

## PAPER DETAILS

TITLE: KIRSAL YOLLARIN ÜSTYAPI PERFORMANS ANALIZİNDE COGRAFI BILGI  
SISTEMLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ: ISPARTA ÖRNEĞİ

AUTHORS: Serdal TERZİ, Melak Hussein AHMED

PAGES: 904-911

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/727541>



## KIRSAL YOLLARIN ÜSTYAPI PERFORMANS ANALİZİNDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ: ISPARTA ÖRNEĞİ

Serdal TERZİ\*, Melak Hussein AHMED

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Sathi Kaplama,  
Coğrafi Bilgi Sistemi,  
Üstyapı Yönetim Sistemi,  
Düzensüzlük.*

### Öz

Düzensüzlük indeksi yolların performansı hakkında önemli bilgi veren bir parametredir. Düzensüzlüğün önceden tahmin edilebilmesi, yolların bakım ve onarım planlamaları için büyük bir kolaylık sağlayabilir. Bu çalışma kapsamında sathi kaplamalı yolların gelecek yıllarda sahip olması beklenen uluslararası düzensüzlük indeksi (IRI) değeri tahmin edilmiştir. Bu amaçla, kırsal yollar için trafik hacmi ve iklim verileri ile literatürde geliştirilmiş olan lineer denklemler amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Ek olarak tahmin edilen IRI değerleri ve ilgili yol kesimi hakkındaki trafik hacim ve bölge iklim verileri Coğrafi Bilgi Sistemlerine işlenmiş ve optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen 5 yıllık örnek bir uygulama ile coğrafi bilgi sistemlerinin, kırsal yollarda üstyapı yönetim sistemi için kullanılabilirliği gösterilmiştir.

## USABILITY OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS BY PAVEMENT PERFORMANCE ANALYSIS ON RURAL ROADS: CASE STUDY OF ISPARTA

### Keywords

*Chip Seal,  
Geographic Information  
System,  
Pavement Management  
System,  
Roughness.*

### Abstract

The roughness index is a parameter that gives important information about the performance of the roads. Predicting the roughness can be a great convenience for road maintenance and rehabilitations planning. Within the scope of this study, the international roughness index (IRI) value of the chip seal paved roads for the coming years has been estimated. For this purpose, linear equations developed in the literature based on traffic loads and climate data, for rural roads were used as an objective function. In addition, the traffic volume and region climate data on the estimated IRI values and related road sections were processed in the Geographic Information Systems and an optimization study was carried out. The usability of the geographic information systems for the pavement management system in rural roads has been demonstrated with a 5-year sample application.

### Alıntı / Cite

Terzi, S., Ahmed, M. H., (2020). Kırsal Yolların Üstyapı Performans Analizinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılabilirliği: Isparta Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(3), 904-911.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

S. Terzi, 0000-0002-4776-824X  
M.H. Ahmed, 0000-0002-9131-4608

### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	30.05.2019
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	15.06.2020
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	24.06.2020
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	24.09.2020

## 1. Giriş (Introduction)

Üstyapı, değişik bileşenleri 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. 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 planlanmaktadır. Hizmet süresi boyunca geçiş yapması planlanan araç sayısından daha fazla geçmesi hesaplanan servis ömrünü kısaltmaktadır.

\* İlgili yazar / Corresponding author: serdalterzi@sdu.edu.tr, +90-246-211-1221

Yol üstyapısını kullanacak trafik yüklerine bağlı olarak farklı tipte üstyapılar tasarlanabilir. Üstyapı, kaplama tabakasında kullanılan bağlayıcı cinsine göre iki sınıfa ayrılmaktadır. Esnek ve rijit kaplama olarak tanımlanmaktadır. Esnek yol üstyapısı olarak adlandırılanlarda bağlayıcı olarak bitüm kullanılmaktadır. Esnek üstyapılar da yoldaki trafik yoğunluğuna göre Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) asfalt kaplama ve sathi kaplama olarak yapılmaktadır.

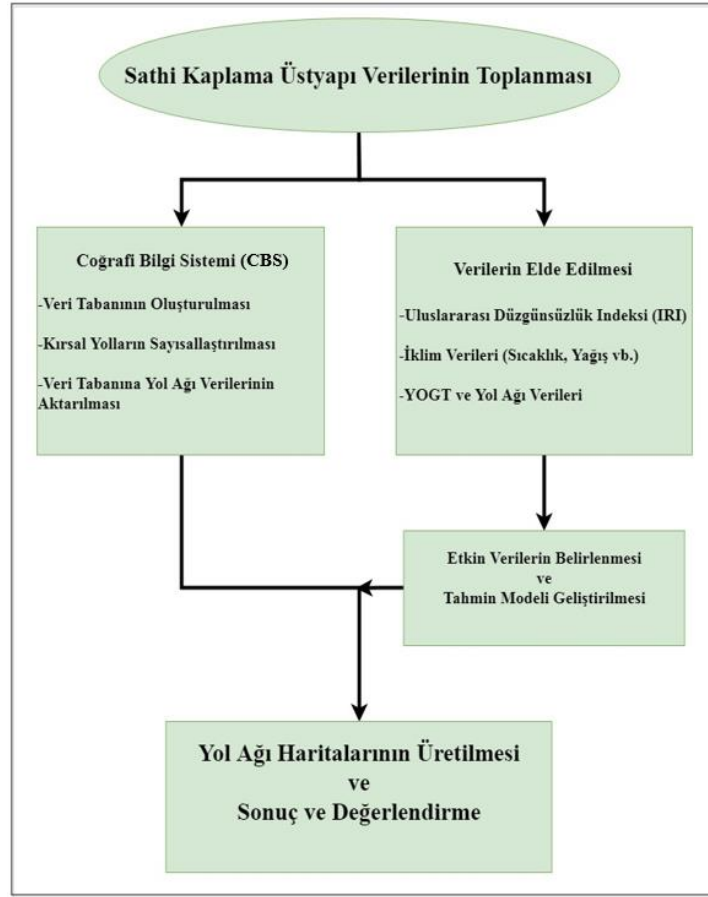
Esnek üstyapı türlerinden olan sathi kaplamalar genellikle kırsal yollarda kullanılmaktadır. Bölgelerin demografik yapısındaki dönemsel değişimler trafik yükünü artırmaktadır. Ayrıca kırsal yol ağı içerisinde genellikle kullanılan sathi kaplama, üstyapıda oluşan bakım ve rehabilitasyon ihtiyacının tüm ağa aynı anda uygulanamaması ve kaynak kıtlığı sebebiyle bakımı güçleşmektedir. 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.

Yıllık ortalama günlük trafik (YOGT), temel zeminin stabilitesi, bitümlü bağlayıcı özelliği, püskürtülen 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. Bunun sonucunda, birçok köy yolunda kullanılan sathi kaplama yolların dayanımı etkilenerek kısa sürede bakım ile takviye tabakaların yapılmasını gerektirmektedir. Ortaya çıkan bu gereklilik neticesinde, üstyapıda meydana gelen üstyapı bozulmasının önceden tahmini ve planlı şekilde bakım onarımı ekonomik olarak önemli bir katkıda bulunacaktır.

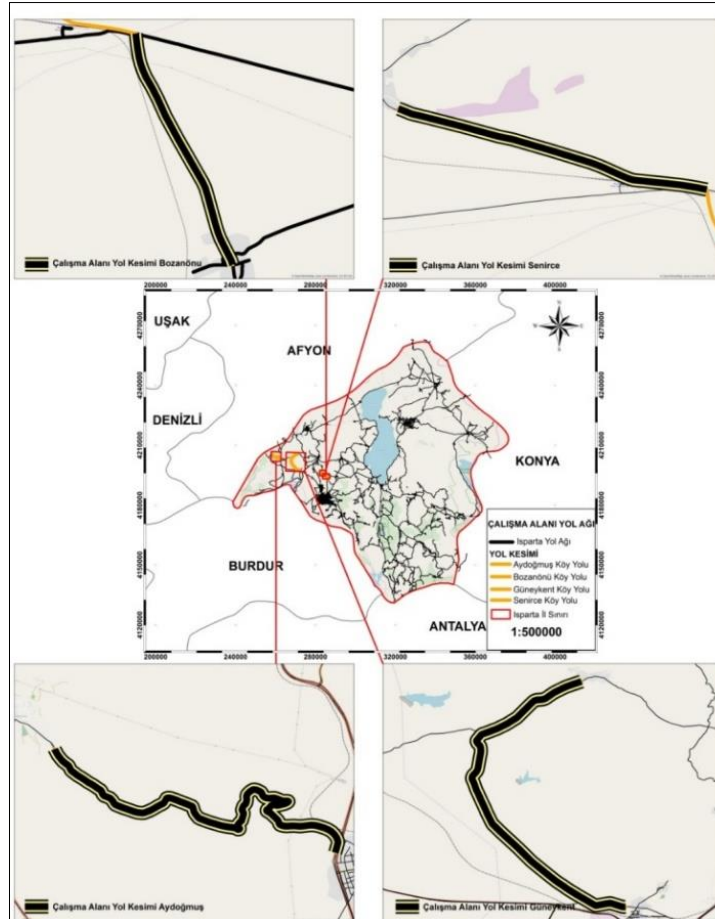
Bu çalışmada, performans ölçütü olan uluslararası düzgünlük indeksi (IRI) değeri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen IRI değerleri ile trafik hacmi ve bölge iklim verileri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) veri tabanına aktarılmıştır. CBS sorgulamaları ile en uygun bakım onarım planının elde edilmesi çalışmanın ana amacıdır. CBS olarak ArcGIS 10.2 coğrafi bilgi sistemi programı kullanılmıştır. Literatürde konumsal analiz sebebiyle CBS kullanan çeşitli çalışmalar (Şener vd., 2011; Gerçek ve Güven, 2017; Şener ve Şener, 2019) vardır. Bu çalışmalar da CBS kullanımının uygunluğunun göstergesidir. CBS kullanımına ek olarak Çelikli (2018) tarafından geliştirilen IRI tahmin modelleri kullanılmıştır. Tahmin edilen IRI değerleri ile CBS programı üzerindeki yol ağında sathi kaplama köy yollarının üstyapı yönetim uygulamalarının sorgulanması ve tematik haritalarının üretimi gerçekleştirilebilmektedir. 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). Literatürde üstyapı yönetim sisteminin kullanılabilirliğini gösteren birçok çalışma mevcuttur (Ay, 2001; Saha ve Ksaibati, 2016; Shrestha vd., 2018; Almuhannd vd., 2018; Wang vd., 2018). Çalışma kapsamında Isparta ilinden dört güzergah seçilmiş ve seçilen yollar için İl Özel İdare tarafından yolların envanter bilgileri toplanmıştır. Ayrıca bölgenin geçmişe dönük iklim verileri ile trafik hacim bilgileri ile IRI üzerindeki etkileri incelenmiştir. IRI, üstyapı performansının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. IRI, yol üstyapısında belirli bir kesim boyunca oluşan düzgünlüğü ifade etmektedir. Genellikle bir kilometre boyunca ölçüm tekerleğinin düşey doğrultuda toplam hareketinin metre cinsinden gösterimidir. Karayolu bölümleri için bakım gereksinimlerini tespit etmek için ulaştırma kurumları tarafından uluslararası düzeyde kullanılan kritik bir göstergedir. IRI değerinin ölçüm kolaylığı, özellikle bir yol kesimi IRI değerinin sadece tek bir test çalışmasına dayanarak belirlenebilmesi ve ağ değerlendirmeleri için duyarlı olduğu çalışmalarda belirtilmektedir (Abdelaziz vd., 2018; Zhang ve Wang, 2018; Qian vd., 2018; Chong vd., 2018; Simpson vd., 2018; Jia vd., 2018). Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tüm çalışmalara ait bir akış diyagramı Şekil 1'de sunulmuştur.

## 2. Analiz Yol Kesimleri (Analysis of Road Sections)

Bu çalışmada analiz edilen kırsal yol kesimleri Çelikli (2018) tarafından tez çalışması kapsamında kullanılan yollardır ve gelecek IRI tahminleri için Çelikli (2018) tarafından ortaya konulan IRI tahmin denklemleri kullanılmıştır. Bu yollar Isparta İli, Merkez, Gönen ve Keçiözümlü İlçelerindeki köy yolları (Şekil 2) olup yolların envanter bilgileri, bölgeye ait kullanılan iklim verileri, yolu kullanan trafik miktarı ve son olarak yolun IRI ölçümleri bu başlık altında verilmiştir.



Şekil 1. Akış diyagramı (Flow Chart)



Şekil 2. Çalışma Alanı Yol Ağı Haritası (Study Area Road Network Map)

## 2.1. Yol Envanter Bilgileri (Road Inventory Information)

İl Özel İdare kayıtlarından alınan bilgiye göre kırsal yollarda 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 maksimum elek açıklıkları Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Yollarda kullanılan maksimum agrega boyutları (Maximum aggregate sizes used on roads)

Yolun Tanımı	Nominal maksimum – maksimum agrega boyutu (mm)
Bozanönünü	13-18
Senirce	18-25
Güneykent	13-18
Aydoğmuş	13-18

### 2.1.2. Bölgeye Ait İklim Verileri (Regional Climate Data)

Kırsal yolların bulunduğu bölgelerin iklim değerleri yıllık olarak Tablo 2.'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.

**Tablo 2.** Bölgelere ait iklim verileri (Climate data of the regions)

İklim	İlçe	Yıl		
		2015	2016	2017
Yağış (mm=kg/m2)	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

### 2.1.3. Kırsal Yolları Kullanan YOGT Değerleri ve IRI Verileri (AADT Values and IRI Data Using Rural Roads)

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). Dikkate alınan yol kesimleri için YOGT değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Analiz yol kesimlerinin yıllara bağlı YOGT değerleri (AADT values of analysis road sections depending on years)

Yıllar	YOGT (taşıt)		
	2015	2016	2017
Bozanönü	100	125	133
Senirce	22	28	31
Güneykent	141	174	222
Aydoğmuş	32	53	77

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

### 2.1.4. IRI Tahmin Modelleri (IRI Prediction Models)

Çelikli (2018) tarafından ortaya koyulan ve Isparta bölgesi kırsal yollarının IRI tahmininde kullanılabileceği savunulan fonksiyonlar Bozanönü Köy Yolu için Denklem 1 ile, Senirce Köy Yolu için Denklem 2 ile, Güneykent Köy Yolu için Denklem 3 ile ve Aydoğmuş Köy Yolu için Denklem 4 ile gösterilmiştir. Bu fonksiyonların kullanılması ile elde edilecek tahminlerin yüksek başarı göstermesi beklenmektedir.

$$IRI = \left[ \begin{array}{l} 14,061 + (Kümülatif \text{ gün} * 4,720) - (Yağış * 0,025) - (Ort. Sıcaklık * 0,418) \\ - (Donma - Çözülme * 0,002) - (Kar * 0,027) - (NispiNem * 0,107) \\ - (Otomobil * 0.095) + (Kamyon * 0,260) + (Otobüs * 0,625) \end{array} \right] \quad (1)$$

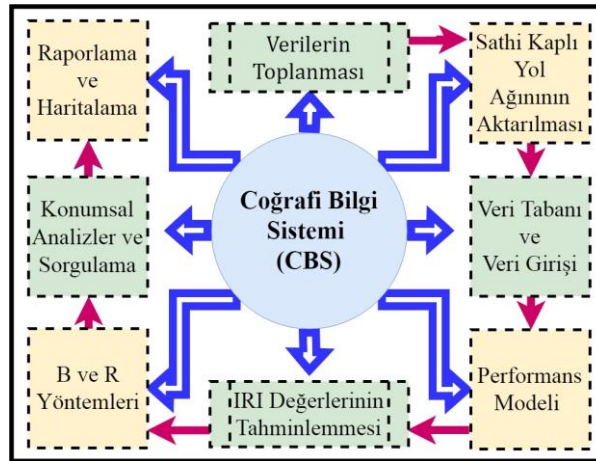
$$IRI = \left[ \begin{array}{l} 7,561 + (Kümülatif \text{ gün} * 0,660) + (Yağış * 0,000) - (Ort. Sıcaklık * 0,005) \\ + (Donma - Çözülme * 0,005) - (Kar * 0,006) + (NispiNem * 0,002) \\ + (Otomobil * 0.003) + (Kamyon * 0,007) - (Otobüs * 0,625) \end{array} \right] \quad (2)$$

$$IRI = \left[ \begin{array}{l} 9,759 + (Kümülatif \text{ gün} * 3.149) + (Yağış * 0,007) + (Ort. Sıcaklık * 0,017) \\ + (Donma - Çözülme * 0,037) - (Kar * 0,023) - (NispiNem * 0,022) \\ - (Otomobil * 0.001) + (Kamyon * 0,027) - (Otobüs * 0,371) \end{array} \right] \quad (3)$$

$$IRI = \left[ \begin{array}{l} 11,957 + (Kümülatif \text{ gün} * 2,803) - (Yağış * 0,014) - (Ort. Sıcaklık * 0,091) \\ + (Donma - Çözülme * 0,006) - (Kar * 0,011) - (NispiNem * 0,080) \\ + (Otomobil * 0.014) - (Kamyon * 0,181) - (Otobüs * 1,248) \end{array} \right] \quad (4)$$

### 3. Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System)

Coğrafi bilgi sistemleri veri tabanı üzerinde verilerin saklanması ve güncellenmesi hızlanmaktadır. Elde edilen verileri, veri tabanlarına girerek 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 çalışmada sathi kaplı yollara ait verilerin tek bir veri tabanında birleştirilerek, gelecek yıllara ait bozulmalarının tahmin edilmesi ile bakım ve rehabilitasyon durumlarının en etkin şekilde dağılımı yapılması amaçlanmıştır. Şekil 3'te CBS ortamında yapılan yöntem akış şeması verilmiştir.



Şekil 3. Yöntem Akış Şeması (Method Flow Chart)

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 tahmin edilmiştir. Elde edilen IRI değerlerine göre uygulanacak B ve R yöntemleri belirlenmiştir. Kısıtlı bütçe altında sathi kaplı yol ağının gelecekteki bozulmalar ve önlemler noktasında çıktılar elde edilmiştir. Ayrıca çeşitli verilerin tek bir veri tabanında toplanmıştır.

### 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Üstyapı Yönetiminin Belirlenmesi (Determination of Pavement Management Using Geographical Information Systems)

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 veri tabanıdır (ESRI, 2018). Veri tabanı 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 veri tabanı oluşturularak geliştirilen performans modeli ile elde edilen değerler ve arazi deneyleri ile elde edilen değerler veri tabanına aktarılması için toplanmıştır.

### 4. Araştırma Bulguları ve Değerlendirilmesi (Research Findings and Evaluation)

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur. 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.

#### 3.2.2 Veri Tabanı ve Veriler (Database and Data)

CBS'nin özelliğinden dolayı, her bir nesne için zaten bir veri tabanı bulunmaktadır. Bu mevcut veri tabanı üzerine performans tahmini ve optimizasyon modelleri için gerekli olan bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Veri tabanında yol tanımlama bilgileri (Yol Adı, Yolun Tanımı, Yolun Kodu, Kesim Numarası, Kesim Uzunluğu, Yol Tipi (Asfalt Veya Sathi), İnşaat veya Yapısal Onarım Tarihi), trafik yükleri (Otomobil YOGT değeri, Otobüs YOGT değeri, Kamyon YOGT değeri), malzeme bilgileri (Malzeme Durumu, Bağlayıcı Malzeme, Astar, Agregada Gradasyonu, Üstyapı Tabaka Kalınlıkları Toplamı, Yolun Genişliği, Yapışma Eksikliği, Sıkıştırma Eksikliği, Bitüm Fazlalığı, Agregada Dayanımı), bozulma bilgileri (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), düzensizlik verileri (mevut IRI, bir yıl sonra IRI, iki yıl sonra IRI, üç yıl sonra IRI, dört yıl sonra IRI, beş yıl sonra IRI, altı yıl sonra IRI), iklim verileri (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, Ortalama Sıcaklık, Donma-Çözünme, Kar örtüsü, Nispi Nem) ve bakım onarım yöntem ve maliyetleri (Mevcut bakım maliyeti, bir yıl sonra oluşacak bakım maliyeti, iki yıl sonra oluşacak bakım maliyeti, üç yıl sonra oluşacak bakım maliyeti, dört yıl sonra oluşacak bakım maliyeti, beş yıl sonra oluşacak bakım maliyeti, altı yıl sonra oluşacak bakım maliyeti) kullanılmıştır. Veri tabanına bilgilerin girilmesinden sonraki adım sathi kaplama köy yolunun gelecekteki performans sorgulamasının yapılmasıdır.

#### 3.2.3. CBS Kullanılarak Optimizasyon Çalışması (Optimization Study Using GIS)

CBS'nin vazgeçilmez bileşenlerinden olan gelecek durum sorgulamaları program yardımıyla kullanılmıştır. Performans modeli ile tahmin edilen gelecek yıllara ait IRI değerleri veri tabanına eklenmiştir. Bu amaçla, çalışma alanına ait sathi kaplama yol kesimlerinde meydana gelen bozulmalar sorgulama özelliği kullanılarak haritalanmıştır. Tablo 4'de 2017'den 2023 yılına kadar IRI değerlerinin sorgulanması gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Sorgulama sonucu elde edilen IRI değerleri (IRI values obtained as a result of the query)

Yıl	IRI Değerleri			
	Aydoğmuş	Güneykent	Senirce	Bozanönü
2017	6,93	6,89	5,65	9,03
2018	11,43	12,43	10,43	15,58
2019	13,50	16,63	14,35	19,67
2020	13,85	19,47	21,61	21,28
2021	16,63	20,96	23,78	22,14
2022	21,83	21,10	25,09	25,47
2023	29,46	22,31	25,53	31,27

#### 4. Sonuçlar (Results)

Bu çalışma ile, 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 yönetim sistemi kullanılarak, minimum bakım maliyetlerine sahip tatmin edici bir üstyapı performansı sağlanması mümkündür.

Karayolu yönetim kararları düşünüldüğünde birçok etkenin 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. CBS sorgulamaları 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 kaplı 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 bir örnek uygulama yapılmıştır. Bahsedilen bu amaçların tamamına, örnek çalışmada ulaşılmıştır.

#### Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

#### Kaynaklar (References)

- 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.
- Almuhanna, 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.
- Ay, S., 2001. Antalya Bölgesindeki Devlet Yollarının Üstyapı Performanslarının Analizi ve İyileştirme Çalışmaları, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Çelikli, U., 2018. Kırsal yolların üstyapı performansının belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 220s, Isparta.
- Gerçek, D., Güven, İ. T. Kentlerde Yeşil Alanların Yeterlilik, Erişebilirlik ve Bütünsellik Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(2), 393-397.
- 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.
- Jia, X., Huang, B., Zhu, D., Dong, Q., & Woods, M., 2018. Influence of Measurement Variability of International Roughness Index on Uncertainty of NetworkLevel Pavement Evaluation. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 144(2), 04018007.
- KGM, 2018. İstatistikler. Erişim Tarihi: 15.09.2018. <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/DevletveIlyolEnvanteri.aspx>
- Morova, N., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Gerçekleştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 361s, Isparta.
- 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.



- 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.
- 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.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B. 2011. Landfill Site Selection by using GIS and Multicriteria Decision Analysis. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(3), 134-144.
- Şener, E., Şener, Ş. 2019. Meteorolojik kuraklığın coğrafi bilgi sistemleri tabanlı zamansal ve konumsal analizi: çorak gölü havzası (burdur-türkiye) örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 596-607.
- 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.
- 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.
- 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.