.

3.1.1. Envanter Bilgileri

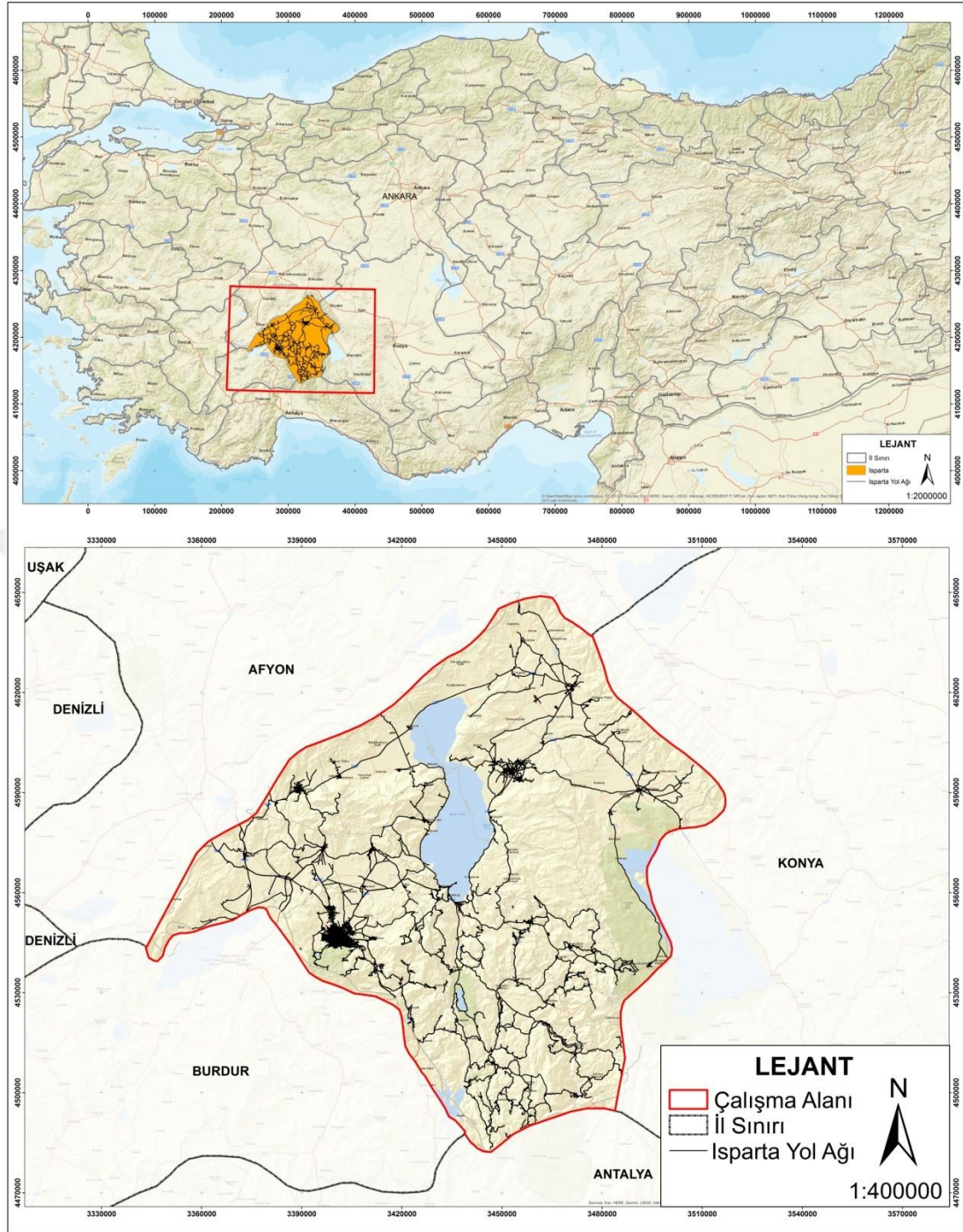
Kırsal yollarda kullanılan bağlayıcı malzeme olarak 160/220 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Ayrıca yolun iç ve dış kenarlarında ayrışma olmaması ve su yalıtımı amacıyla ~50 cm astar malzeme serilmiştir. Bu amaçla kullanılan bitümlü bağlayıcı ise FM2 B2'dir. Tüm yolların inşasında agrega olarak kireçtaşı kullanılmış olup elek açıklıkları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Yolların yapım tarihleri, takviye tabaka sayısı, yolların geometrik durumları ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yolların gradasyon elek açıklıkları

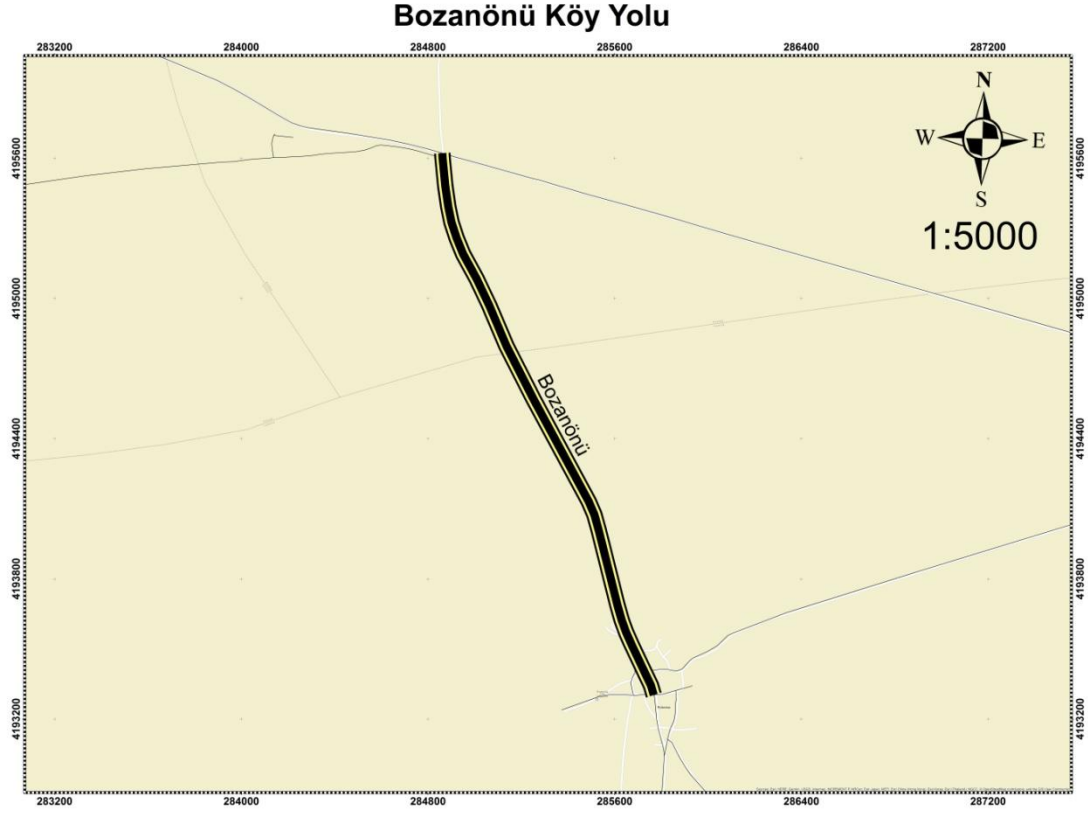
Yolun Tanımı	Agrega Gradasyonu (mm)
Dy. İlt. Bozanönünü	13-18
Dy. İlt-Senirce	18-25
Dy. İlt-Güneykent	13-18
Dy. İlt-Aydoğmuş	13-18

Çizelge 3.2. Kırsal yolların envanter bilgileri (Çelikli, 2018)

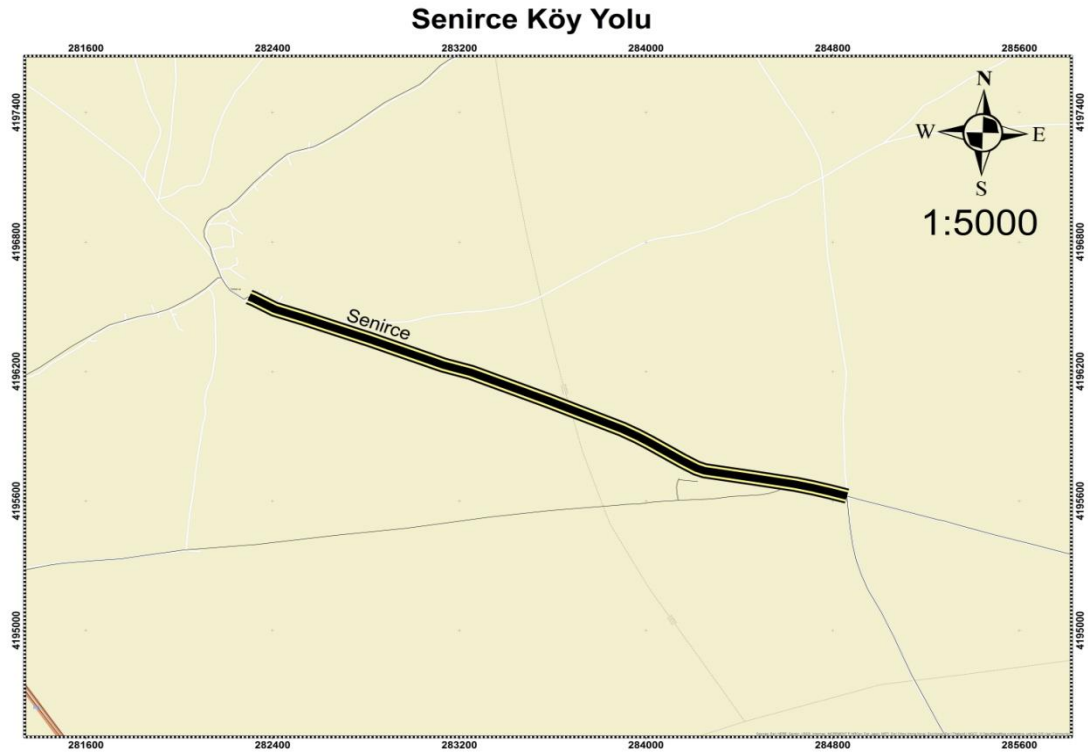
Yolun Tanımı	Yol Yapım Tarihi	Takviye Tabaka Sayısı	Genişlik (m)	Uzunluk (m)	Çalışma Yapılan Uzunluk (m)
Dy. İlt. Bozanönünü	03.08.2015	3	6	9000	2500
Dy. İlt-Senirce	04.08.2015	1	6	3000	2700
Dy. İlt-Güneykent	22.08.2015	4	7	12000	12000



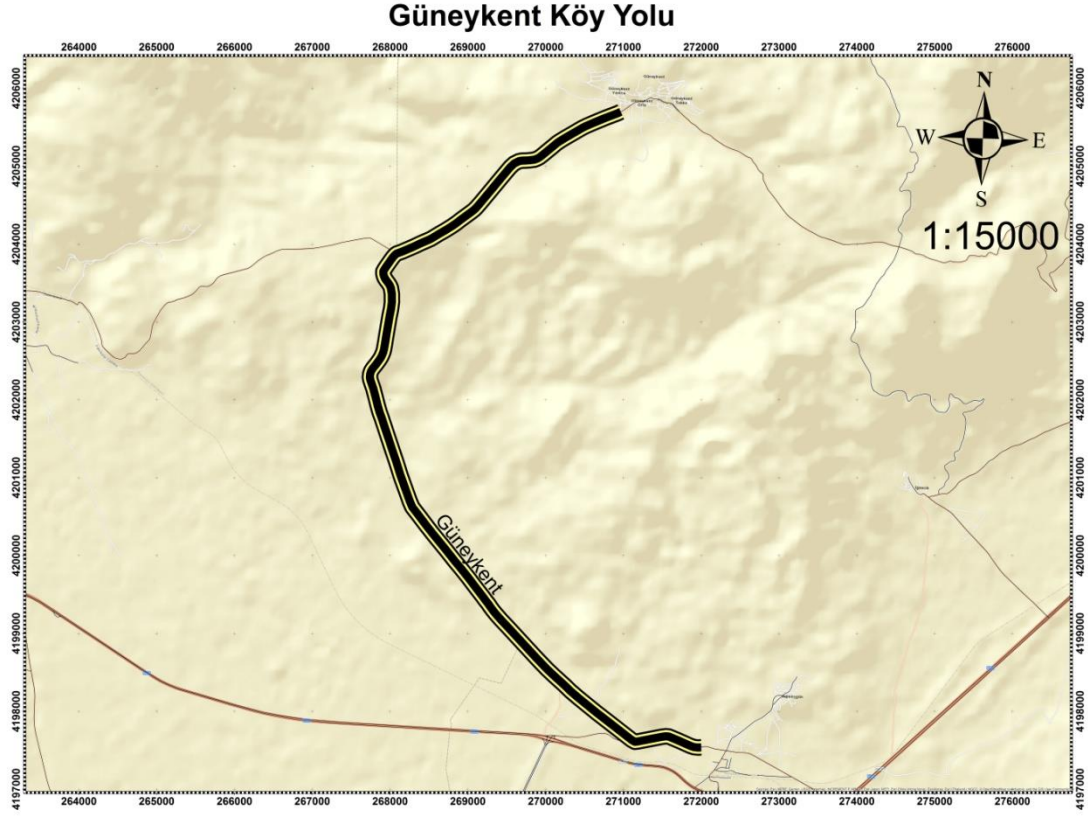
Şekil 3.1. Çalışma Alanı Yol Ağı Haritası



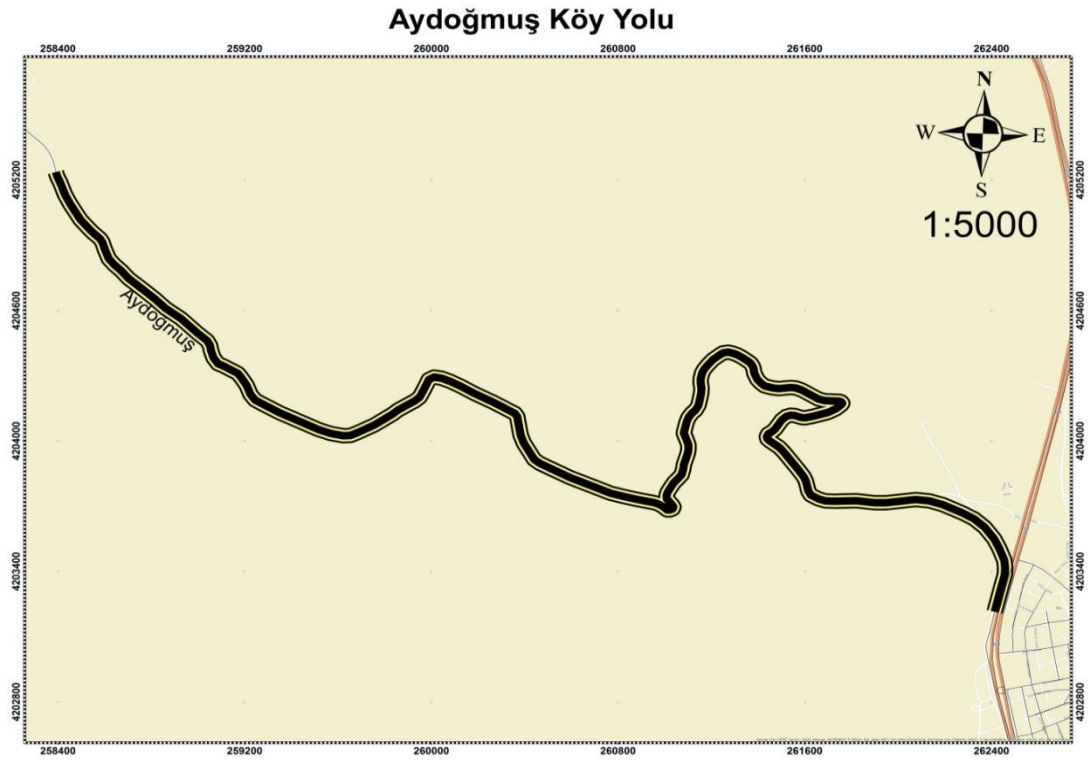
Şekil 3.2. Bozanönü köy yolu kesimi



Şekil 3.3. Senirce köy yolu kesimi



Şekil 3.4. Güneykent köy yolu kesimi



Şekil 3.5. Aydoğmuş köy yolu kesimi

3.1.2. Bölgeye ait iklim verileri

Kırsal yolların bulunduğu bölgelerin iklim değerleri yıllık olarak Çizelge 3.3'de verilmiştir. İklim verileri 2015 – 2017 yılları arası olmak üzere 3 yıllık olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. İklim verileri yağış, sıcaklık, kar, nispi nem ve donma çözünme sayısı olarak incelenmiştir (Çelikli, 2018). Kar değerleri sadece merkezi olarak mevcuttur.

Çizelge 3.3. Bölgelere ait iklim verileri

İklim	İlçe	Yıl		
		2015	2016	2017
Yağış (mm=kg/m ²)	Merkez	548	521,3	467,8
	Gönen	458,6	494	386,4
	Keçiborlu	555,1	501,2	487,5
Ort. Sıcaklık (°C)	Merkez	13,4	13,1	12,5
	Gönen	12,3	12,6	12,3
	Keçiborlu	13,1	13,6	13
Kar (cm)	Merkez	64	53	236
	Gönen	-	-	-
	Keçiborlu	-	-	-
Nispi Nem (%)	Merkez	62,7	59,2	62
	Gönen	64,8	61,2	65,7
	Keçiborlu	54,4	55,2	61,5
Donma Çözünme Sayısı	Merkez	145	147	146
	Gönen	183	165	172
	Keçiborlu	101	103	92

3.1.3. Kırsal yolları kullanan YOGT değerleri ve IRI verileri

Üstyapı üzerinde meydana gelen trafik yükünün belirlenmesi güzergah üzerinde alınması gereken kararlarda kurumlara yardımcı olan en önemli parametredir. Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) sanal bir trafiktir. Yaz mevsiminde trafik daha fazla kış mevsiminde daha azdır. Yılın aylarına göre trafik değişim göstermektedir. Aynı şekilde haftanın günlerine göre de trafikler değişim göstermektedir. Yıllık Ortalama Günlük Trafik, bütün bu değişimler dikkate alınarak hesaplanan ortalama tahmini bir değerdir (KGM, 2018).

IRI, tüm dünyada geçerli objektif bir düzgünsüzlük ölçütü olarak Dünya Bankası tarafından 1986 yılında oluşturulmuştur (Sayers vd., 1986). Değeri, standart bir taşıtın yol yüzeyindeki düzgünsüzlüklere karşı verdiği tepki ile oluşan süspansiyon hareketinin toplamının (mm, inç vb.) filtrelenmiş oranının ölçüm sırasında taşıtın kat ettiği yol miktarına (km, mil vb.) oranlanmasıyla belirlenmektedir. Taşıtın süspansiyonunun tepki özellikleri, çeyrek taşıt benzetim modeli olarak bilinen bir dinamik model yardımıyla hesaplanmaktadır (Sayers vd., 1986; Kırbaş, 2018). Düzgünsüzlük indeksi köy yollarına ait sınır bir değere sahip olmasa da ihale ile yapılan üstyapı çalışmalarında, işin teslim alınmasında üstyapıdan elde edilen IRI değeri ile belirlenmektedir.

Literatürde belirtildiği üzere, çalışma alanındaki sathi kaplamalı köy yollarının YOGT ve IRI değerleri uygun şekilde yapılmış verilerden temin edilmiştir.

3.1.3.1. Bozanönü Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri

Isparta İli Merkez İlçeye bağlı 002 kontrol kesim numaralı (KKN) Dy. İlt. Bozanönü tanımlı münferit köy yoludur. Güzergah uzunluğu 9000 m olup 2500 m' sinden elde edilen veriler verilmiştir. Çizelge 3.4' de Bozanönü köy güzergahında 2015, 2016 ve 2017 yıllarında trafik sayımları verilmiştir. Yine bu güzergah üzerinde yapılan IRI ölçüm değerlerinin ölçüm noktaları boyunca elde edilen ortalama veriler Çizelge 3.5'de verilmiştir (Çelikli, 2018).

3.1.3.2. Senirce Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri

Isparta İli Gönen İlçeye bağlı 003KKN'li Dy. İlt.-Senirce tanımlı münferit köy yoludur. Güzergahın uzunluğu 3000 m olup 2700 m'sinden elde edilen veriler verilmiştir. Çizelge 3.5' de Senirce köy yolu 2015, 2016 ve 2017 yıllarında trafik sayımları verilmiştir. Yine bu güzergah üzerinde yapılan IRI ölçüm değerlerinin ölçüm noktaları boyunca elde edilen ortalama veriler Çizelge 3.6'de verilmiştir (Çelikli, 2018).

Çizelge 3.4. Bozanönü güzergahı 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları (Çelikli, 2018)

Sayım Yılı	Otomobil	Kamyon	Otobüs	YOGT	%Artış
2015	90	6	4	100	-
2016	108	13	4	125	25.0
2017	114	15	4	133	6.4

Çizelge 3.5. Bozanönü köy yolu IRI verileri (Çelikli, 2018)

Yol (m)	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6	MB7	MB8	MB9	MB10	MB11
IRI _{ort} (m/km)	4.86	4.51	4.26	5.09	6.59	8.31	8.34	8.45	8.68	8.92	9.03

Çizelge 3.6. Senirce güzergahı 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları (Çelikli, 2018)

Sayım Yılı	Otomobil	Kamyon	Otobüs	YOGT	%Artış
2015	15	3	4	22	
2016	19	5	4	28	27.3
2017	24	3	4	31	10.7

Çizelge 3.7. Senirce köy yolu IRI verileri (Çelikli, 2018)

YOL (m)	GS1	GS2	GS3	GS4	GS5	GS6	GS7	GS8	GS9	GS10	GS11
IRI _{ort} (m/km)	4.85	4.67	4.33	4.71	4.80	4.86	4.91	4.96	5.14	5.31	5.65

3.1.3.3. Güneykent Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri

Isparta İli Gönen İlçeye bağlı 011KKN' liDy. İlt.-Güneykent tanımlı münferit köy yoludur. Güzergahın uzunluğu 12000 m olup 12000 m' sinden elde edilen veriler verilmiştir. Çizelge 3.7'de Güneykent köy yolu 2015, 2016 ve 2017 yıllarında trafik sayımları verilmiştir. Yine bu güzergah üzerinde yapılan IRI ölçüm değerlerinin ölçüm noktaları boyunca elde edilen ortalama veriler Çizelge 3.8'de verilmiştir (Çelikli, 2018).

Çizelge 3.8. Güneykent yolu 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları (Çelikli, 2018)

Sayım Yılı	Otomobil	Kamyon	Otobüs	YOGT	%Artış
2015	120	12	9	141	
2016	150	15	9	174	23.4
2017	195	18	9	222	27.6

Çizelge 3.9. Güneykent köy yolu IRI verileri (Çelikli, 2018)

YOL (m)	GG1	GG2	GG3	GG4	GG5	GG6	GG7	GG8	GG9	GG10	GG11
IRI ort (m/km)	4.43	4.41	4.16	4.25	4.69	4.82	4.93	4.97	5.05	5.26	6.89

3.1.3.4. Aydoğmuş Köy Yolu YOGT ve IRI Değerleri

Isparta İli, Keçiborlu İlçesine bağlı 018-2KKN' liDy. İlt.-Aydoğmuş tanımlı ikinci derece münferit köy yoludur. Güzergah uzunluğu 9000 m olup 6900 m' sinden elde edilen veriler verilmiştir. Çizelge 3.9' da Aydoğmuş yolu 2015, 2016 ve 2017 yıllarında trafik sayımları verilmiştir. Yine bu güzergah üzerinde yapılan IRI ölçüm değerlerinin ölçüm noktaları boyunca elde edilen ortalama veriler Çizelge 3.10'da verilmiştir (Çelikli, 2018).

Çizelge 3.10. Aydoğmuş yolu 2015, 2016 ve 2017 yılı trafik sayımları (Çelikli, 2018)

Sayım Yılı	Otomobil	Kamyon	Otobüs	YOGT	%Artış
2015	27	3	2	32	
2016	47	4	2	53	65.6
2017	69	6	2	77	45.3

Çizelge 3.11. Aydoğmuş köy yolu IRI verileri (Çelikli, 2018)

YOL (m)	KA1	KA2	KA3	KA4	KA5	KA6	KA7	KA8	KA9	KA10	KA11
IRI ort (m/km)	6.42	6.14	5.21	5.79	5.96	6.17	6.25	6.34	6.47	6.64	6.93

3.1.4. IRI tahmin modelleri

Çelikli (2018) tarafından ortaya koyulan ve Isparta bölgesi kırsal yollarının IRI tahmininde kullanılabileceği savunulan fonksiyonlar Bozanönü Köy Yolu için Denklem 3.1 ile, Senirce Köy Yolu için Denklem 3.2 ile, Güneykent Köy Yolu için Denklem 3.3 ile ve Aydoğmuş Köy Yolu için Denklem 3.4 ile gösterilmiştir. Bu fonksiyonların kullanılması ile elde edilecek tahminlerin yüksek başarı göstermesi beklenmektedir.

$$IRI = \left[\begin{array}{l} 14,061 + (Kümülatif \text{ gün} * 4,720) - (Yağış * 0,025) \\ -(Ort. Sıcaklık * 0,418) - (Donma - Çözülme * 0,002) \\ -(Kar * 0,027) - (NispiNem * 0,107) - (Otomobil * 0,095) \\ +(Kamyon * 0,260) + (Otobüs * 0,625) \end{array} \right] \quad (3.1)$$

$$IRI = \left[\begin{array}{l} 7,561 + (Kümülatif \text{ gün} * 0,660) + (Yağış * 0,000) \\ -(Ort. Sıcaklık * 0,005) + (Donma - Çözülme * 0,005) \\ -(Kar * 0,006) + (NispiNem * 0,002) + (Otomobil * 0,003) \\ +(Kamyon * 0,007) - (Otobüs * 0,625) \end{array} \right] \quad (3.2)$$

$$IRI = \left[\begin{array}{l} 9,759 + (Kümülatif \text{ gün} * 3,149) + (Yağış * 0,007) \\ +(Ort. Sıcaklık * 0,017) + (Donma - Çözülme * 0,037) \\ -(Kar * 0,023) - (NispiNem * 0,022) - (Otomobil * 0,001) \\ +(Kamyon * 0,027) - (Otobüs * 0,371) \end{array} \right] \quad (3.3)$$

$$IRI = \left[\begin{array}{l} 11,957 + (Kümülatif \text{ gün} * 2,803) - (Yağış * 0,014) \\ -(Ort. Sıcaklık * 0,091) + (Donma - Çözülme * 0,006) \\ -(Kar * 0,011) - (NispiNem * 0,080) + (Otomobil * 0,014) \\ -(Kamyon * 0,181) - (Otobüs * 1,248) \end{array} \right] \quad (3.4)$$

3.2. Yöntem

3.2.1. Coğrafi bilgi sistemi uygulamaları

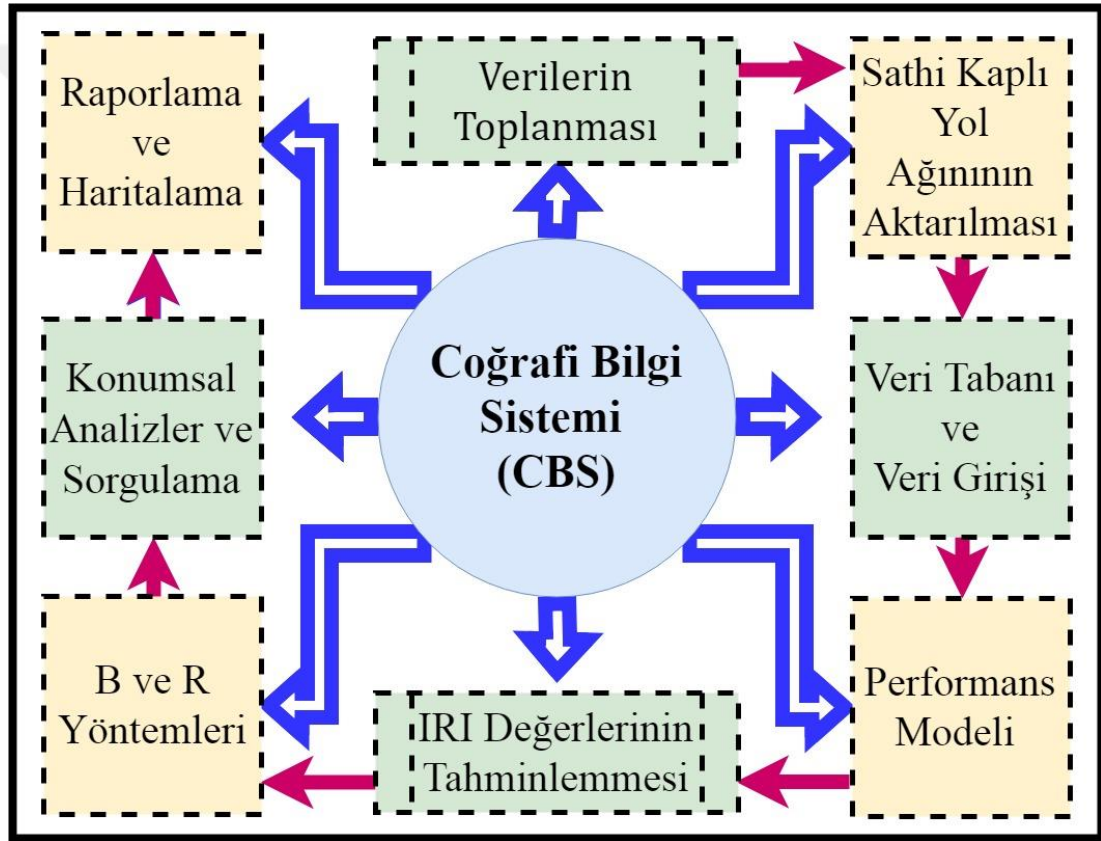
Coğrafi bilgi sistemleri, coğrafi bilgilerin yakalanması, depolanması, manipülasyonu, gösterimi ve analizi için bilgisayar tabanlı sistemlerdir. GIS'in

sağladığı çoklu işlevsellik onu eski teknolojilerden ayırmaktadır. Çoklu işlevselliklerin oldukça sorunsuz bir ortamda birleştirilmesi, kullanıcıların farklı ve özel teknolojilerden oluşan bir koleksiyonda ustalaşmasına imkan sağlamaktadır. Kuruluşlar tarafından yaygın olarak kullanılmasında, CBS teknolojisinin verimlilik ve yararları nedeniyle belirleyici kriterlerden biri olarak görülmektedir. Başarılı bir GIS uygulaması yalnızca bilgi teknolojilerinin kendisini değil, personel ve CBS becerileri, çalıştıkları organizasyon yapısı ve bilgi akışının yönetimini yöneten kurumsal ilişkiler gibi diğer unsurları da içermektedir. Bu öğelerin hepsinin etkileşimli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. GIS, çeşitli veri, sistem ve teknolojilerin entegrasyonu için bir platform görevi görmektedir. CBS'deki hızlı değişimlerin ve ilgili bilgi teknolojisinin doğası gereği, iyi geliştirilmiş bir GIS uygulama planı esastır (Acar, 2002; Terzi 2004; Morova, 2013).

Coğrafi bilgi sistemleri, karayolları, demiryolları ve diğer ulaşım altyapılarında kullanılmaktadır. Ayrıca diğer lineer özellikler gibi ulaşım hatları, akarsu, köprü, dinlenme tesisleri vb. verilerin birleştirilmesi ve betimlenmesine yaygın bir kullanıma sahiptir (Maquire vd., 1991).

Ulaştırma verileri tipik olarak çeşitli kurumlar ve özel veri sağlayıcılar tarafından muhafaza edilmektedir. Her veri kaynağının kendi veri modeli olabilir ve farklı veri yakalama teknikleri ve standartları nedeniyle, doğruluk veri kümeleri arasında oldukça heterojen olabilmektedir. Veri modellerinin çeşitliliği ve bu sorunu aşmak için mevcut yaklaşımlar belirtilmektedir. Veri konumundaki hatalar, topoloji, sınıflandırma, birleştirme, isimlendirme ve nitelendirme, doğrusal ölçüm, çeşitli kaynakların verilerinin birleşik bir hale gelmesinde sorunlar oluşturmaktadır. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemlerinde üretilmesi gereken her bilgi konumsal hatalarının giderilmeli ve verilerin standart şekilde toplanması kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Ülkemizde çeşitli şekillerde ve alanlarda coğrafi bilgi sistemleri kullanılmaktadır. Her geçen günde kullanım alanı genişlemektedir.

Coğrafi bilgi sistemleri veritabanı üzerinde verilerin saklanması ve güncellenmesi hızlanmaktadır. Elde edilen verilerin veri tabanlarına girilerek konumsal bilgiler üretmek mümkün olmaktadır (Terzi, 2004; Morova, 2013). Ayrıca ülkemizde YOGT değeri düşük yollar için kullanılan sathi kaplı yollara ait verilerinde derlenip birleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında sathi kaplı yollara ait verilerin tek bir veri tabanında birleştirilerek, gelecek yıllara ait bozulmalarının tahminlenmesi ve B ve R durumlarının en etkin şekilde dağılımı yapılması amaçlanmıştır. Şekil 3.6'da CBS ortamında yapılan yöntem akış şeması verilmiştir.



Şekil 3.6. Yöntem Akış Şeması

Coğrafi bilgi sistemleri ortamında (ArcGIS 10.2) WGS 84 ve UTM 36N zonunda veriler konumlanmıştır. Elde edilen veriler veri tabanına belirtilen coğrafi koordinat sistemi şeklinde depolanmıştır. Veri tabanı üzerindeki sathi kaplı yollara ait verilerden performans tahmin denklemi ile sathi kaplı yol ağında meydana gelecek IRI değerleri tahminlenmiştir. Elde edilen IRI değerlerine göre

uygulanacak B ve R yöntemleri belirlenmiştir. Kısıtlı bütçe altında sathi kaplamalı yol ağının gelecekteki bozulmalar ve önlemler noktasında çıktılar elde edilmiştir. Ayrıca çeşitli verilerin tek bir veri tabanında toplanmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Kırsal yolların yapısal durumlarını belirlemek ve fonksiyonel performansını belirlemek için de kırsal yolların üzerinde etkili olan iklim ve YOGT değerleri kullanılarak performans tahmin modelleri gerçekleştirilmiştir. Verilen bütçe kısıtları altında, performans, YOGT ve enflasyon oranı kullanılarak, toplam faydayı maksimize eden bir optimizasyon çalışması yapılarak, onarım yöntemi ataması yapılmıştır. Onarım yöntemi ve maliyetleri veri tabanına yazılarak veri tabanı güncellenmiştir. Kırsal yolların coğrafi bilgi sistemi ile bakım ve rehabilitasyonu için geleceğe yönelik performans tahminleri ve sonuç haritaları üretilmiştir.

4.1. Performans Modelleri Kullanılarak IRI Değerlerinin Tahmini

4.1.1. Sathi kaplama yollara performans modeli uygulanması

Performans göstergesi olarak seçilen IRI değerinin tahmininde Çelikli (2018) tarafından önerilen MLR modelleri kullanılmıştır. Modelde dikkate alınan bağımsız girdi verileri kırsal yollarda özellikle üstyapının hizmet ömrünü etkileyen ve servis kabiliyeti azaltan en önemli parametrelerdir.

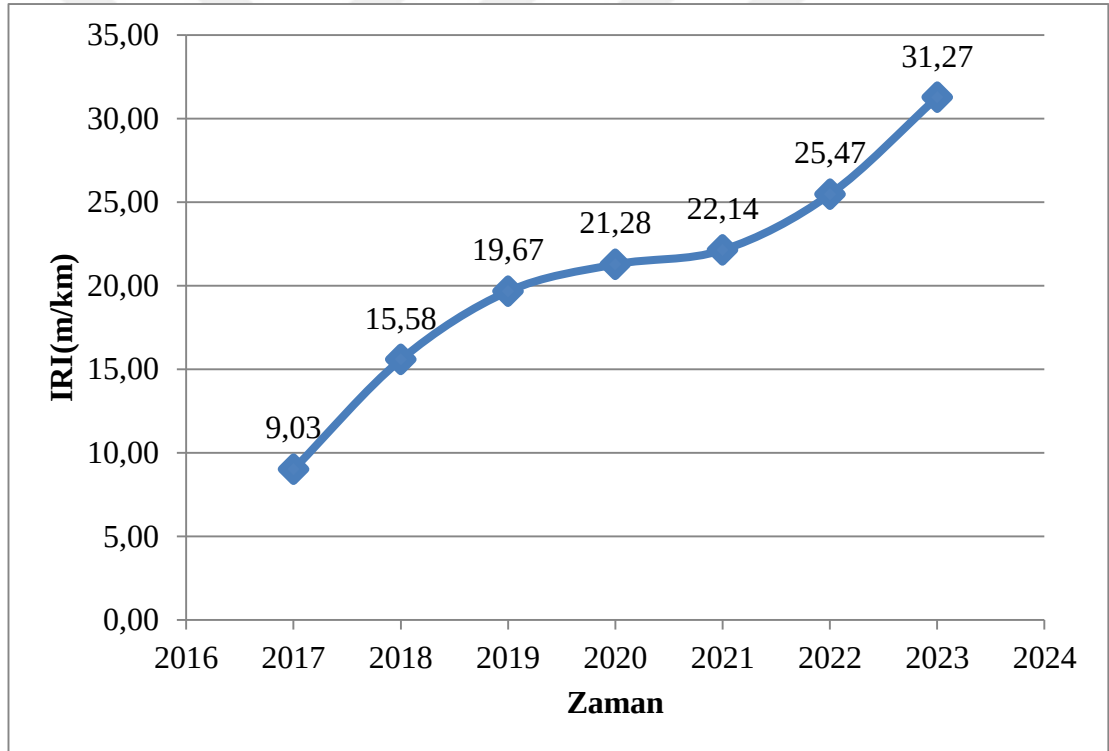
Geliştirilen modeller kullanılarak ve sathi kaplamalı yolların servis kabiliyeti üzerindeki etkili parametrelerdeki kümülatif artışlar günlük olarak değerlendirilmiştir. Her modelin geliştirildiği yol kesimine ait IRI değerleri tahminlenmiştir.

Bozanönü köy yoluna ait geliştirilen 9 girdili MLR MB modeli IRI değerleri tahminlenmesinde kullanılmıştır. 2018-2023 yıllarındaki IRI değerleri model verileri kullanılarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.1'de tahmin edilen IRI değerleri verilmiştir.

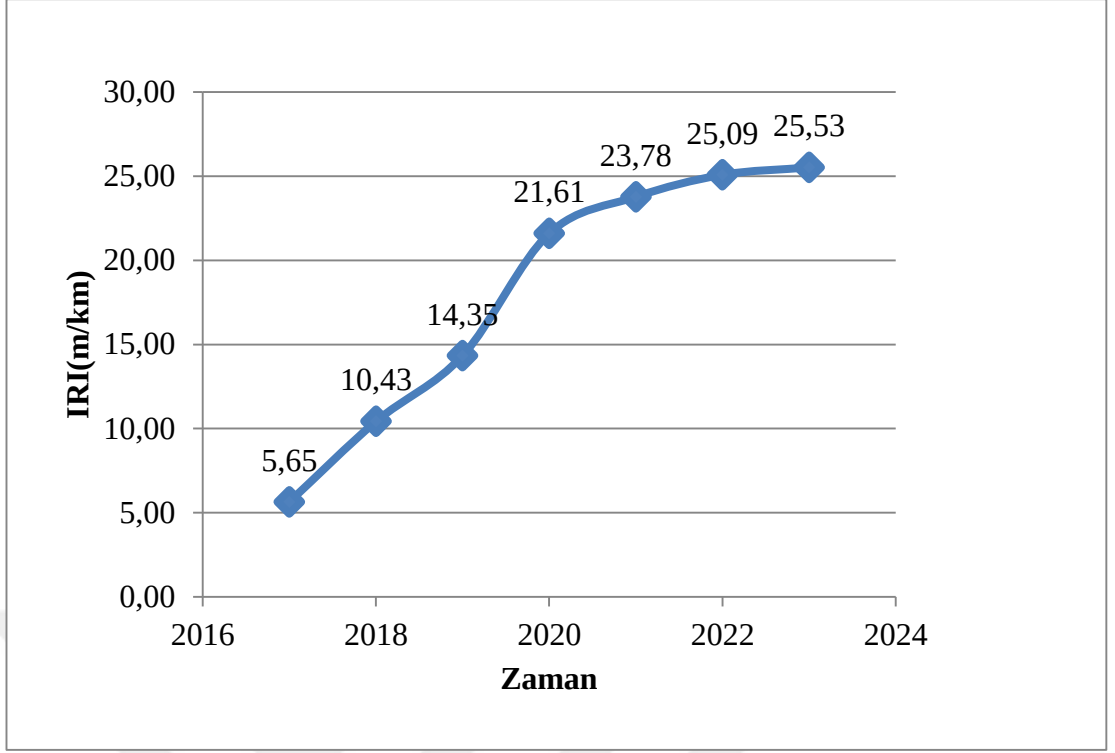
Senirce köy yoluna ait geliştirilen 9 girdili MLR GS modeli IRI değerleri tahminlenmesinde kullanılmıştır. 2018-2023 yıllarındaki IRI değerleri model verileri kullanılarak tahminlenmiş Şekil 4.2’de verilmiştir.

Güneykent köy yoluna ait geliştirilen 9 girdili MLR GG modeli IRI değerleri tahminlenmesinde kullanılmıştır. 2018-2023 yıllarındaki IRI değerleri model verileri kullanılarak tahminlenmiş Şekil 4.3’de verilmiştir.

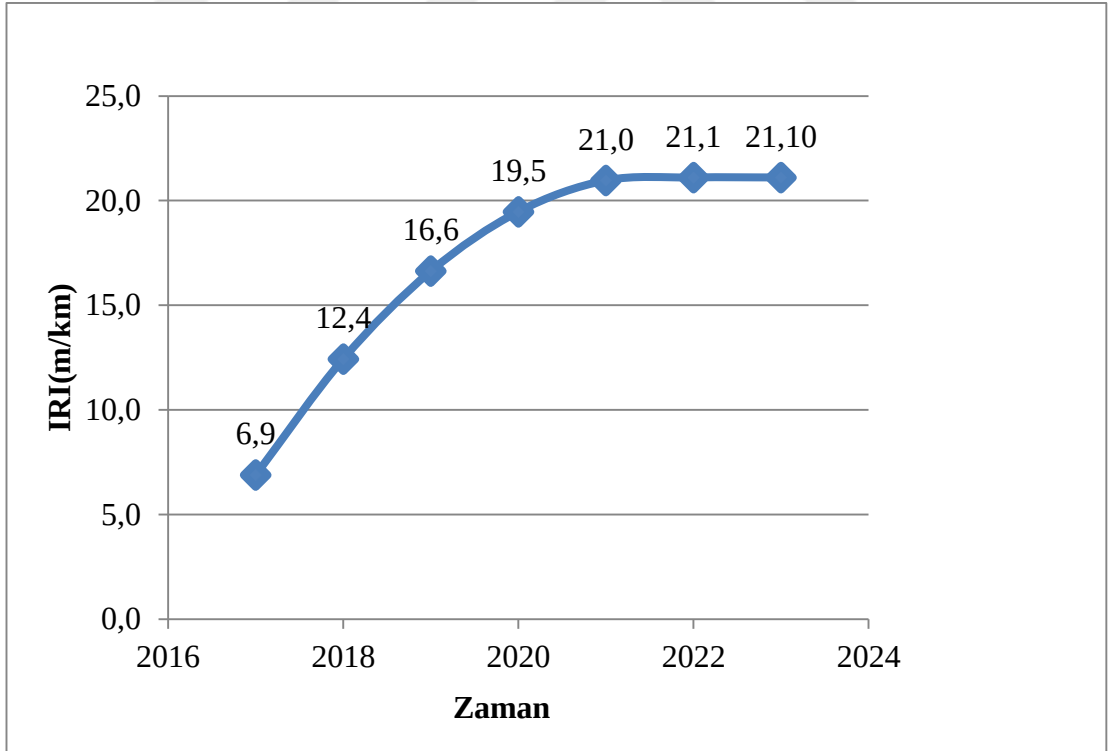
Aydoğmuş köy yoluna ait geliştirilen 9 girdili MLR KA modeli IRI değerleri tahminlenmesinde kullanılmıştır. 2018-2023 yıllarındaki IRI değerleri model verileri kullanılarak tahminlenmiş Şekil 4.4’de verilmiştir.



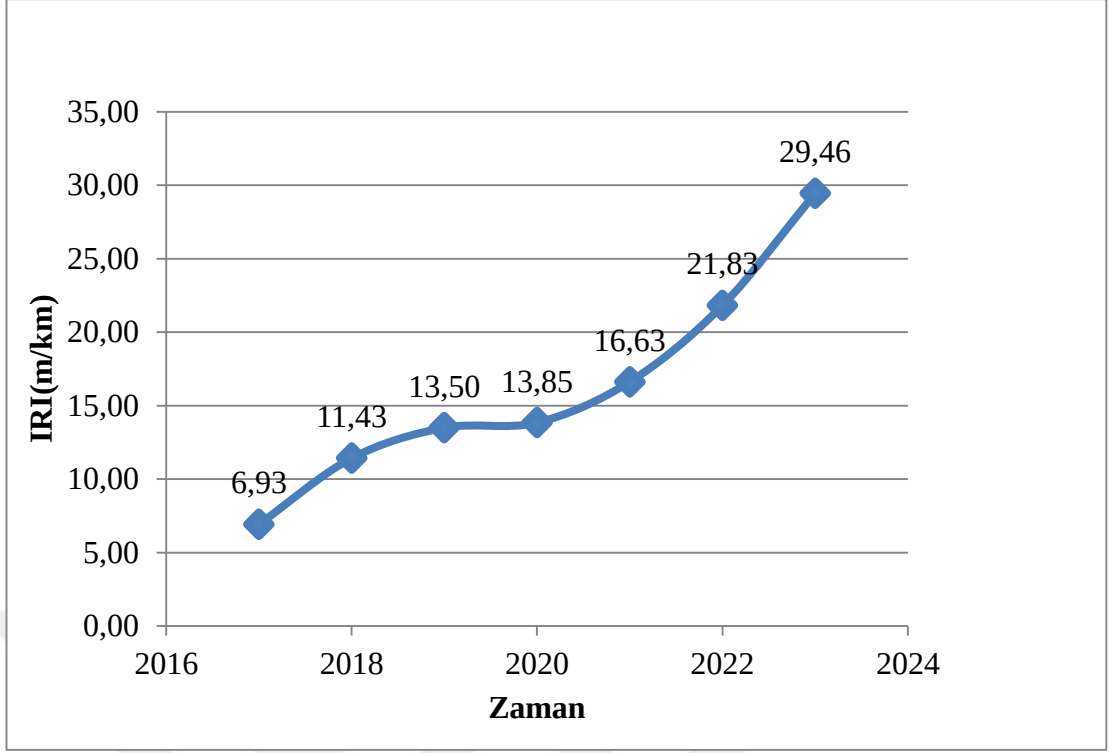
Şekil 4.1. Bozanönü köy yolu zamana göre IRI tahmini



Şekil 4.2. Senirce köy yolu zamana göre IRI tahmini



Şekil 4.3. Güneykent köy yolu zamana göre IRI tahmini



Şekil 4.4. Aydoğmuş köy yolu zamana göre IRI tahmini

Coğrafi Bilgi Sistemi veritabanına girilen veriler kullanılarak sathi kaplı köy yollarına ait IRI değerleri tahmin edilmiştir. Yollara ait IRI değerleri uygulanan sathi kaplama tarihinden itibaren giderek artmıştır. IRI değerlerindeki lineer artışın sebebi ilerleyen yıllarda yollarda yapılacak olan bakım ve rehabilitasyon uygulamalarının bilinmemesinden kaynaklanmıştır. Sathi kaplı yollara ait ilerleyen yıllarda yapılacak olan işlemler oluşturulan veritabanına düzgün şekilde eklendiği tarihte yolların servis ömrü yapılan işleme göre değişerek daha düşük IRI değerleri elde edilebilecektir. Sentetik veriler kullanılarak yapılan performans tahmini sonuçları yüksek çıkmıştır. Yolların 2018 yılından itibaren bakım ve rehabilitasyon işlemi yapılması gerektiği sonucunu göstermektedir. Bu sayede yollara ait IRI değerlerinde düşme meydana gelecek ve servis ömürleri hakkında daha kesin bilgiler üretilebilecektir.

4.2. Optimizasyon Çalışması

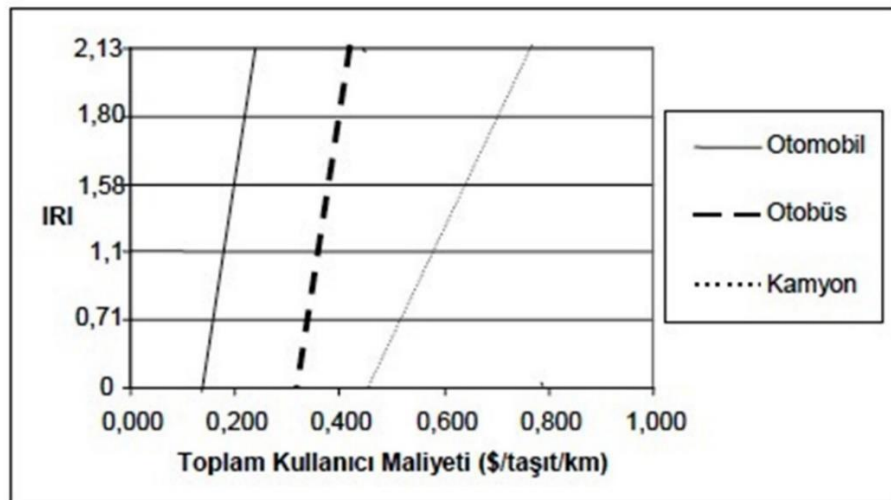
4.2.1. Optimizasyon çalışması ile önceliklerin belirlenmesi

Optimizasyon çalışması, eşdeğer yıllık maliyet (ya da bugünkü değeri) ile eşdeğer yıllık fayda (ya da bugünkü değeri) dikkate alınarak amaç fonksiyonuna göre karşılaştırmasıdır. Bu çalışmanın başlıca amacı, proje bakım ve onarım çalışmalarından en yüksek faydayı elde etmektir (Morova, 2013).

4.2.2. Faydaların belirlenmesi

Kullanıcı faydaları üstyapıda yaşanan bozulamalar sonucunda ortaya çıkan ilave taşıt işletme maliyetinde azalma, kaza maliyetinin ortadan kalkması veya azalması ile kullanıcıların yaşadıkları saatlik gecikmedeki azalmanın toplamıdır.

Taşıt işletme maliyeti üstyapıda yaşanan bozulamalar sonucunda artan yakıt tüketimi, taşıt aksamalarına verilen zarar, lastik ömrünün kısalması ve taşıt bakım maliyetlerini içerir. Çalışmada, Berger vd. (1989) tarafından verilen değerlerin IRI dönüşümleri kullanılmıştır. Şekil 4.5’de, kaza maliyeti dışındaki kullanıcı faydalarını göstermektedir.



Şekil 4.5. Hizmet yeteneği değerine göre taşıt işletme maliyetleri (Berger vd., 1989)

Bir diğer faydası ise B ve R uygulamasının üstyapı ömrünü artırma değeridir. Bu konuda verilmiş B ve R yöntemleri ve karşılığında elde edilen ilave ömür değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir (Terzi, 2004).

4.2.3. Maliyetlerin Belirlenmesi

Optimizasyon çalışmasında 12 farklı yöntem dikkate alınmış ve Çizelge 4.2’de birimleri ve birim fiyatları verilmiştir (Terzi, 2004).

Çizelge 4.1. Dikkate alınan B ve R yöntemleri ve ilave ömür değerleri (Terzi, 2004)

B ve R Uygulaması		İlave Ömür (Yıl)
Kod	Tanım	
1	Uygulama yok	0
2	Çatlak doldurma	2,5
3	Derz doldurma	2,5
4	Yüzeysel yama	2,5
5	Parçalı yama	3,0
6	Tam derinlikte yama	4,0
7	Çukur doldurma	3,5
8	Asfalt püskürtme uygulaması	3,5
9	Sathi kaplama	5,0
10	Asfalt betonu takviye (5 cm)	7,0
11	İki kat asfalt betonu takviye (5+5 cm)	11,0
12	İki kat asfalt betonu takviye (5+8 cm)	15,0
13	Yeniden inşaat	20,0

Çizelge 4.2. Bakım ve rehabilitasyon maliyetleri (Terzi, 2004)

B ve R Yöntemi		Maliyet (\$)	Birim
Kod	Tanım		
1	Uygulama yok	0	
2	Çatlak doldurma	1,2	m
3	Derz doldurma	1,2	m
4	Yüzeysel yama	2,1	m ²
5	Parçalı yama	3,7	m ²
6	Tam derinlikte yama	6,5	m ²
7	Çukur doldurma	2,8	m ²
8	Asfalt püskürtme uygulaması	0,9	m ²
9	Sathi kaplama	2,8	m ²
10	Asfalt betonu takviye (5 cm)	7,1	m ²
11	İki kat asfalt betonu takviye (5+5 cm)	12,0	m ²
12	İki kat asfalt betonu takviye (5+8 cm)	15,2	m ²
13	Yeniden inşaat	20,0	m ²

4.2.4. Amaç Fonksiyonu

Optimizasyon amacıyla kullanılan modelin amaç fonksiyonunda maliyetin minimizasyonu hedeflenmiştir. Bu doğrultuda amaç fonksiyonu, toplam maliyeti minimize ederken, faydayı da maksimize etmektedir. Bu çalışmada faydaların maksimize edilmesi amaçlanmıştır, Terzi (2004) tarafından kullanılan amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Terzi (2004) tarafından önerilen amaç fonksiyonu Denklem 4.6'da gösterilmiştir.

$$Max \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \left(\frac{1}{(1+d)^t} \right) * (UC_{rst} * AL_r) \quad (4.6)$$

Denklemde, R bakım ve onarım seçeneklerinin sayısını, S ağdaki kesim sayısını, T planlama periyodunun yıl sayısını, d indirim oranı, UC ise t yılındaki s kesiminin r yönteminin uygulanmasıyla oluşacak kullanıcı faydalarıdır. AL ise, r yönteminin uygulanmasıyla elde edilecek ilave ömür değerini göstermektedir (Terzi vd., 2004).

Çizelge 4.3. IRI değerleri ve bakım-onarımda öncelik sıralaması (KGM,2010).

Düzensizlik Değeri (IRI-m/km)	Düzensizlik Sınıflaması	Bakım-Onarım Öncelik Sıralaması	Kaplamanın IRI Değerlerine Göre Yapılması Gerekenler
0 - 0,71	Çok İyi	6	Yeni veya yeni sayılabilen kaplama; bir süre için iyileştirmeye ihtiyaç duymaz.
0,72 - 1,11	İyi	5	İyi durumdaki kaplama; yakın gelecekte iyileştirmeye ihtiyaç duymaz.
1,12 - 1,58	Orta-İyi	4	Trafığe bağlı olarak yakın gelecekte iyileştirmeye ihtiyaç duyacaktır.
1,59 - 1,80	Orta	3	Mevcut kullanılabilirliğini sürdürebilmek için yakında onarım gerektirir.
1,81 - 2,13	Kötü	2	Eski hizmet kabiliyetini geri kazanabilmesi için hemen iyileştirme gerekir.
> 2,13	Çok Kötü	1	-

4.2.5. Sathi Kaplamalı Üst Yapılar İçin Optimizasyon Çalışması

Üstyapı hizmet yeteneği değerine göre uygulanacak yöntemin seçiminde kullanılan IRI (Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi) değerlerine göre önem dereceleri ve tanımları, Çizelge 4.3'de görülmektedir (Terzi, 2004). Çizelge 4.4 ise, önem derecelerine göre seçilebilecek B ve R seçeneklerini göstermektedir. Optimizasyon çalışmasının başlıca amacı, proje bakım ve onarım çalışmalarından en yüksek faydayı elde etmektir.

Çalışmada belirtilen amaç fonksiyonuna göre fayda maliyet oranına göre optimizasyon verilmiştir (Şekil 4.6).

Çizelge 4.4. IRI değerlerine göre önem dereceleri ve tanımları

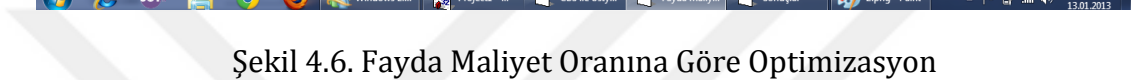
Ağırlık	Önem Derecesi	IRI Değerleri (m/km)
Tanım		
Aşırı derecede önemli	D	5.00
Önemli	C	4.50
Az önemli	B	0.57
Önemsiz	A	0.00

Çizelge 4.5. Önem derecelerine göre B ve R seçenekleri

Önem Derecesi	Seçilebilecek B ve R Yöntemleri
A	1
B	1-4
C	1-4-8
D	1-8

4.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Üstyapı Yönetiminin Belirlenmesi

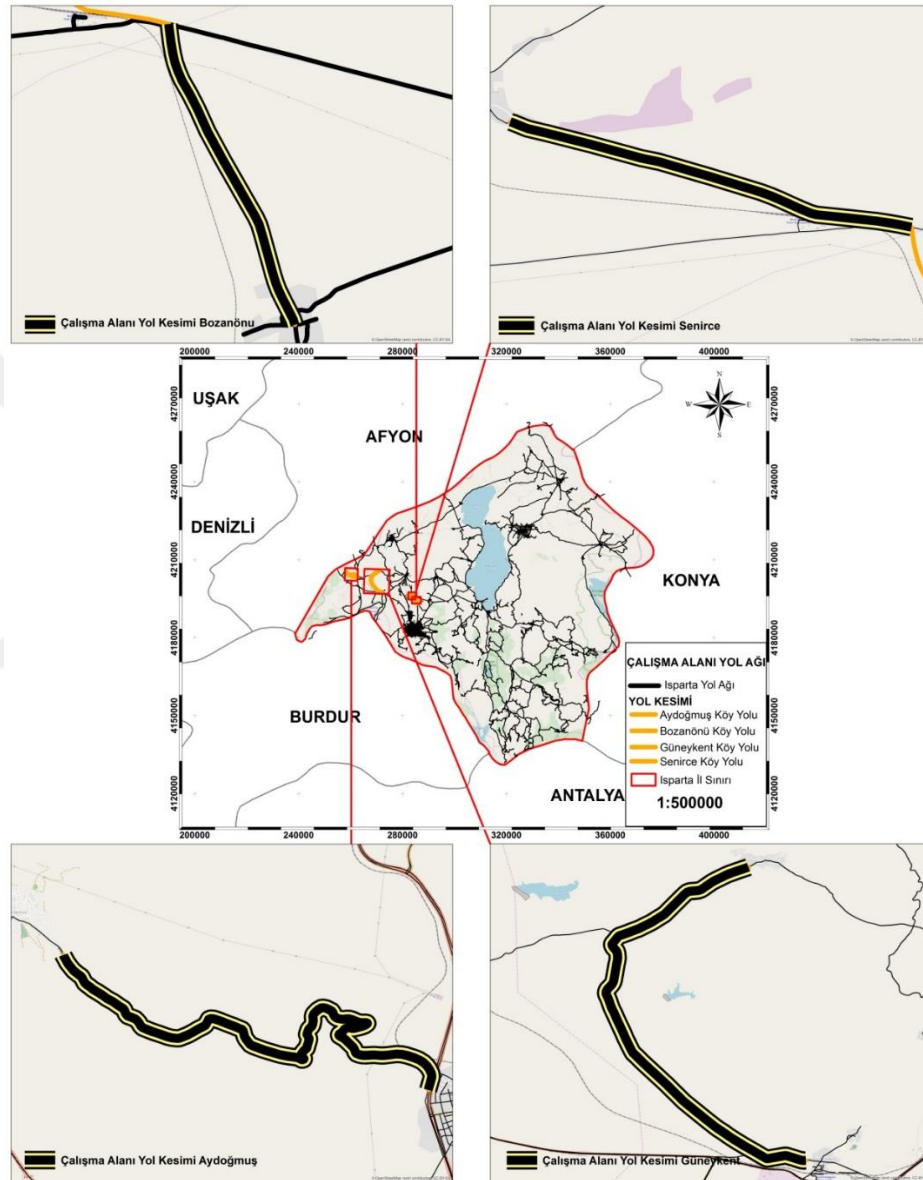
Herhangi bir ülkenin karayolu ağının etkin bir şekilde bakımı ve onarımı, ekonomik büyümesi için zorunludur. Karayolunun bir bölümünün bakımı için kaynakların ve gereksimlere göre formüle edilen bir Üstyapı Yönetim Sistemi kullanılarak, minimum bakım maliyetlerine sahip tatmin edici bir üstyapı performansı sağlanması mümkündür.



Planlama aşamasında analiz periyodu boyunca esnek üstyapılar için onarım bütçe programına karar vermek zordur. Bunun yanında, projelerin sayısındaki artışla birlikte, ömür- döngü maliyetlerindeki değişim bütçedeki değişime duyarlıdır (Terzi, 2004). Bu çalışmada üstyapı onarım programındaki bu belirsizlikleri dikkate almak amacıyla, sathi kaplamalı yollardan toplanan veriler ile performans tahminleri gerçekleştirilmiştir. Bu elde edilen sonuçlar ArcGIS 10.2 programında Isparta yol ağı verisine aktarılacak üzere düzenlenmiştir. Sistemin bütünlüğünü sağlayan en önemli parça veritabanıdır (ESRI, 2018). Veritabanı ortak olup, herhangi bir konumdan veri değişikliği ya da eklemesi gerçekleştiğinde gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmektedir ve işlenebilmektedir (Terzi vd., 2011; Gökova, 2012). Bu bize zamandan tasarruf sağlayarak amaçladığımız işlemleri kısa sürede gerçekleştirmemizi sağlamaktadır. Çalışma ile Isparta köy sathi yollarının veritabanı oluşturularak, geliştirilen performans modeli ile elde edilen değerler ve arazi deneyleri ile elde edilen değerler veritabanına aktarılması için toplanmıştır.

4.3.1. Sathi kaplamalı yol ağı kesimleri

Seçilen ağ, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından tanımlanan kesimlere bölünmüştür. Şekil 4.7, bu ağı ve kesimleri göstermektedir.



Şekil 4.7. Çalışma Alanı Yol Ağı

4.3.2. Veri tabanı ve veriler

CBS'nin özelliğinden dolayı, her bir nesne için zaten bir veritabanı bulunmaktadır. Bu mevcut veritabanı üzerine performans tahmini ve

optimizasyon modelleri için gerekli olan bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Veri tabanında aşağıdaki bilgiler bulunmaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Veri tabanı

FID
Yol Adı
Yolun Tanımı
Yolun Kodu
Kesim Numarası
Kesim Uzunluğu
Yol Tipi (Asfalt Veya Sathi)
İnşaat veya Yapısal Onarım Tarihi
Otomobil YOGT değeri
Otobüs YOGT değeri
Kamyon YOGT değeri
Malzeme Durumu
Bağlayıcı Malzeme
Astar
Agrega Gradasyonu
Üstyapı Tabaka Kalınlıkları Toplamı
Yolun Genişliği
Yapışma Eksikliği
Sıkıştırma Eksikliği
Bitüm Fazlalığı
Agrega Dayanımı
Timsah Sırtı Çatlak Genişliği
Kenar Çatlağı Genişliği
Yansıma Çatlağı Genişliği
Blok Çatlağı Genişliği
Kayma Çatlağı Genişliği
Boyuna Çatlak Genişliği
Enine Çatlak Genişliği
Tekerlek İzi Derinliği
Ondülasyon Yüksekliği
Kabarma Yüksekliği
Çökme Derinliği
Oyuk Derinliği
Sökülme Yüzdesi
Kusma Yüzdesi
Cilalanma Yüzdesi
Yama Yüzdesi
IRI (mevcut değer)
IRI1 (bir yıl sonra oluşacak değer)
IRI2 (iki yıl oluşacak değer)

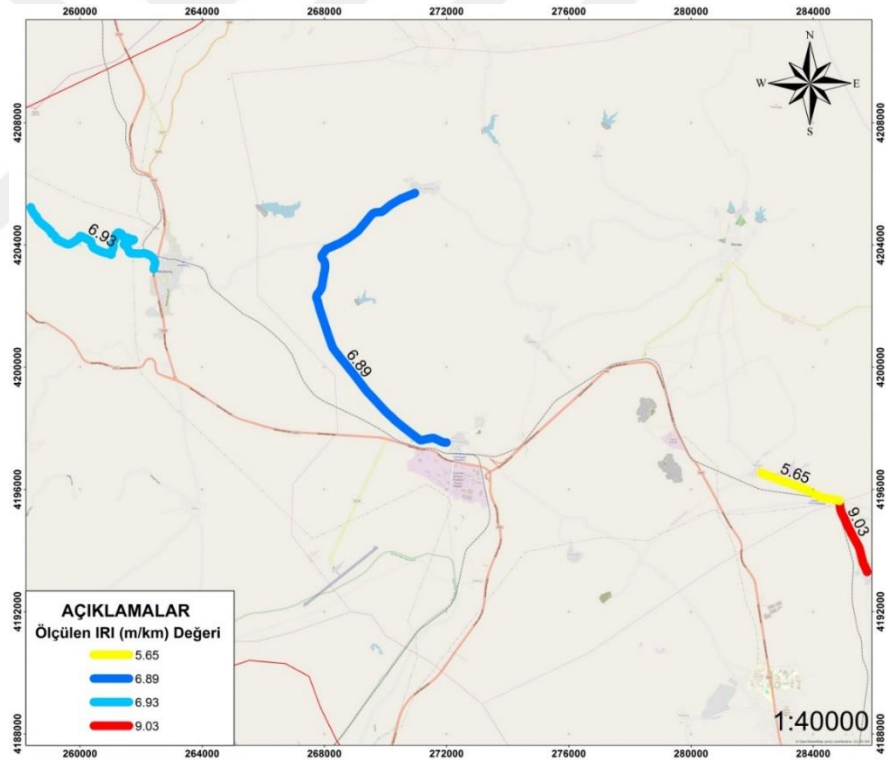
Çizelge 4.6. (Devamı) Veri tabanı

IRI3 (üç yıl sonra oluşacak değer)
IRI4 (dört yıl sonra oluşacak değer)
IRI5 (beş yıl sonra oluşacak değer)
IRI6 (altı yıl sonra oluşacak değer)
Aylık ortalama nem miktarı,
Aylık toplam yağış miktarı,
Aylık maksimum yağış miktarı,
Aylık ortalama sıcaklık değeri,
Aylık minimum ortalama sıcaklık,
Aylık maksimum ortalama sıcaklık,
Aylık minimum sıcaklık,
Aylık maksimum sıcaklık,
Aylık maksimum ve minimum sıcaklık farkları ortalaması,
Aylık minimum Maks. Sıcaklık değeri ile maksimum Min. Sıcaklık değerinin farkı,
Aylık maksimum sıcaklık değeri ile minimum sıcaklık farklarının minimumu,
Aylık maksimum Maks. Sıcaklık değeri ile minimum Min. Sıcaklık değerinin farkı,
Aylık maksimum ve minimum sıcaklık farklarının maksimum değeri,
Kümülatif Gün
Yağış(mm)
Ortalama Sıcaklık (°C)
Donma-Çözünme (gün)
Kar örtüsü (cm)
Nispi Nem (%)
Otomobil YOGT (Küm.)
Kamyon YOGT (Küm.)
Otobüs YOGT (Küm.)
Bakım Yönetimi (mevcut değer)
Bakım Yönetimi (bir yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Yönetimi (iki yıl oluşacak değer)
Bakım Yönetimi (üç yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Yönetimi (dört yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Yönetimi (beş yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Yönetimi (altı yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (mevcut değer)
Bakım Maliyeti (bir yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (iki yıl oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (üç yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (dört yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (beş yıl sonra oluşacak değer)
Bakım Maliyeti (altı yıl sonra oluşacak değer)

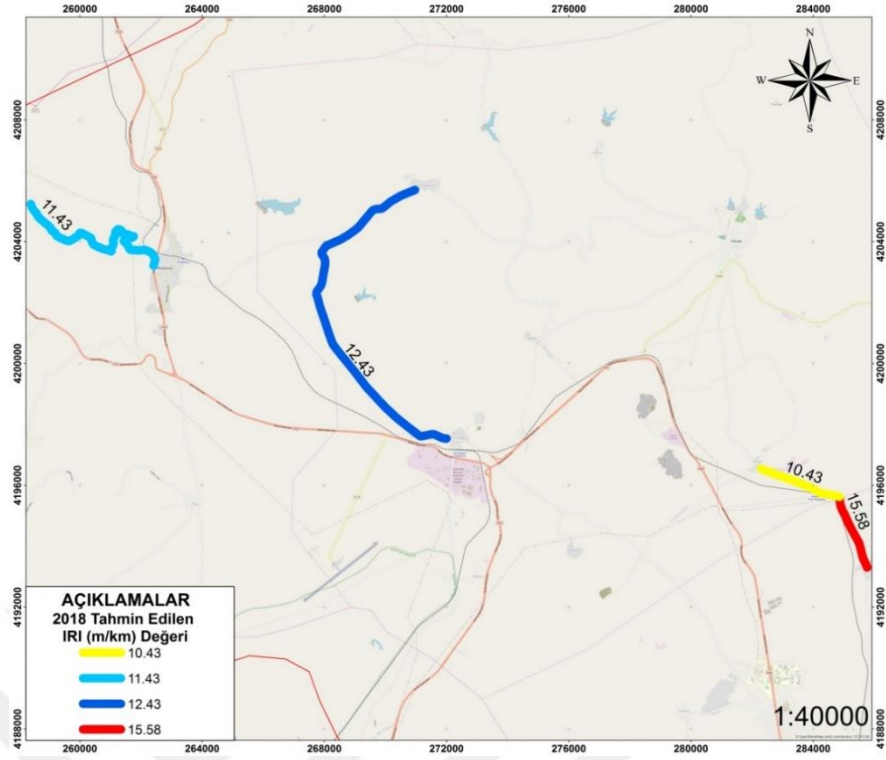
Veri tabanına bilgilerin girilmesinden sonra, bir sonraki adım sathi kaplama köy yolunun gelecekteki performansını sorgulamalarının yapılmasıdır.

4.3.3.CBS kullanılarak optimizasyon çalışması ile bakım ve onarım takviminin belirlenmesi

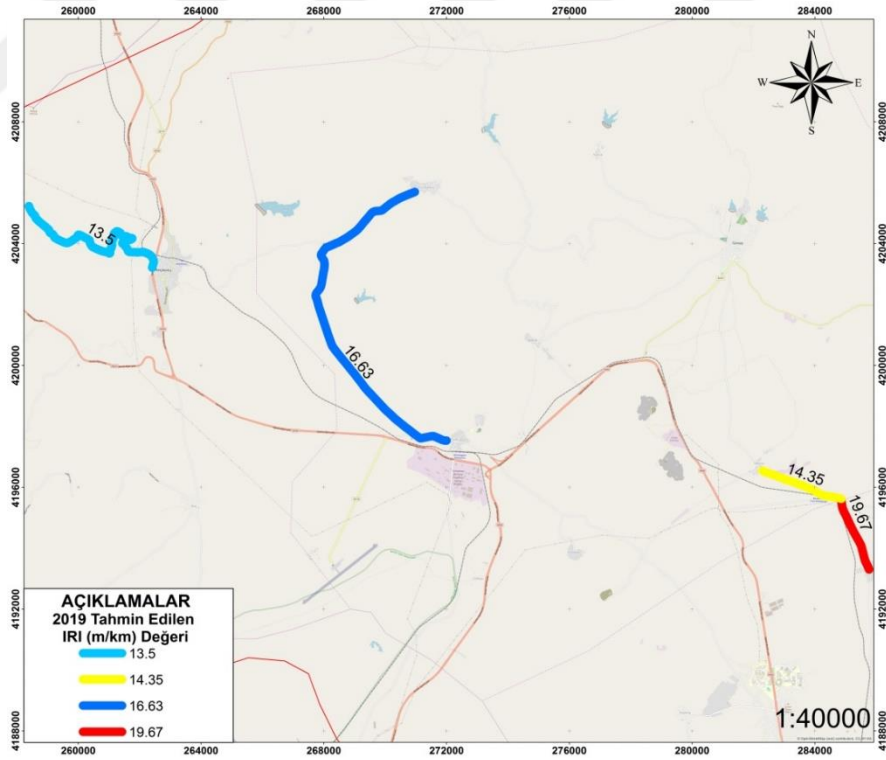
CBS ve ÜYS'nin vazgeçilmez bileşenlerinden olan sorgulama kullanılmıştır. Performans modeli ile tahmin edilen gelecek yıllara ait IRI değerleri veritabanına eklenmiştir. Bu amaçla, çalışma alanına ait sathi kaplama yol kesimlerinde meydana gelen bozulmalar sorgulama özelliği kullanılarak haritalanmıştır. Şekil 4.8 – 4.14 arasında sırası ile 2017 yılından 2023 yılına kadar tahmin edilen IRI değerleri görülmektedir.



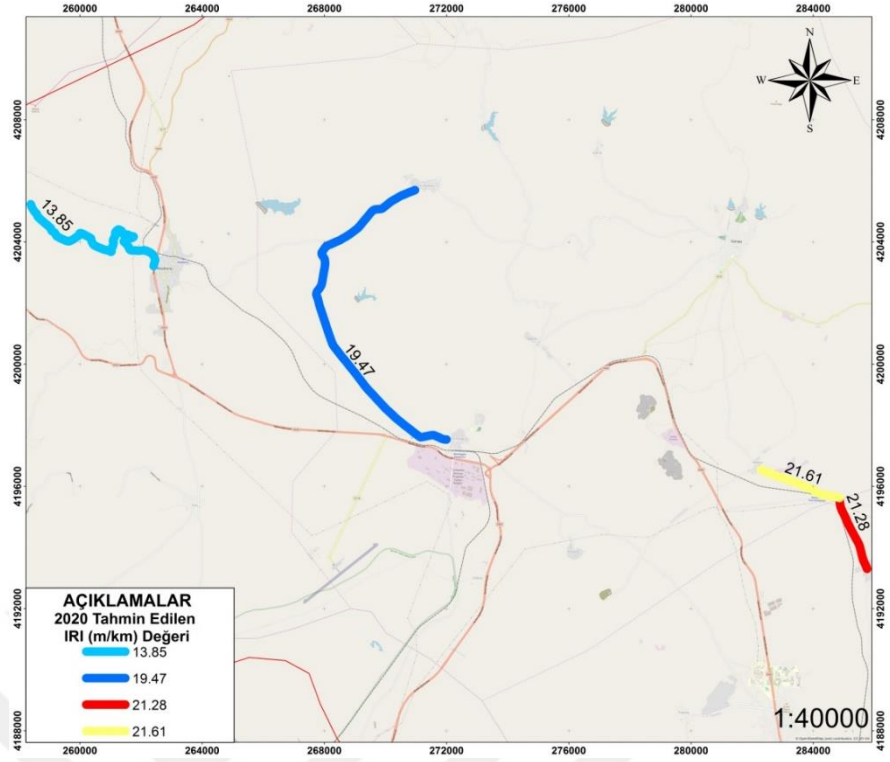
Şekil 4.8. 2017 yılı için ölçülen IRI değerleri



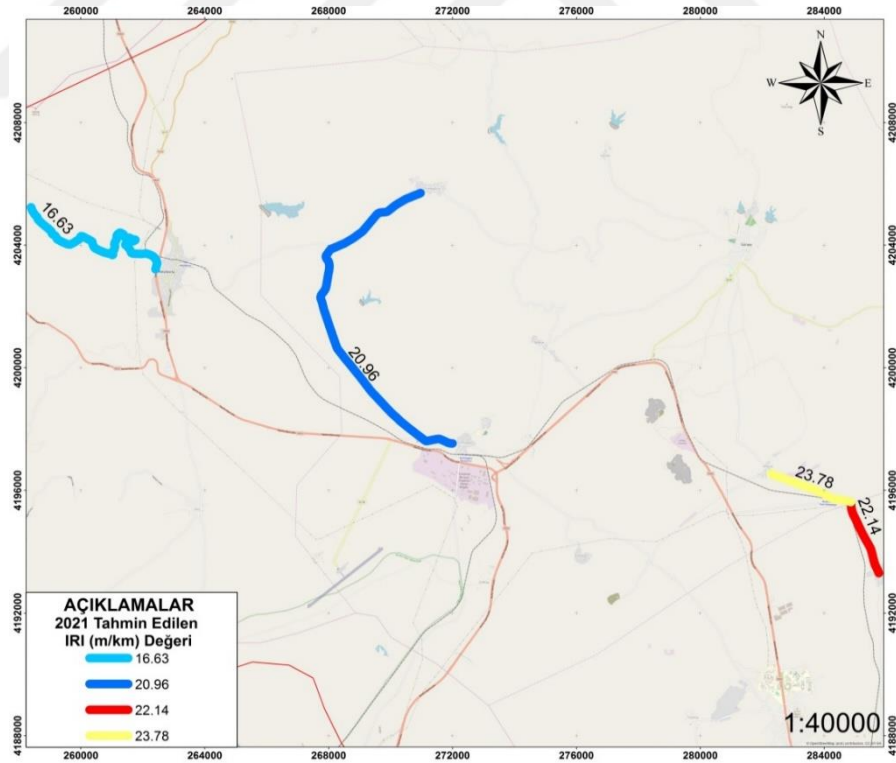
Şekil 4.9. 2018 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



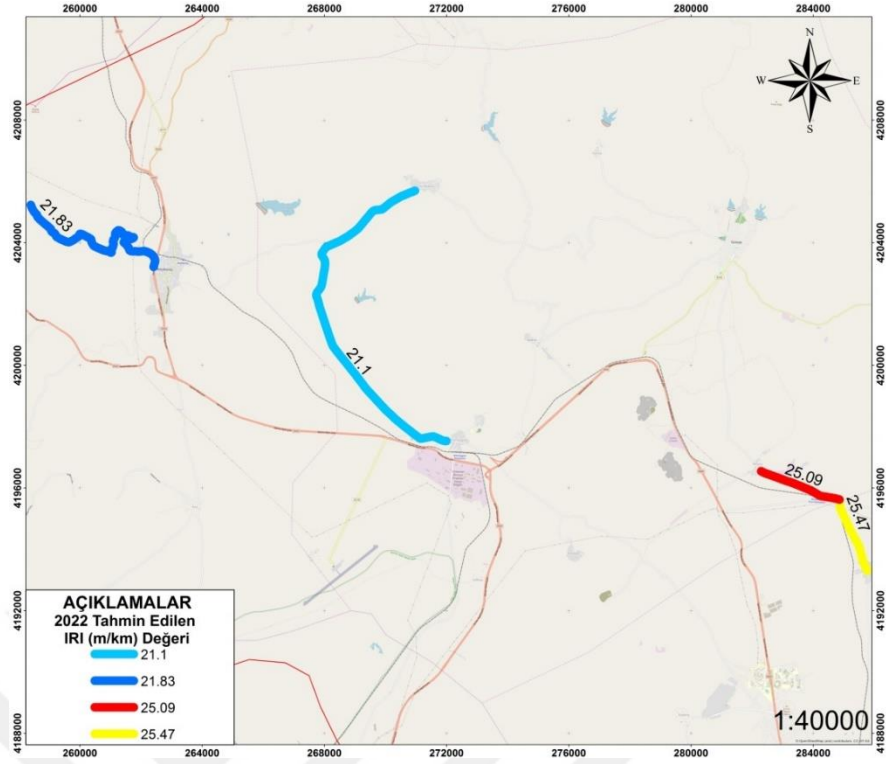
Şekil 4.10. 2019 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



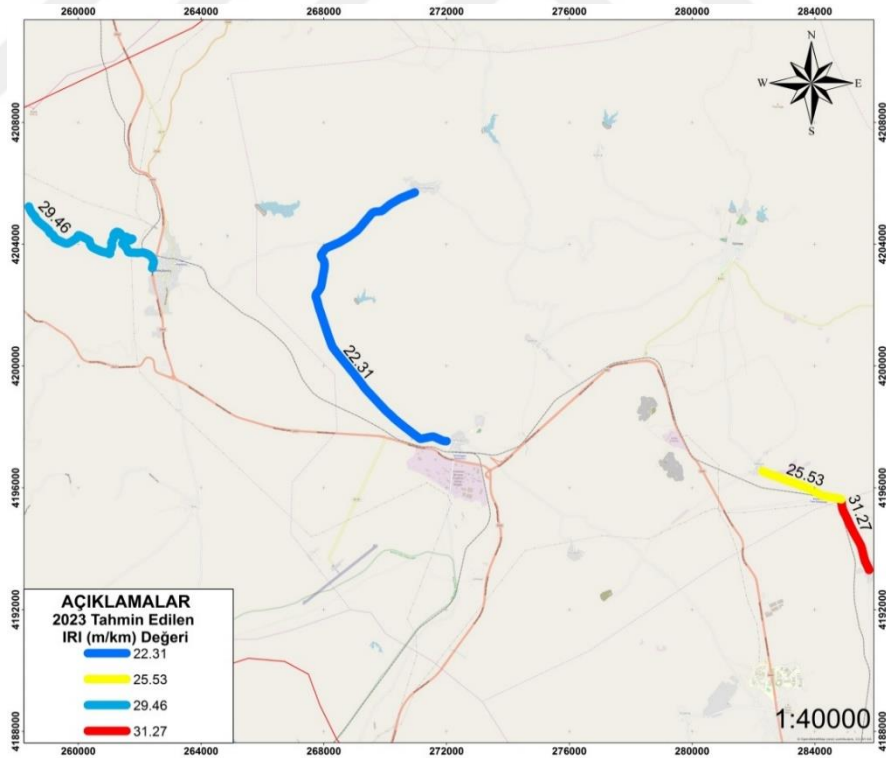
Şekil 4.11. 2020 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



Şekil 4.12. 2021 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



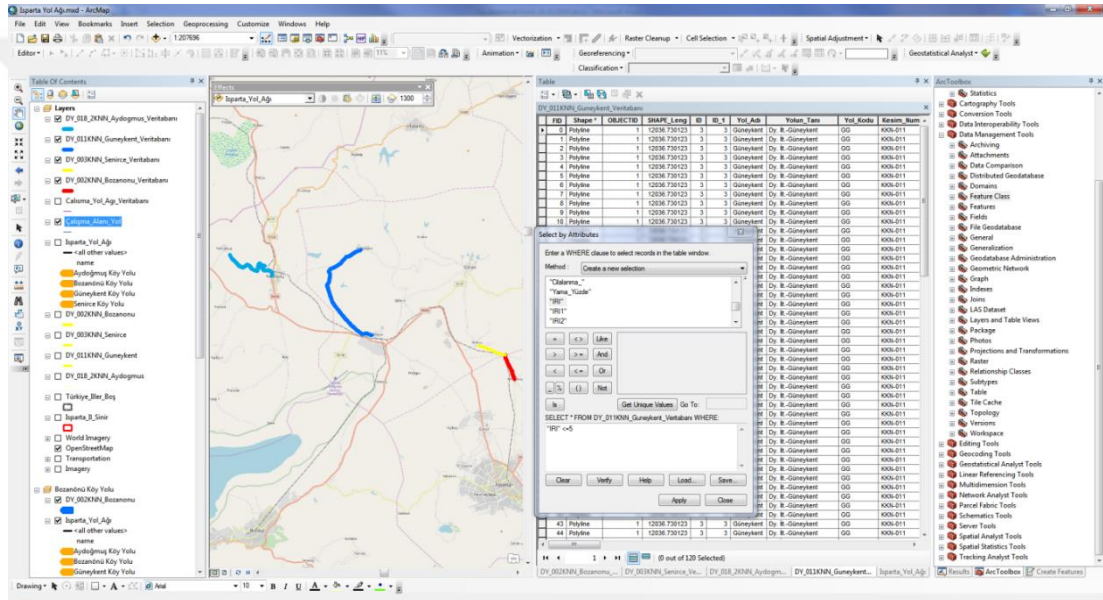
Şekil 4.13. 2022 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



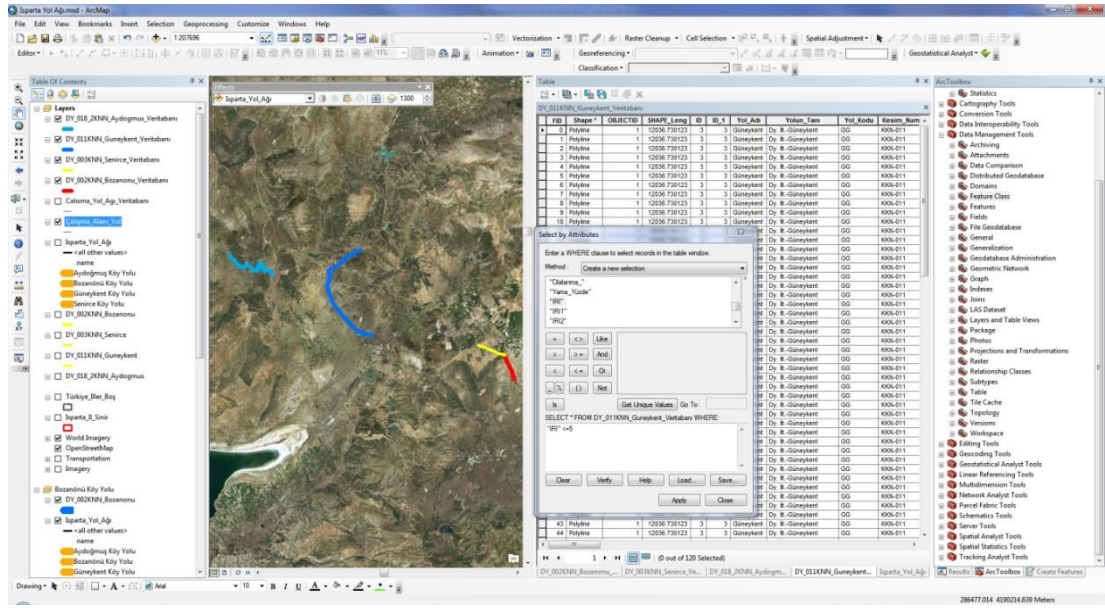
Şekil 4.14. 2023 yılı için tahmin edilen IRI değerleri

4.3.4. Sorgulamalar

Şekil 4.15'te örnek bir sorgulama ve sorgulama sonucu görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi sorgulama sonrasında, sorguya uyan sonuçlar, ekran üzerinde mavi renkte görüntülenmiştir. Şekil 4.16'da IRI değerleri 5'den büyük olan kesimler sorgulanmış ve sorgulama sonucu bulunan IRI değerleri raporlanmıştır (Şekil 4.17). Kaplamanın IRI değerlerine göre yapılması gerekenler 'Eski hizmet kabiliyetini geri kazanabilmesi için hemen iyileştirme gerekir.' şeklindedir. IRI değeri 8'den büyük kesimler ise yeniden yapılmalıdır.



Şekil 4.15. IRI değerleri 5'den küçük olan kesimler



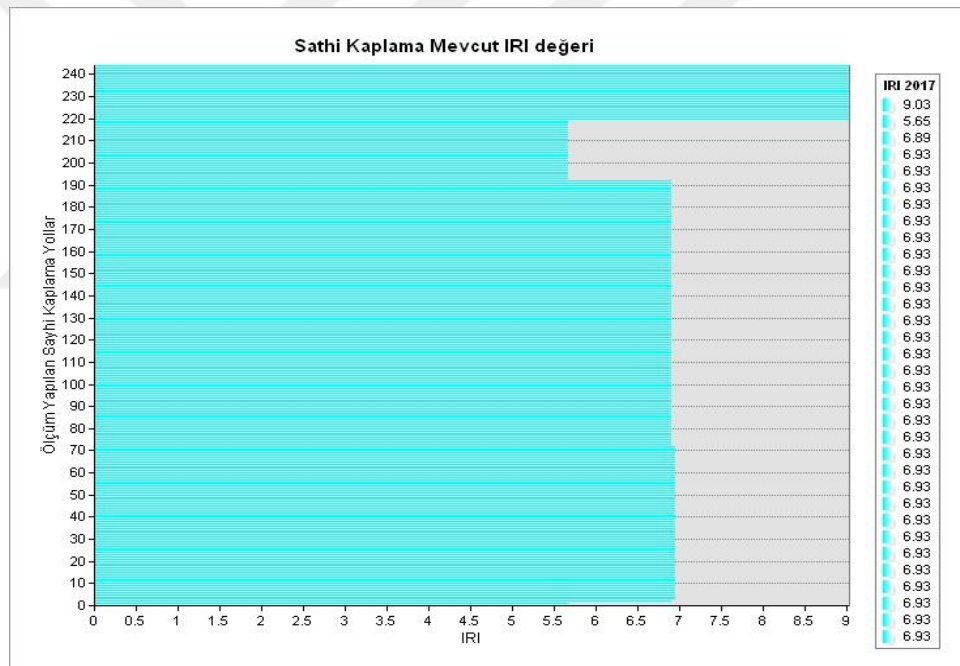
Şekil 4.16. IRI değerleri 5’den büyük olan kesimlerin sorgulanması

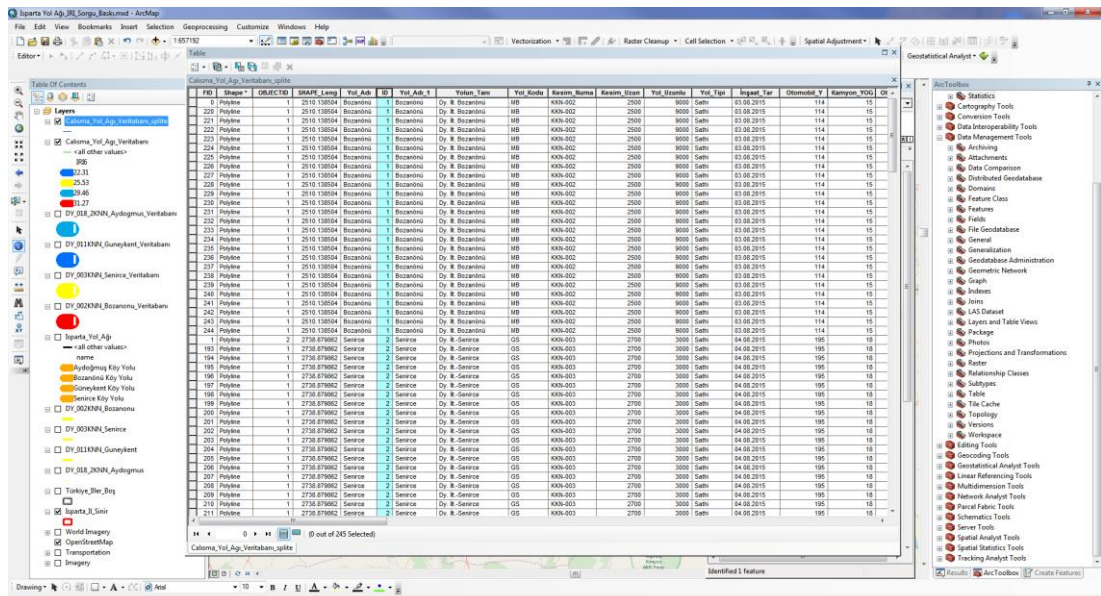
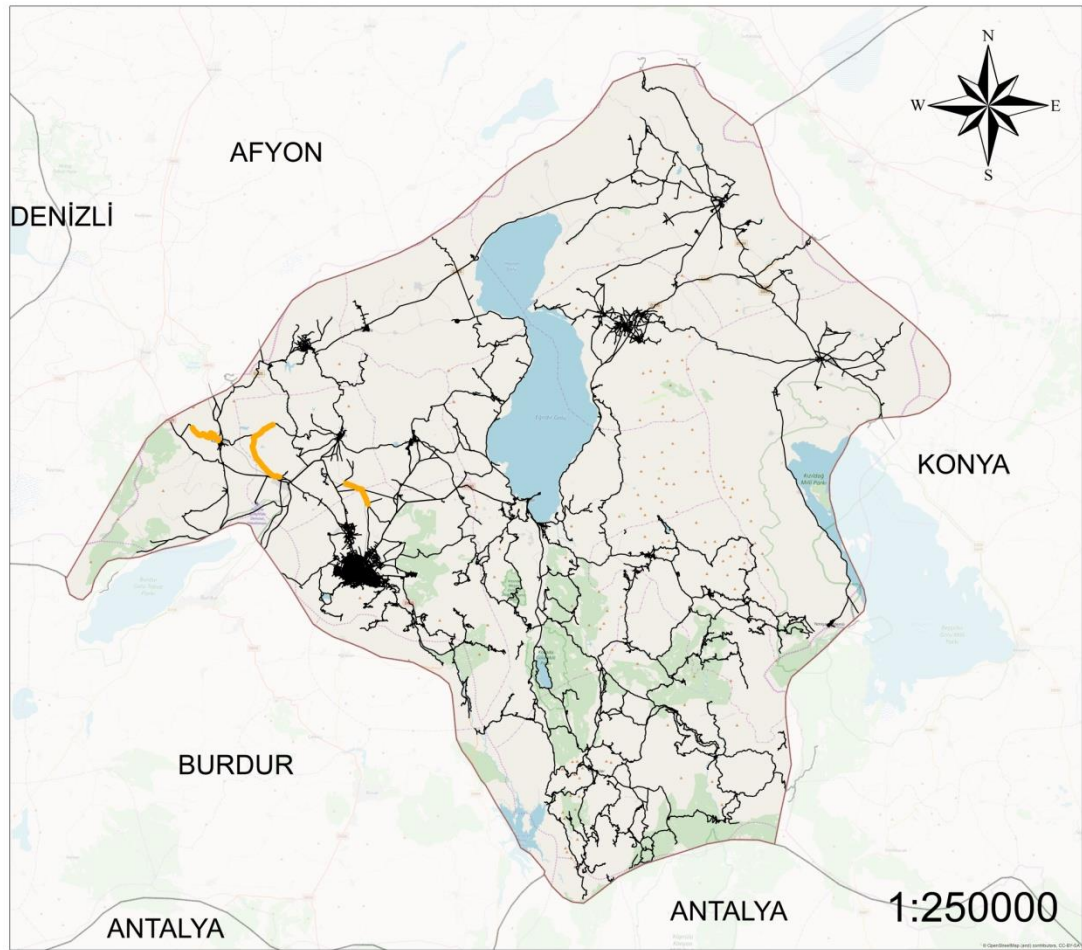
4.3.5. Raporlamalar

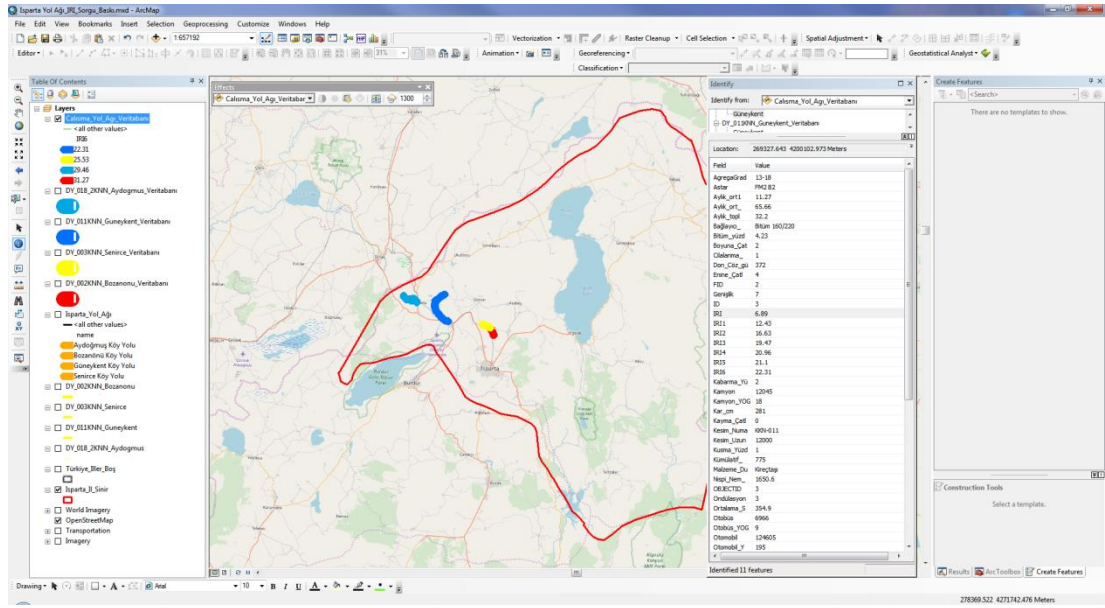
CBS ve ÜYS’nin bir diğer önemli bileşenlerinden olan raporlama özelliğinin bulunmasıdır. Yine bu amaçla, coğrafi bilgi sistemleri programı veri tabanındaki elde edilmiş verilerin raporlanması Şekil 4.17’de örnek olarak verilmiştir. Ayrıca oluşturulan rapor CBS programında başka dosya formatlarında çıktı olarak alınabilmekte ve yazdırılabilmektedir. Şekil 4.17’de çalışma alanı sathi kaplama IRI değerleri raporu, Şekil 4.18’de Isparta karayolu ağı yol kesimleri, Şekil 4.19’da çalışma alanı veritabanı, Şekil 4.20’de ise çalışma alanı yol öznitelik verileri görüntülenmiştir. Şekil 4.21’de sathi kaplamalı yolun mevcut ve tahmin edilen IRI değerleri gösterilmiştir.



Yolun_Tanı	IRI	IRI1	IRI2	IRI3	IRI4	IRI5	IRI6
Dy. İlt. Bozanönü	9.03	15.58	19.67	21.28	22.14	25.47	31.27
Dy. İlt.-Senirce	5.65	10.43	14.35	21.61	23.78	25.09	25.53
Dy. İlt.-Güneykent	6.89	12.43	16.63	19.47	20.96	21.1	22.31
Dy. İlt.-Aydoğmuş	6.93	11.43	13.5	13.85	16.63	21.83	29.46







Şekil 4.21. Çalışma alanı örnek öznetelik tablosunun görüntülenmesi

Identify	
Identify from:	<Selectable layers>
- Güneykent - DY_011KNN_Güneykent_Veritabanı - Güneykent - Güneykent - Güneykent - Güneykent	
Location:	267973.323 4201524.368 Meters
Field	Value
Bitüm_yüzd	4.23
Boyuna_Çat	2
Cıalanma_	1
Don_Cöz_gü	372
Enine_Çatl	4
FID	2
Genişlik	7
ID	3
IRI	6.89
IRI1	12.43
IRI2	16.63
IRI3	19.47
IRI4	20.96
IRI5	21.1
IRI6	22.31
Kabarma_Yü	2
Kamyon	12045
Kamyon_YOG	18
Identified 17 features	

Şekil 4.22. Sathi kaplamalı yolun IRI değerlerinin girildiği tanımlama görüntüsü

4.3.6. Örnek çalışma ile elde edilen sonuçlar

Çalışma ağı içerisindeki sathi kaplamalı yollar için geliştirilen performans modelleri, coğrafi bilgi sistemleri ile birleştirilerek, bir üstyapı yönetim sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında oluşturulan sentetik veriler kullanılarak, örnek ağı performans tahmini yapılmış ve bu tahmin değerleri veri tabanına yazılarak veri tabanı güncellenmiştir. Güncellenen veri tabanındaki girilen veriler sathi kaplamalı yollar için CBS sistemlerinin kullanılarak üstyapıların mevcut durum ve gelecekte oluşabilecek bozulmaların önceden tespit edilmesinde ve gerekli bakım ve rehabilitasyon yöntemleri için karar verici kurumlara yol gösterici nitelikte olmuştur.

Verilen bütçe kısıtları altında, performans, YOGT ve enflasyon oranı kullanılarak, toplam faydayı maksimize eden bir optimizasyon çalışması yapılarak, onarım yöntemi ataması yapılmıştır. Onarım yöntemi ve maliyetleri veri tabanına yazılarak veri tabanı güncellenmiştir.

Ayrıca CBS'nin temel özelliklerinden olan tanımlama, sorgulama ve raporlama özellikleri de ArcGIS yazılımı kullanılarak kullanılmıştır. Karayolları ve il özel idare bünyesinde bulunan yollarda yapılan bakım ve rehabilitasyon yöntemleri veri tabanına girilerek daha güncel şekilde ağlarında bulunan sathi kaplı yolların takibi için hızlı sonuçlar elde edilebileceği kanıtlanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Herhangi bir ülkenin karayolu ağının etkin bir şekilde bakımı ve onarımı, ekonomik büyümesi için zorunludur. Karayolunun bir bölümünün bakımı için kaynaklara ve gereksinimlere göre formüle edilen bir ÜYS kullanılarak, minimum bakım maliyetlerine sahip tatmin edici bir üstyapı performansı sağlanması mümkündür.

Karayolu yönetim kararları düşünüldüğünde birçok etken dikkate alınmasına karşın, anahtar etken daima para miktarı olmaktadır. Çeşitli kısıtlar altında en fazla etkiyi sağlamak amacıyla sınırlı sermayenin harcanması için bazı kararlar verilmesi gerekir. Verilen bir kararın uygulanmasının maliyeti belirlenmeli ve bundan kaynaklanan faydalar tahmin edilmelidir. Fayda/maliyet oranı yöntemi, karayolu alanında, diğer yöntemler arasında belki de en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, bir seçeneğin faydasının bugünkü değerinin, maliyetinin bugünkü değerine oranıdır. Çalışmada, fayda maliyet oranının belirlenmesinde, kaynaklardan alınan maliyet ve fayda değerleri kullanılmıştır. Geliştirilen performans modellerinin kullanılması ile, veri tabanından alınan veriler kullanılarak 5 yıllık bakım ve rehabilitasyon programlaması verilen bir bütçe sınırı içinde planlanabilmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen modellerin bir Üstyapı Yönetim Sistemine uyarlanması ve bu modellerin çalışabilirliğini göstermek amacıyla bir coğrafi bilgi sistemleri yazılımı kullanılarak modellerin coğrafi konumlarına ait bir platformda birleştirilmesi sağlanmıştır. Uygulamanın çalışabilirliğini göstermek için ağ üzerindeki sathi kaplamalı yollara ait örnek modeller geliştirilerek kullanılabilirliği gösterilmiştir. Coğrafi bilgi sistemleri kullanımı her alanda yüksek ivmeli şekilde hızlanmakta ve gelişmektedir. Çalışmamızda CBS yazılımı ile Üstyapı Yönetim Sistemi için gerekli olan verilerin sisteme aktarılması, çözümlemesi ve sonuçların gösterimi için çeşitli senaryoların uygulanmasına

olarak sağlamaktır. Bahsedilen bu amaçların tamamına, örnek çalışmada ulaşılmıştır.

5.2.Öneriler

Farklı üstyapı, iklim koşulları, tabaka özellikleri, drenaj koşulları ve trafik değerlerine sahip yol kesimlerinde veri toplanmalı ve modellerin hataları minimize edilmelidir.



KAYNAKLAR

- Abdelaziz, N., Abd El-Hakim, R. T., El-Badawy, S. M., Afify, H. A., 2018. International Roughness Index prediction model for flexible pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 1-12-1029-8436.
- Acar, E., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Araştırılması ve Gerçeklenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Ankara.
- Alexakis, D. D., Agapiou, A., Tzouvaras, M., Themistocleous, K., Neocleous, K., Michaelides, S., Hadjimitsis, D. G., 2014. Integrated use of GIS and remote sensing for monitoring landslides in transportation pavements: the case study of Paphos area in Cyprus. *Natural hazards*, 72(1), 119-141.
- Almuhanha, R. R., Ewadh, H. A., & Alasadi, S. J., 2018. Using PAVER 6.5. 7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city. *Case studies in construction materials*, 8, 323-332.
- Alrashidan, A., Machemehl, R. B., 2017. A GIS-Based Tool for Forecasting Unusually Heavy Truck Loadings Resulting from Rapid Land Use Changes (No. 17-05450). *Transportation Research Board 96th Annual Meeting*. Washington DC. United States.
- Ay, S., 2001. Antalya Bölgesindeki Devlet Yollarının Üstyapı Performanslarının Analizi ve İyileştirme Çalışmaları, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Blazquez, C. A., & Vonderohe, A. P., 2005. Simple map-matching algorithm applied to intelligent winter maintenance vehicle data. *Transportation Research Record*, 1935(1), 68-76.
- Blazquez, C. A., & Vonderohe, A. P., 2009. Effects of controlling parameters on performance of a decision-rule map-matching algorithm. *Journal of Transportation Engineering*, 135(12), 966-973.
- Chong, D., Wang, Y., Dai, Z., Chen, X., Wang, D., Oeser, M., 2018. Multiobjective optimization of asphalt pavement design and maintenance decisions based on sustainability principles and mechanistic-empirical pavement analysis. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(6), 461-472.
- Chrisman, N. R., & Yandell, B. S., 1988. Effects of point error on area calculations: A statistical model. *Surveying and Mapping*, 48(4), 241-246.
- Czerniak, R. J., & Genrich, R. L., 2002. Collecting, Processing, and Integrating GPS Data into GIS, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis Report, 301, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC. United States.

- Çelikli, U., 2018. Kırsal yolların üstyapı performansının belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 220s, Isparta.
- ESRI, 2018. Environmental Systems Research Institute, Inc. internet sitesi. Erişim Tarihi: 05.07.2018. www.esri.com.
- Flintsch, G.W., Dymond, R., Collura, J., 2004. Pavement Management Applications using Geographic Information Systems: A Synthesis of Highway Practice. NCHRP Synthesis 335, Transportation Research Board, Washington, D.C. (Project 20-5 FY 2002).
- Goodchild, M. F., Bradley, O. P. and Steyaert, L.T., 1993. Environmental Modeling with GIS. Oxford University Press.
- Gökova, S., 2012. Coğrafi Bilgi Sistemi İle Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Yazılımı Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 78s, Isparta.
- GSDI, 2009. Spatial Data Infrastructure Cookbook. Global Spatial Data Infrastructure Association. Erişim Tarihi: 19.09.2018. www.gsdi.org/gsdicookbookindex
- Hallmark, S. L., Schuman, W. G., Kadolph, S. W., & Souleyrette, R., 2003. Integration of spatial point features with linear referencing methods. Transportation Research Record, 1836(1), 102-110.
- Hong, S., & Vonderohe, A. P., 2011. Uncertainty issues in integrating geographic information systems and the global positioning system for transportation. Transportation Research Record, 2215(1), 50-58.
- Jia, X., Huang, B., Zhu, D., Dong, Q., & Woods, M., 2018. Influence of Measurement Variability of International Roughness Index on Uncertainty of Network-Level Pavement Evaluation. Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 144(2), 04018007.
- Karan, E. P., Irizarry, J., Haymaker, J., 2015. BIM and GIS integration and interoperability based on semantic web technology. Journal of Computing in Civil Engineering, 30(3), 04015043.
- KGM, 2013. Karayolu Teknik Şartnamesi. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Ankara.
- KGM, 2018. İstatistikler. Erişim Tarihi: 15.09.2018. <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/DevletveYolEnvanteri.aspx>.
- Kırbaş, U., 2018. IRI Sensitivity to the Influence of Surface Distress on Flexible Pavements. Coatings, 8(8), 271 p.

- Li, R., 1997. Mobile mapping: An emerging technology for spatial data acquisition. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(9), 1085-1092.
- López, E. ve Monzón, A., 2010. Integration of sustainability issues in strategic transportation planning: a multi-criteria model for the assessment of transport infrastructure plans. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 25(6), 440-451.
- Maquire, D. J., Goodchild, M, and Rhind, D.W., 1991. *Geographic Information Systems: Principles and Applications*. Longman/Wiley.
- Morova, N., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Gerçekleştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 361s, Isparta.
- Murakami, E. ve Wagner, D. P., 1999. Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting?. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 7(2-3), 149-165.
- Nodrat, F. ve Kang, D., 2018. Prioritizing Road Maintenance Activities using GIS Platform and Vb. net. *International Journal of Advanced Computer Science And Applications*, 9(2), 34-41.
- Noronha, V., Goodchild, M., Church, R., Kulkarni, S., Aydin, S., 2000. The LRMS Linear Referencing Profile: Technical Evaluation. FHWA, US Department of Transportation.
- Qian, J., Jin, C., Zhang, J., Ling, J., Sun, C. 2018. International Roughness Index Prediction Model for Thin Hot Mix Asphalt Overlay Treatment of Flexible Pavements. *Transportation Research Record*, 2672(40), 7-13.
- Quddus, M. A., Ochieng, W. Y., Noland, R. B., 2007. Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-the art and future research directions. *Transportation research part c: Emerging technologies*, 15(5), 312-328.
- Quddus, M. A., Ochieng, W. Y., Zhao, L., Noland, R. B., 2003. A general map matching algorithm for transport telematics applications. *GPS solutions*, 7(3), 157-167.
- Romano, M., Siegel, M. S., Chan, H. Y., 2018. Creating a Predictive Model for Pavement Deterioration using Geographic Weighted Regression. *Transportation Research Record*, 0361198118788430.
- Rydholm, T. C., & Luhr, D. R., 2015. Visualizing pavement management data at the project level. In 9th international conference on managing pavement assets.

- Saha, P. ve Ksaibati, K., 2016. A risk-based optimisation methodology for pavement management system of county roads. *International Journal of Pavement Engineering*, 17(10), 913-923.
- Sayers, M. W., 1986. Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements. *World Bank Technical Paper Number 46*, 87 p.
- Sharaf, E. A., 1993. Ranking versus simple optimization in setting pavement maintenance priorities: a case study from Egypt. *Transportation Research Record* (1397). Transportation Research Board, pp 34-8, Washington DC. United State.
- Shrestha, S., Katicha, S. W., Flintsch, G. W., Thyagarajan, S., 2018. Application of Traffic Speed Deflectometer for Network-Level Pavement Management. *Transportation Research Record*. 2672(40), 348-359 p.
- Simpson, A. L., Bryce, J. M., Rada, G. R., Groeger, J. L., 2018. Time-Series Review of Highway Performance Monitoring System Data. *Transportation Research Record*, 2672(40), 1-6 p.
- Sun, D., Luo, H., Fu, L., Liu, W., Liao, X., Zhao, M., 2007. Predicting bus arrival time on the basis of global positioning system data. *Transportation Research Record*, 2034(1), 62-72.
- Taylor, G., Blewitt, G., Wiley, J., 2006. *Intelligent Positioning: GIS-GPS Unification*.
- Taylor, M. A., Woolley, J. E., Zito, R., 2000. Integration of the global positioning system and geographical information systems for traffic congestion studies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 257-285.
- Terzi S., 2006. Modeling The Pavement Present Serviceability Index of Flexible Highway Pavements Using Data Mining, *Journal of Applied Science*, 6(1), 193-197.
- Terzi, S., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi, *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 187s, Isparta.
- Terzi, S., Karaşahin, M., 2002. Ulaştırma Mühendisliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı, *GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 06-08 Haziran 2002, Şanlıurfa. *Proceedings of the Fourth GAP Engineering Congress*, 06-08 June 2002, Şanlıurfa.
- Terzi, S., Morova, N., Karaşahin, M., 2010. Bulanık Mantık Metodu İle Asfalt Üstyapı Performans Tahmin Modeli Geliştirilmesi”, *Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu*, 187-191, Kayseri.
- Torres-Machi, C., Osorio, A., Godoy, P., Chamorro, A., Mourgues, C., Videla, C., 2018. Sustainable Management Framework for Transportation Assets:

Application to Urban Pavement Networks. KSCE Journal of Civil Engineering, 1-12.

- Velaga, N. R., Quddus, M. A., Bristow, A. L., 2009. Developing an enhanced weight-based topological map-matching algorithm for intelligent transport systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6), 672-683.
- Vonderohe, A. P., Adams, T. M., Malhotra, A., Stanuch, G., Blazquez, C., 2002. Wisconsin Winter Maintenance Concept Vehicle: Data Management Year 3. Wisconsin Department of Transportation, Madison.
- Wang, W., Wang, S., Xiao, D., Qiu, S., Zhang, J., 2018. An Unsupervised Cluster Method for Pavement Grouping Based on Multidimensional Performance Data. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 144(2), 04018005.
- Woldesenbet, A., Jeong, H. D., Park, H., 2015. Framework for integrating and assessing highway infrastructure data. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 04015028.
- Wolshon, B. ve Hatipkarasulu, Y., 2000. Results of car following analyses using global positioning system. *Journal of Transportation Engineering*, 126(4), 324-331 p.
- Young, J. ve Park, P. Y., 2014. Hotzone identification with GIS-based post-network screening analysis. *Journal of Transport Geography*, 34, 106-120 p.
- Zhang, J. ve Goodchild, M. F., 2002. Uncertainty in geographical information. CRC press.
- Zhang, W. ve Wang, M. L., 2018. International Roughness Index (IRI) measurement using Hilbert-Huang transform. In *Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials, Aerospace, Civil Infrastructure, and Transportation XII* (Vol. 10599, p. 105991R). International Society for Optics and Photonics.
- Zhou, G., Wang, L., Wang, D., Reichle, S., 2010. Integration of GIS and data mining technology to enhance the pavement management decision making. *Journal of Transportation Engineering*, 136(4), 332-341.
- Zografos, K. G. ve Androutsopoulos, K. N., 2008. A decision support system for integrated hazardous materials routing and emergency response decisions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 16(6), 684-703.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Melak Hussein AHMED

Doğum Yeri ve Yılı : Kerkük, Irak 1985

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : Arapça, İngilizce

E-posta : melakahmed1985@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Kerkuk Alezdihar Lisesi, Irak

Lisans : Irak Kerkük Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Kerkük Valiliği, Irak 2009 – (halen)