

Ülkemizin Devlet ve İl Yollarının Üst Yapı Bakım Onarım Maliyetinin Parametrik Çoklu Doğrusal Regresyonla Analizi

İhsan GÜZEL^{1*}

^{1*} Bingöl Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl/Türkiye.
ORCID No: 0000-0002-9153-8644, e-mail: iguzel@bingol.edu.tr

(Alınış/Arrival: 05.12.2023, Kabul/Acceptance: 21.12.2023, Yayınlanma/Published: 15.06.2024)

Özet

Ülkelerin varlıkları olan karayollarının korunması için yapılan bakım işletme maliyeti içerisinde büyük paya sahip olan üst yapı bakım onarım (ÜBO) maliyetlerini trafik yükü, iklim ve çevre koşulları en fazla etkilemektedir. Ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) sorumluluğunda bulunan devlet ve il yollarının ÜBO çalışmaları 17 adet bölge müdürlüğünde karma yöntemle yapılmaktadır. Tesis maliyetleri dâhil edilmediği 2021 yılının ÜBO maliyetlerinin yağış, eşdeğer standart dingil yükü (ESDY) sayısı ve bitümlü sıcak karışım (BSK) esnek kaplama (EK) oranı bağımsız değişkenleriyle ilişkisi SPSS paket programında parametrik çoklu doğrusal regresyon analiziyle araştırılmıştır. Sonuçların istatistiksel anlamlılığı ve regresyon eşitliğinin kullanılabilirliği kontrol edilmiştir. Ülke genelinde regresyon eşitliğinin maliyet tahmini gerçekleştiren maliyetin 0,992 oranındadır. Bu oran bölge müdürlüklerinde ise 0.72 ile 1.39 arasında değişmektedir. Regresyon eşitliğine göre ÜBO maliyeti, BSK /EK oranı artıkça azalmakta, yağış miktarı ve ESDY sayısı artışıyla artmaktadır. Maliyetin azaltılması için BSK oranının artırılması ve özellikle mevcut sathi kaplamalarda drenaj iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiği tespit edilmiştir

Anahtar Kelimeler: Üst yapı, bakım onarım, maliyet, Regresyon, İstatistik

Abstract

Traffic load, climate and environmental conditions affect the superstructure maintenance and repair costs, which have a large share in the maintenance and operation costs of protecting the highways, which are the assets of the countries, the most. In our country, the superstructure maintenance and repair works of state and provincial roads, which are under the responsibility of the General Directorate of Highways, are carried out by a mixed method in 17 regional directorates. The relationship between the superstructure maintenance and repair costs of 2021, when facility costs were not included, and the independent variables of precipitation, equivalent standard axle load number and bituminous hot mixture flexible coating ratio, was investigated with parametric multiple linear regression analysis in the SPSS package program. The statistical significance of the results and the usability of the regression equation were checked. The cost

estimate of the regression equation across the country is 0.992 percent of the actual cost. This ratio varies between 0.72 and 1.39 in regional directorates. According to the regression equation, the cost of ÜBO decreases as the BSK / EK ratio increases, and increases with the increase in the amount of precipitation and the number of equivalent standard axle loads. It has been determined that in order to reduce the cost, it is necessary to increase the Bituminous Hot Mix ratio and to carry out drainage improvement works, especially in existing surface coatings.

Keywords: Superstructure, Maintenance, Cost, Regression, Statistical

1. Giriş

Kara ulaştırması türlerinde karayolu ulaşımının alt yapısı toplumu ilgilendiren yüksek maliyetli kamu yatırımlarıdır. Bu nedenle karayolu yapılarında sürdürülebilirliğin üç temel bileşeninden biri olan ekonomik sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde yaşam döngü maliyet analizi sıklıkla kullanılmaktadır. [1]. Maliyet odaklı bu analizde doğudan maliyetler ilk yapım, bakım onarım işletme maliyeti ve hizmet süresi sonunda yapının mali değerini kapsamaktadır [2]. Karayolu güzergâhlarının işletilmesinde trafik ve çevre koşullarından en fazla etkilenen üst yapıların bakım onarımı yaşam döngü maliyet analizinde önemli maliyetler arasındadır.

BSK kaplamaların 20 ile 35 yıl hizmet süresi aralığında farklı bakım ve onarım metotlarıyla yaşam döngü maliyet analizi çalışmalarında ÜBO maliyeti üst yapı ilk yapım maliyetinin % 46'sı ile %75'i arasında değiştiği belirtilmiştir. [3]-[5]. Bu oranlara göre ülkelerin karayolu ağında yapılacak ÜBO çalışmalarını kamu bütçelerinde önemli giderler olacaktır.

Hizmet sektöründe yer alan karayollarını ülkelerin varlıkları olup mühendislik, yönetim ve ekonomik ilkeler göz önüne alınarak korunması için geleceğe yönelik bakım işletme bütçe planlamalarının yapılması varlık yönetimi açısından önemlidir [6],[7]. Varlık yönetimi kapsamında bulunan üst yapı yönetim sisteminde (ÜYS) hizmet süresince performans tahminlerine göre ÜBO, yol kullanıcı maliyetleri aę ve proje düzeyinde yıllık ayrılan sınırlı bütçeler dikkate alınarak ekonomik önceliklere göre belirlenmektedir[8],[9].

ÜBO maliyetini etkileyen faktörlerden biriside çalışma prensibidir. ÜBO çalışmaları genel bakım işletme içerisinde veya dışında kamu kurumları, özel sektör ve karma olmak üzere üç çalışma yöntemiyle yapılmaktadır. Özel sektör çalışmaları tasarım aşaması dâhil veya hariç olarak, yap işlet devret veya tasarım ve inşaat aşamasından bağımsız kamuyla yapılan uzun süreli sözleşme yaklaşımlarına dayalıdır [10]

Sözleşmelerin tutarları genellikle maliyet analizini etkileyecek değişkenler dikkate alan iki farklı yaklaşım modeliyle tahmin edilmektedir. Birincisi karmaşık problemleri çözmek için algoritma tasarımına dayalı biyolojik ve doğal zekâ modellerini içeren hesaplamalı zekâ, ikincisi sayısal verilerin, toplanması, düzenlenmesi ve yorumlanmasının matematiği olan istatistik modellerdir [11],[12]. Ekonomi, mühendislik gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan istatistiksel veri analiz yöntemlerinden biride regresyon analizidir [13].

Önemli bütçe kısıtlamalarının olduğu ABD karayollarının bakım onarımı için trafik sayısı ESDY sayısı, yağış türü, arazi koşulları, maksimum minimum, sıcaklık değişkenlerine göre sözleşme performans verimliği [14], karayolu bakım onarım sözleşmelerinin süresi, sözleşme bedeli, güzergâh uzunluğu ve çalışma özelliği verileriyle performans dayalı sözleşme maliyeti değişimleri

regresyon analizleriyle değerlendirilmiştir [15]. İsveç'te yol bakım sözleşmelerinde yol uzunluğu, taşıt-km, kenar ve orta bariyer, kar yağışı, yol koşullu verilerinin maliyet verimliğinde etkileri [16], Kanada'da kış şartlarında bakım onarım maliyetlerinin değişen hava, yüzey ve yol güvenliğinin ilişkisi [17] regresyon analizleriyle belirlenmiştir.

ABD'nin Nevada Eyaletine yaşam döngü maliyeti analizlerinde değerlendirmek üzere karayollarının rutin çalışmalarında, ekipman, malzeme, insan gücü maliyetleriyle trafik, yol geometrisi, kaplama yapısı ve iklim ilişkisi doğrusal regresyon analiziyle incelenmiştir [18].

ÜBO maliyetleri platform genişliği, yol uzunluğu kaplama kalınlığı, tipi, şerit sayısı ve kaplama yapım yılı, değişkenleriyle ilişkili olarak doğrusal regresyon analiziyle tahmin edilmiştir [19]. ABD'nin Indiana Eyaletinde, 11300 mil karayolu kaplamasından toplanan coğrafi konum, trafik sayısı, trafik sınıfı, kaplama tipi, iklim değişken bilgileriyle yapılan doğrusal regresyon analiziyle firmaların yıllık bakım ve onarım harcamaları tahmin edilmiştir[20]. California Ulaştırma Kurumu yaşam döngü planlamalarında bakım ve onarım çalışmalarının yol kullanıcı maliyetlerine etkisi geometrik standart, şerit sayısı, çalışma süresi, trafik kapasitesi, günlük trafik ve saatlik ağır taşıt sayılarına göre regresyon modeliyle araştırılmıştır [21].

Ülkemizin karayolu varlıklarının bir parçası olan Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) sorumluluğunda bulunan 68689 km devlet ve il yolunun % 95'i esnek üstyapıdır, Esnek üstyapıların %42'si BSK %58'i sathi kaplamadır. KGM tarafından 2008 yılında hazırlanan ve yürürlükte olan Karayolları Esnek Üst Yapılar Projelendirme Rehberinde (EÜPR) üstyapı yönetimi ağ ve proje olmak üzere iki seviyede uygulanmaktadır. EÜPR' de üstyapı yönetim sistemi uygulama akış şeması incelendiğinde sistemin sathi kaplamaları değerlendirmedeği görülmektedir [22] .

Devlet ve il yollarının yaklaşık yarısı olan sathi kaplamalı güzergâhları bakım ve onarımları KGM bağlı 17 adet bölge müdürlüğünün karar alıcıları tarafından bozulma türü, yoğunluğu, şiddeti ve trafik güvenliği dikkate alınarak yönetilmektedir.

Devlet ve il yol ağında emanet (kurum makine ve personeli), ihaleli (özel sektörle yapılan sözleşme) olarak ÜBO çalışmaları 17 adet bölge müdürlüğüne bağlı 119 adet şube şefliği yol ağında yapılmaktadır. Trafik, iklim ve çevre koşullarına en fazla maruz kalan üst yapıların bakım onarımları yol kullanıcı maliyetlerini ve bakım, onarım işletme faaliyetleri kapsamında yapılacak sözleşme bedellerini en fazla etkilemektedir

Güzergâhların bakım onarım ve işletilmesinde sözleşme bedeli, performansı verimliği ve ÜBO maliyeti tahmini için literatürde yapılan regresyon analizi ve model çalışmalarında en fazla trafik ve iklim değişkenleri dikkate alındığı tespit edilmiştir.

Ülkemizde devlet ve il yollarının bakım işletme çalışmalarını fiilen yürüten karayolları bölge müdürlükleri farklı trafik, iklim, arazi, koşulları ve esnek kaplama tiplerine sahiptir. Bölge müdürlüklerinin ÜBO maliyetlerinin idari, bölgesel ve ekonomik koşullardan bağımsız olan kaplama tipi, iklim koşulları ve trafik verileriyle ilişkisinin araştırılması ülke genelinde maliyetlerin değerlendirilmesine ve üstyapı yönetimine katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada üst yapıların hizmet süresince performansını en fazla etkileyen trafik, kaplama tipi, iklim ve çevre koşullarını temsil eden sıcaklık, yağış, BSK/Ek oranı ve ESDY sayısı değişkenleriyle ÜBO maliyet ilişkisi parametrik çoklu regresyon analiziyle araştırılmıştır.

2. Parametrik Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Regresyon aralarında sebep sonuç ilişkisi olan değişkenler arasında matematiksel bir fonksiyon tanımlanmasıdır. [23]. Regresyon analiz yöntemlerinden biri olan çoklu doğrusal regresyon yanıt olarak adlandırılan bağımlı değişkenle daha kolay veya daha erken saptanabilen açıklayıcı bağımsız değişkenler arasında ilişkiyi doğrusal olarak kabul ederek yanıt değişkenini tahmin eden ve modelleme yaklaşımı için kullanılan istatistiksel veri analizi yöntemidir [24], [25]. Parametrik çoklu regresyon yöntemi değişkenlerin normal dağılım, eşit aralıklı veya eşit orantılı, sürekli ölçme düzeyinde ve bağımsız değişkenin kategorik olması ön koşul olarak varsaymaktadır [30]. Çoklu doğrusal regresyonun ekonometri modeli Eşitlik 1’de gösterildiği biçimde ifade edilmektedir

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1i} + \beta_2 \cdot X_{2i} \dots \dots \beta_p \cdot X_{pi} + \epsilon_i \quad (1)$$

- Y: Yanıt değişkeni
- X:Açıklayıcı değişken
- P: Açıklayıcı değişken sayısı
- n: Gözlem sayısı (i=1,2,3..n)
- β_p : Açıklayıcı parametreleri
- β_0 : Sabit katsayı
- ϵ :Hata terimlerini

Açıklayıcı değişken parametrelerini belirlemek için en sık kullanılan yöntemlerden biri olan en küçük kareler yöntemi hata terimlerinin toplamı minimum olacak şekilde Eşitlik-2’den tahmin edilen bağımlı değişkenin varyansı regresyon doğrusunun gerçek değerle uyumluğunun göstergesidir. Tahminin standart hatası varyansı ile ilişkili olarak Eşitlik-3’ten hesaplanır.

$$\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{1,i} \dots - \beta_p X_{p,i})^2 = \min \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \epsilon_i^2}{(n-2)}} \quad (3)$$

S: Standart hata,

\bar{Y} : Beklenen değeri ifade etmektedir.

En küçük kareler yöntemine göre regresyon fonksiyonunun tahmin amaçlı kullanılabilirliğine analiz sonuçlarının aşağıda belirtilen varsayımları kontrol edilerek karar verilmektedir [26],[27] Bu varsayımlar

- a) Hatalar birbirinden bağımsız, aritmetik ortalamasının sıfır, eş varyanslık ve normal dağılım göstermelidir.
- b) Eş varyanslılık olmalıdır.
- c) Bağımlı değişkenle bağımsız değişkenle arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır.
- d) Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantılık,
- e) Gözlem değerler arasında uç değerler olmamalıdır.

Regresyon fonksiyonunun gözlem değerlerine yakınsaklığını, bağımlı değişkende değişimin yüzde olarak bağımsız değişkenlerle açıklanma ölçütü ve korelasyon katsayısının karesi olan belirlilik katsayısı (R^2) değerinin yüksek çıkması modelin her zaman kullanılabilirliğini göstermez.

Parametrelerin istatistiksel anlamlılığı H_0, H_1 hipotezlerinin (Eşitlik 4 ve 5) kabul veya reddine göre karar verilir. Bağımsız değişken parametrelerin her birinin istatistiksel anlamlılığı t- testi, parametrelerin eşanlı istatistiksel anlamlılığı için ise F-testi yapılır. F ve t değerleri bu testlere ait tablo değerleriyle karşılaştırılması sonucunda Eşitlik 6, 7’de belirtilen şartların sağlanması durumunda H_0 hipotezi red edilerek parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna kabul edilir.

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_p = 0 \quad (4)$$

$$H_1: \beta \neq 0 \quad (5)$$

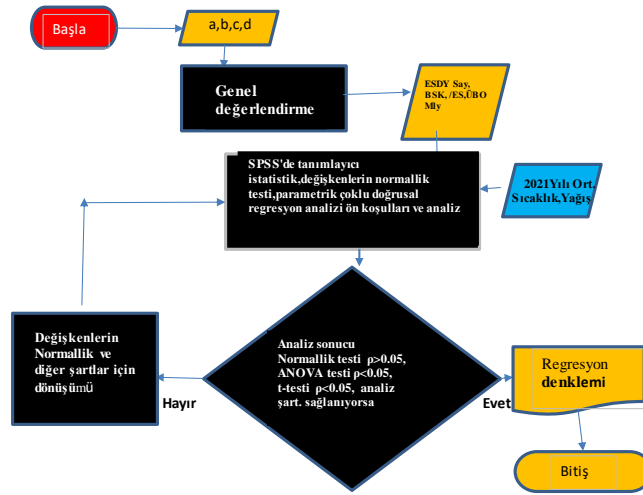
$$|t_h| > |t_{\alpha, n-p}| \quad (6)$$

$$|f_h| > |f_{\alpha, p-1, n-p}| \quad H_0 \text{ hipotezi red edilir.} \quad (7)$$

Analiz sonucunda H_0 hipotezinin red edilmesi durumunda yanlış olma olasılığı (α) bilimsel çalışmalarda genellikle 0.05 olarak alınmaktadır. İstatistik paket programlarında tespit edilen önemlilik katsayısı ρ 0.05’den küçük olması durumunda parametreler istatistiksel açıdan anlamlı olarak değerlendirilmektedir [28].

3. Metodoloji

KGM web sayfasında erişime açık olan 2010 ile 2021 yılları arası bakım işletme maliyeti [29], trafik ulaşım bilgileri [30] ve yol ağı kaplama durumu [31] incelenmiştir. Bu yıllarda bakım işletme maliyetlerinde devlet, il yolu ayrımı yapılmadığı, il yollarının trafik ulaşım bilgileri her yıl güncellenmediği ve 2021 yılından itibaren tesis yatırımları maliyetlere dâhil edilmediği tespit edilmiştir. ÜBO maliyetiyle ESDY sayısı, iklim koşulları ve kaplama tipinin ilişkilerini daha iyi belirlemek için tesis maliyetlerinin dâhil edilmediği 2021 yılına ait veriler dikkate alınmıştır. Bu yıla ait güncellenmemiş il yollarının trafik ulaşım bilgileri (Taşıt-Km) bölgelerin 2019 yılı il yolu taşıt-km sayılarına göre güncellenerek ESDY sayısı hesaplanmıştır. Bölge Müdürlüklerin BSK/EK, sıcaklık, ESDY sayısı ve yağış [32] bağımsız değişkenlerinin bağımlı ÜBO maliyeti değişkeniyle ilişkisi akış şemasına (Şekil.1) göre SPSS paket programında parametrik çoklu regresyon analiz yöntemiyle araştırılmıştır.



Şekil 1. Çalışma akış şeması

Akış şemasında belirtilen a 2021 yılı bakım işletme maliyeti, b 2021 Yılı trafik ulaşım, c 2019 Yılı trafik ulaşım, d yol ağı verileridir.

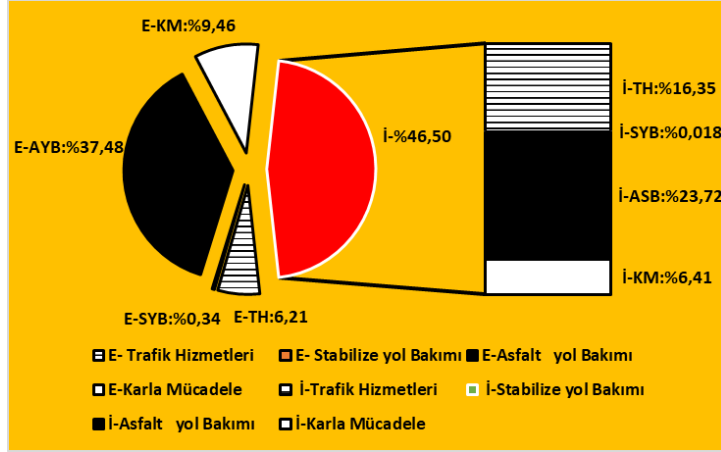
4. Bulgular

KGM sorumluluğunda bulunan devlet ve il yollarında 2021 yılında trafik hizmetleri, stabilize yol bakımı, asfalt yol bakımı (Üst yapı bakım onarım)ve karla mücadele hizmet başlıkları altında yapılan çalışmaların maliyetleri Tablo-1’de gösterilmiştir. Toplam maliyetin %53.50 ‘si emanet (E), %46.50’si ihaleli (İ) çalışmadır. Emanet çalışmanın %38’i personel ve faturalı (Aydınlatma, su, elektrik, telefon, doğalgaz, telefon, internet vb.) sabit giderlerdir.

Tablo 1. KGM bakım işletme maliyetleri [29]

| Yapılan İş | Çalışma Tipi | | | | Toplam | |
|-------------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|---------|
| | Emanet | | İhaleli | | | |
| | TL | TL/Km | TL | TL/Km | TL | TL/Km |
| Trafik Hizmetleri | 461.251.732 | 7.413 | 1.213.872.466 | 19.508 | 1.675.124.198 | 26.921 |
| Stab.Yol Bakımı | 388.918 | 409 | 19.766 | 21 | 408.684 | 430 |
| Asfalt Yol Bakımı | 2.740.829.693 | 44.731 | 1.734.574.754 | 28.308 | 4.475.404.447 | 73.039 |
| Karla Mücadele | 690.852.401 | 11.292 | 467.775.914 | 7.646 | 1.158.628.315 | 18.938 |
| Toplam | 3.893.322.744 | 63.845 | 3.416.242.900 | 55.483 | 7.309.565.644 | 119.328 |

Bakım işletme maliyetinin yaklaşık %62 ‘si olan ÜBO maliyetinin % 37,48’i emanet % 62,52’ si ihaleli maliyettir (Şekil.2).



Şekil 2. Maliyetlerin çalışma tipi ve yapılan işe göre dağılım oranları [29]

2010 ile 2021 yılları arası maliyet verileri ve ÜBO çalışma içeriği değerlendirildiğinde maliyetler;

- İdari kararlar ve üst yapı yönetiminin etkinliği,
- Kamu personel sayısı, eğitim bilgi ve tecrübesi, makine ve araç parkı özellikleri,
- Bölge müdürlüklerinin sorumlu olduğu bölgenin ekonomik koşulları,
- Yol ağının coğrafi konumu, meteorolojik koşulları (yağış, sıcaklık nem, rüzgâr), geometrik standartları, trafik hacmi, taşıt sınıfı, yol kullanıcı maliyetleri, trafik güvenliği,
- Bakım onarım çalışmalarında kullanılan malzeme kalitesi
- Yol ağının ulusal ve uluslararası arası önemi,
- Özel sektöre yaptırılacak işlerin ihale biçimi, sözleşmenin süresi, işlerin miktarı, istenilen personel sayısı, niteliği, istenilen makine, araç sayısı ve teknik özellikleri,
- Yol ağında meydana gelen doğal afet,
- Kaplama tipi

olmak üzere bir çak değişkenden dolayı bölge müdürlükleri arasında farklılıklar gösterecektir.

2021 yılında devlet ve il yollarının kaplama tipi, BSK / EK oranı ve üstyapı bakımı uzunluklarının bölge müdürlüklerine dağılımı Tablo 2’de gösterilmiştir. Esnek kaplamalı ağın ortalama %92’sinde ÜBO çalışması yapılmıştır.

Tablo 2. Bölge Müdürlüklerinin 2021 yılı kaplama tipi ve ÜBO çalışma uzunlukları [29,31]

| Bölge Müd. | 2021 Yılı Asfalt Bakım Yol Ağı: A (Km) | Kaplama Tipi (Km) | | | | 2021 Yılı Bakım Çalışması Oranı C:A.100/B (%) | BSK Oranı D: BSK.100 /(SK+BSK) (%) |
|------------------------|--|---------------------------|-------------------|----------|---------------------|---|------------------------------------|
| | | Bitümlü Sıcak Karışım BSK | Sathi Kaplama: SK | Diğer DK | Toplam B: BSK+SK+DK | | |
| 1. Bölge (İstanbul) | 2.978 | 3263 | 337 | 81 | 3681 | 80,90 | 90,64 |
| 2. Bölge (İzmir) | 5.009 | 2263 | 3020 | 81 | 5364 | 93,38 | 42,84 |
| 3. Bölge (Konya) | 5.186 | 2372 | 2897 | 235 | 5504 | 94,22 | 45,02 |
| 4. Bölge (Ankara) | 3.440 | 1941 | 1929 | 65 | 3935 | 87,42 | 50,16 |
| 5. Bölge (Mersin) | 4.592 | 2064 | 3239 | 169 | 5472 | 83,92 | 38,92 |
| 6. Bölge (Kayseri) | 3.896 | 1504 | 2546 | 172 | 4222 | 92,28 | 37,14 |
| 7. Bölge (Samsun) | 4.432 | 1996 | 2436 | 117 | 4549 | 97,43 | 45,04 |
| 8. Bölge (Elâzığ) | 3.653 | 766 | 2910 | 241 | 3917 | 93,26 | 20,84 |
| 9. Bölge (D.Bakır) | 4.244 | 1406 | 2984 | 470 | 4860 | 87,33 | 32,03 |
| 10. Bölge (Trabzon) | 3.401 | 1253 | 2148 | 238 | 3639 | 93,46 | 36,84 |
| 11. Bölge (Van) | 2.829 | 899 | 1930 | 773 | 3602 | 78,54 | 31,78 |
| 12. Bölge (Erzurum) | 2.099 | 957 | 1142 | 167 | 2266 | 92,63 | 45,59 |
| 13. Bölge (Antalya) | 3.321 | 1979 | 1342 | 167 | 3488 | 95,21 | 59,59 |
| 14. Bölge (Bursa) | 4.534 | 2032 | 2582 | 88 | 4702 | 96,43 | 44,04 |
| 15. Bölge (Kastamonu) | 2.911 | 766 | 2168 | 64 | 2998 | 97,10 | 26,11 |
| 16. Bölge (Sivas) | 3.260 | 808 | 2452 | 178 | 3438 | 94,82 | 24,79 |
| 18. Bölge (Kars) | 1.489 | 664 | 825 | 53 | 1542 | 96,56 | 44,59 |

ÜBO maliyetlerini etkileyen trafik yükünün üst yapıda meydana getireceği etkinin belirlenmesinde [33] dikkate alınan ESDY sayısı bölge müdürlüklerinin taşıt-km değerleriyle taşıt eşdeğerlik faktörleri çarpılarak hesaplanmıştır. Bölge müdürlüğü merkezlerine ait yağış, sıcaklık verileriyle beraber Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Bölge Müdürlüklerinin 2021 yılı ÜBO maliyeti, ESDY sayısı, bölge merkezi meteorolojik verileri [29, 30,32]

| Bölge No | Toplam Maliyet (TL) | Maliyet (TL/Km) | Devlet Yolu: T Taşıt -Km (10 ³) | 2019 Yılı İl Yolu /Devlet Yolu. Taşıt-Km Oranı İT: (%) | 2021 Yılı İl Yolları dâhil Taşıt-km TTK: .(T+T.İT/100) | Eşdeğer Standart Dingil Yüklü Sayısı ESDY | Ort. Sıcaklık (° C) | Yağış (mm) |
|----------|---------------------|-----------------|---|--|--|---|---------------------|------------|
| 1 | 298.805.504 | 171.926 | 12.438.248 | 18,90 | 14.789.360 | 7.115.184.670 | 14,3 | 648,1 |
| 2 | 351.172.122 | 99.542 | 12.134.400 | 29,42 | 15.704.769 | 7.980.053.165 | 17,9 | 713,8 |
| 3 | 225.475.885 | 87.117 | 7.938.560 | 16,79 | 9.271.714 | 8.076.834.449 | 11,7 | 329,4 |
| 4 | 251.298.357 | 151.834 | 8.421.187 | 10,90 | 9.339.481 | 6.029.947.685 | 12 | 392 |
| 5 | 339.827.499 | 115.350 | 7.685.801 | 24,18 | 9.543.843 | 4.740.372.393 | 19,2 | 613,9 |
| 6 | 265.099.471 | 120.252 | 4.014.175 | 34,02 | 5.379.687 | 3.732.982.497 | 10,7 | 389,6 |
| 7 | 355.670.128 | 122.839 | 6.759.147 | 18,66 | 8.020.479 | 4.736.870.332 | 14,6 | 717,9 |
| 8 | 192.179.735 | 92.511 | 2.852.171 | 26,21 | 3.599.650 | 1.907.613.368 | 13,1 | 415,1 |
| 9 | 349.287.322 | 111.157 | 5.821.450 | 25,73 | 7.319.341 | 4.947.015.967 | 15,9 | 494,9 |
| 10 | 435.698.824 | 172.086 | 3.618.133 | 34,93 | 4.882.045 | 2.273.959.322 | 14,8 | 828,9 |
| 11 | 221.924.832 | 141.744 | 1.932.946 | 15,27 | 2.228.091 | 1.334.577.090 | 9,4 | 392,8 |
| 12 | 143.668.158 | 128.339 | 1.626.315 | 7,66 | 1.750.875 | 1.425.308.179 | 5,7 | 429,9 |
| 13 | 282.043.026 | 116.942 | 6.545.819 | 11,01 | 7.266.273 | 3.709.719.436 | 18,8 | 1060 |
| 14 | 264.604.282 | 92.815 | 8.251.988 | 19,65 | 9.873.325 | 7.143.914.350 | 14,6 | 709,5 |
| 15 | 231.695.501 | 123.385 | 2.845.843 | 25,15 | 3.561.520 | 1.985.268.358 | 9,9 | 482,8 |
| 16 | 200.173.246 | 108.281 | 1.772.133 | 19,19 | 2.112.219 | 1.711.534.637 | 9 | 430,9 |
| 18 | 66.780.556 | 122.275 | 515.138 | 20,00 | 618.144 | 356.834.849 | 4,7 | 506,8 |

ESDY sayısı, yağış, sıcaklık ve BSK/ EK oranı bağımsız değişkenleriyle (Tablo 2,3) ile toplam ÜBO maliyeti arasında ilişkiyi açıklayan korelasyon katsayıları pozitif yönde olup, sırasıyla 0.461, 0.538, 0.806, 0.122 olarak hesaplanmıştır. Bu değişkenlerin birlikte maliyet üzerinde etkilerini çoklu doğrusal regresyon analiziyle araştırmak için bağımsız değişkenlerin normal dağılımı kontrol edilmiştir. Bölge müdürlükleri içerisinde 1. Bölge Müdürlüğü BSK/EK oranı uç değer olduğundan bu bölge müdürlüğüne ait veriler analizde dikkate alınmamıştır. Yağış, sıcaklık bağımsız değişkenleri birbiriyle ilişkili olduğundan ve sathi kaplamalar yağıştan daha fazla etkilendiğinden sadece yağış ve BSK/EK, ESDY sayısı bağımsız değişkenleriyle analiz yapılmasına karar verilerek ortalama ve standart sapmaları Tablo 4 'de gösterilmiştir. Yağış, maliyet ve ESDY sayısı değişkenlerinin normal dağılım eğrilerinin sol uç değerleri eksi değer olduğundan ve bu değişkenler negatif olamayacağından dönüşüm yapılmıştır.

Tablo 4. Değişkenlerin standart sapma ve ortalamaları

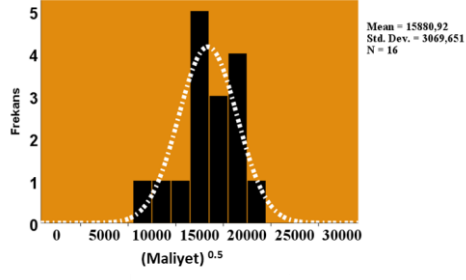
| Değişkenler | Ortalama (M) | Standart sapma (μ) | M-3. μ | M+3. μ |
|------------------------|------------------|--------------------------|------------------|-------------------|
| 2021 Yılı Maliyet (TL) | 261.037.434,00 | 91.564.154,62 | -13.655.029,87 | 535.729.897,87 |
| Yağış (mm) | 556,76 | 200,33 | -44,23 | 1.157,76 |
| SDYS | 3.880.800.379,79 | 2.477.124.209,83 | 3.550.572.249,70 | 11.312.173.009,28 |
| BSK / EK (%) | 39,08 | 10,14 | 8,66 | 69,51 |

Bölge müdürlüğü maliyetlerinin karekök, yağış miktarı ve ESDY sayısının doğal logaritma dönüşümlerinden sonra yapılan Kolmogorov-Smirnova, Shapiro-Wilk normallik testi (Tablo.5) sonuçlarında önemlilik (significance) katsayısı $\rho > 0.05$ olduğundan normallik şartı sağlanmıştır.

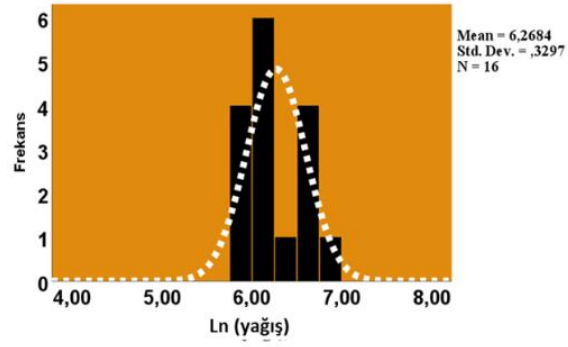
Tablo 5. SPSS normallik testi

| Değişken (Variable) | Normallik Testi (Normality Test) | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Z Testi Puan (Statistic) | Serbestlik Derecesi (df) | Olasılık Tahmini ρ (Sig.) | Z testi puan (Statistic) | Serbestlik Derecesi (df) | Olasılık Tahmini ρ (Sig.) |
| (ÜBOM) ^{0.50} | 0,130 | 16 | ,200* | 0,945 | 16 | 0,410 |
| Ln (yağış) | 0,174 | 16 | ,200* | 0,929 | 16 | 0,239 |
| Ln(ESDY) | 0,163 | 16 | ,200* | 0,911 | 16 | 0,120 |
| BSK/EK | 0,145 | 16 | ,200* | 0,964 | 16 | 0,739 |

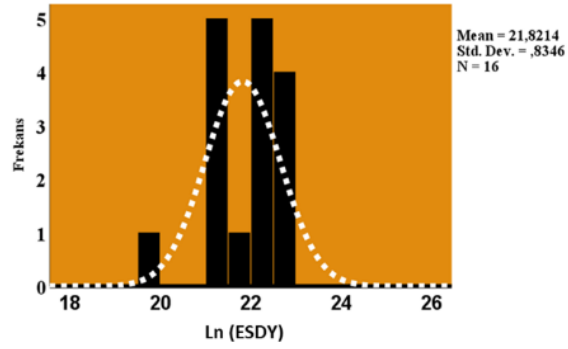
Dönüştürülmüş değişkenlerin histogram diyagramları, standart sapma ve ortalamaları (Şekil.3) değerlendirildiğinde değişkenlerin normal dağılım eğrilerinin uç noktalarının negatif değer olmadığı ve normallik şartı sağladığından (Tablo.5) regresyon analizi bu değişkenlerle yapılmıştır.



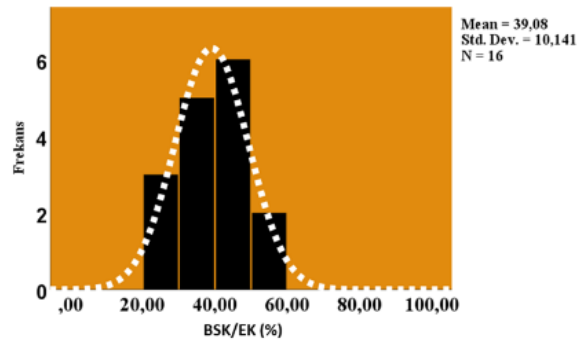
a) Maliyet



b) Yağış



c) ESDY



d) BSK /EK

Şekil 3. Değişkenlerin histogram diyagramları

Regresyon analizi sonucunda bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasında ne derece ilişki olduğunu korelasyon katsayısı (R), bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama yüzdesi olan çoklu belirleme katsayısı (R^2) model özetinde gösterilmiştir (Tablo.6). Regresyon denkleminin ilgisi olmayan bağımsız değişkenler eklendiğinde çoklu belirlilik katsayısı R^2 'nin düzeltilmiş durumu (Adjusted R Square) göre bağımsız değişkenler bağımlı değişkenin (ÜBO maliyeti) %71'ini açıklamaktadır.

Tablo 6. Regresyon model özeti

| Model Özeti (Model Summary) | | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------|---------------------------------------|---|
| Model | R | R^2 (R Square) | Düzeltilmiş R^2 (Adjusted R Square) | Tahminin Standart Hatası (Std. Error of the Estimate) |
| 1 | ,877 ^a | 0,768 | 0,710 | 1651,95689 |

Bağımsız değişkenlerin her biri için t testi, modelin bir bütünü olarak F testi sonuçlarında (Tablo 7,8) önemlilik (Sig.) katsayısı 0,05'den küçük olduğundan H_0 hipotezi red edilerek modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. F testi ANOVA tablosu

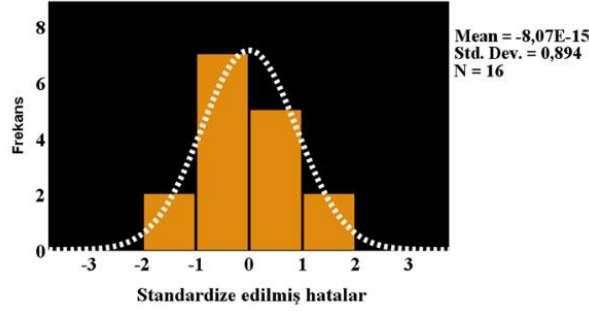
| Model | Kareler toplamı (Sum of Squares) | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler Ort.(Mean Square) | F testi (F) | Sig. |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------|
| 1 Regresyon (Regression) | 108593835,331 | 3 | 36197945,110 | 13,264 | 0,000 |
| Hata/ Atık (Residual) | 32747538,815 | 12 | 2728961,568 | | |
| Toplam (Total) | 141341374,146 | 15 | | | |

Modelde standardize edilmemiş β katsayılarına göre ESDY sayısı, yağış değişkenlerinin maliyeti en fazla etkileyerek artırdığı, BSK/ EK oranı artıkça maliyetin azaldığını göstermektedir.

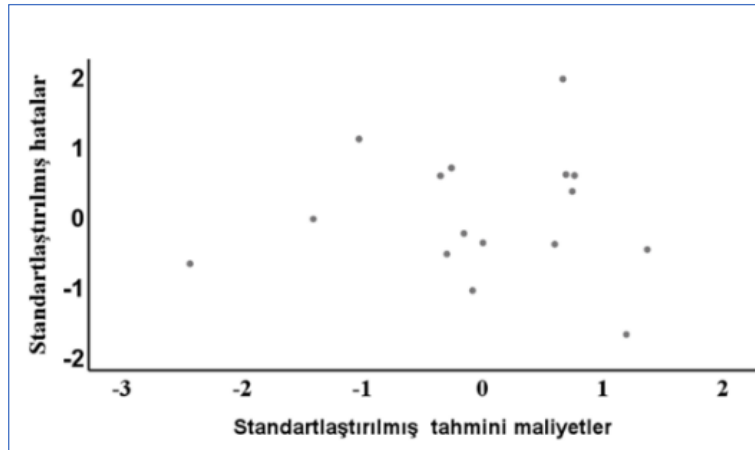
Tablo 8. Regresyon eşitliği katsayıları ve t testi sonuçları

| Katsayılar (Coefficients) | | | | | | |
|---|--|----------------------------|--|--|-------------|-------|
| Model | Standardize Edilmemiş Katsayılar (Unstandardized Coefficients) | | Standardize Edilmiş Katsayılar (Standardized Coefficients) | | t testi (t) | Sig. |
| | β | Standart Hata (Std. Error) | β | | | |
| 1 Sabit (Constant) | - | 13525,124 | | | -5,115 | 0,000 |
| Ln(yağış) | 69184,998 | 1437,728 | 0,538 | | 3,485 | 0,005 |
| Ln(ESDY) | 5010,152 | 534,438 | 0,727 | | 5,002 | 0,000 |
| BSK/EK | 2673,307 | 47,968 | -0,395 | | -2,494 | 0,028 |
| Bağımlı Değişken (ÜBOM) ^{0.50} . (Dependent Variable: (ÜBOM) ^{0.50}) | | | | | | |

Regresyon analizi sonuçları incelendiğinde değişkenler arasında korelasyon değerleri 0.80' den, varyans enflasyon faktörü (VIF) değeri 5'den küçük olduğundan bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantılık bulunmamaktadır. Standardize hatalarının -3.29 ile 3.29 arasında değiştiğinden değişkenlerde uç değer olmadığı tespit edilmiştir. Hataların normal dağıldığı, aritmetik ortalamasının sıfır (Şekil.4) ve standartlaştırılmış tahmini değer hata grafiği dağılımından eş varyanslık şartının sağlandığı görülmüştür (Şekil.5). Ayrıca Durbin Watson katsayısının 1 ile 3 arasında olduğundan hataların birbirinden bağımsız ve otokorelasyon olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Standardize edilmiş hata histogramı



Şekil 5. Standartlaştırılmış maliyet hata saçılma grafiği

Analiz sonucunda elde edilen regresyon fonksiyonu (Eşitlik-8) kullanabilirlik şartlarını sağlandığından devlet ve il yollarında ÜBO maliyetleri bu eşitlikle tahmin edilebilecektir

$$TÜBOM = \left(5010,152 \cdot \ln(\text{Yağış}) + 2673,307 \cdot \ln(\text{ESDY}) - 119,621 \cdot \left(\frac{BSK}{EK} \right) - 69184,998 \right)^2 \quad (8)$$

TÜBOM: Tahmini üst yapı bakım onarım maliyeti (TL)

Yağış: Yıllık yağış ortalaması (mm)

ESDY: Eşdeğer standart dingil yükü sayısı

BSK / EK: Bitümlü sıcak karışım kaplama uzunluğunun esnek kaplama uzunluğuna oranı (%)

Geniş bir coğrafi alana dağılan bölge müdürlüklerinin TÜBOM, gerçekleşen üst yapı bakım onarım maliyetleri (GÜBOM) ve bölgelerin TÜBOM göre birim ESDY maliyetleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Toplam TÜBOM GÜBOM oranı 0,992, ortalama birim ESDY maliyeti ise 0,0944 TL dir.

Tablo 9 Bölgelere göre GÜBOM, TÜBOM ve birim ESDY maliyetleri

| Bölge No | Gerçekleşen Maliyet: GÜBOM (TL) | Regresyon Eşit. Tahmin Maliyeti: TÜBOM (TL) | Fark F:GÜBOM-TÜBOM (TL) | Maliyet oranı MO: GÜBOM / TÜBOM | Eşdeğer Standart Dingil Yüğü Sayısı ESDY | TÜBOM/ESDY |
|----------|---------------------------------|---|-------------------------|---------------------------------|--|------------|
| 2 | 351.172.122 | 382.677.048 | -31.504.926 | 0,9177 | 7.980.053.165 | 0,0480 |
| 3 | 225.475.885 | 238.983.326 | -13.507.441 | 0,9435 | 8.076.834.449 | 0,0296 |
| 4 | 251.298.357 | 223.043.485 | 28.254.872 | 1,1267 | 6.029.947.685 | 0,0370 |
| 5 | 339.827.499 | 319.813.326 | 20.014.173 | 1,0626 | 4.740.372.393 | 0,0675 |
| 6 | 265.099.471 | 230.414.244 | 34.685.227 | 1,1505 | 3.732.982.497 | 0,0617 |
| 7 | 355.670.128 | 321.605.040 | 34.065.088 | 1,1059 | 4.736.870.332 | 0,0679 |
| 8 | 192.179.735 | 244.988.945 | -52.809.210 | 0,7844 | 1.907.613.368 | 0,1284 |
| 9 | 349.287.322 | 314.778.952 | 34.508.370 | 1,1096 | 4.947.015.967 | 0,0636 |
| 10 | 435.698.824 | 312.325.348 | 123.373.476 | 1,3950 | 2.273.959.322 | 0,1373 |
| 11 | 221.924.832 | 171.919.494 | 50.005.338 | 1,2909 | 1.334.577.090 | 0,1288 |
| 12 | 143.668.158 | 146.116.189 | -2.448.031 | 0,9832 | 1.425.308.179 | 0,1025 |
| 13 | 282.043.026 | 305.965.909 | -23.922.883 | 0,9218 | 3.709.719.436 | 0,0825 |
| 14 | 264.604.282 | 364.520.583 | -99.916.301 | 0,7259 | 7.143.914.350 | 0,0510 |
| 15 | 231.695.501 | 252.343.959 | -20.648.458 | 0,9182 | 1.985.268.358 | 0,1271 |
| 16 | 200.173.246 | 227.310.770 | -27.137.524 | 0,8806 | 1.711.534.637 | 0,1328 |
| 18 | 66.780.556 | 87.044.788 | -20.264.232 | 0,7672 | 356.834.849 | 0,2439 |
| Toplam | 4.176.598.944 | 4.143.851.405 | 32.747.539 | - | - | - |

Bölgeler arasında maliyet farklılıklarından dolayı 2021 yılı genel maliyet regresyon eşitliği MO ve ÜFE katsayılarıyla düzenlenerek (Eşitlik-9) bölgelerin yıllık ÜBO maliyetleri edilebilecektir.

$$BTübom_n = TÜBOM_n \cdot MO_n \cdot \frac{YÜFE}{ÜFE_{2021}} \quad (9)$$

BTübom: Bölge üst yapı bakım onarım maliyeti (TL)

n: Bölge numarası

MO: Maliyet oranı

YÜFE: Tahmin edilen yılın üretici fiyat endeksi

ÜFE₂₀₂₁:2021 Yılı üretici fiyat endeksi

Eşitlikte MO’ nı 0,72 ile 1,39 arasında değişimi belirlenen bağımsız değişkenler dışımda kalan değişkenlerin bölge müdürlüğü maliyetlerine etkisini göstermektedir.

5. Sonuç

Devlet ve il yollarında belirlenen bağımsız değişkenlerle yapılan parametrik çoklu doğrusal regresyon analizi sonucunda elde edilen eşitlikle ülke genelinde %0,8 hatayla, bölge müdürlüklerinde ise maliyet oranları katsayıları dikkate alınarak maliyetler tahmin edilebilecektir. Regresyon eşitliğinde BSK oranı artıkaça maliyet azaldığından sathi kaplamalı güzergâhların, kademeli olarak ekonomik üst yapı projelendirmeleriyle (sathi kaplamaların geri dönüşümü,

kaplama kalınlıkları) BSK kaplamalara dönüştürülmesi üstyapı yönetim sisteminde değerlendirilmelidir.

Yağış miktarı maliyeti artırdığından dolayı özellikle mevcut sathi kaplamalı üstyapı güzergâhlarında tabaka ve yüzey drenajları kontrol edilmelidir.

ESDY sayısına göre bakım ve onarım maliyetleri değerlendirildiğinde eşdeğer standart dingil yükünün bölge müdürlüklerinde 0,029 TL ile 0,244 TL arasında bir maliyete (TÜBOM/ ESDY) sebep olmaktadır. Maliyetlerin aritmetik ortalaması 0,0944 TL dir. Ortalamanın üstünde kalan bölgelerin (8,10 11,12, 15,16, 18) genel olarak ortalama hava sıcaklığı düşük ve ESDY sayısı az, kar yağışı fazladır. Bu bölgelerde belirlenen bağımsız değişken dışında kalan diğer değişkenlerin maliyet farklılıklarına neden olabileceği düşünülmektedir.

6. Tartışma

Bu çalışmada ÜBO maliyetlerinin tahmini için değişkenlerin veri sayısı az olup tesis maliyetlerinin dâhil edilmediği 2021 yılından sonraki yıllara ait yayınlanacak değişken verileri dikkate alan analizler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

Yol ağlarından sorumlu olan kurumların ÜBO maliyetlerini güzergâh seviyesinde değerlendirerek bağımsız değişkenlerin etkileri araştırılmalıdır.

Kaynaklar

[1] M. E. Cihangir, Bağdatlı and R. Akbıyıklı, “ Sürdürülebilir ulaştırma yapıları için etkili ekonomik analiz modeli,” TRANSİST 7. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, İstanbul, Turkey, Dec. 2-5. 2014.

[2] P. Babashamsi, N. I. M. Yusoff, .H, Ceylan, N. G. M. Nor and H. S. Jenatabadi “Evaluation of pavement life cycle cost analysis: review and analysis,” *International Journal of Pavement Research and Technolohg*, vol. 9, no. 4, pp. 241-254, Aug.2016

[3] Y. Abut, “A relative assessment of the life-cycle costs of rigid and flexible pavement coatings in Turkey,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol.18, pp. 918-926, Mar.2020.

[4] İ A. Karahacıoğlu, and A. Corum, “ Asfalt Yolların Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi: İstanbul O3 Otoyolunda Uygulanması. *International, Journal of Engineering Research and Development*, vol.12, no.1,pp. 32-39, jan. 2020.

[5] M. S. Islam, “*Development of a smartphone application to measure pavement roughness and to identify surface irregularities*,” .Ph.D. dissertation , Dep. Ciivil Eng., Illinois Univ., Champaign, USA, 2015

[6] S. Fallah-Fini, H. Rahmandad, K. Triantis, and J. M. Garza, “Optimizing highway maintenance operations: dynamic considerations,” *System Dynamics Review*, vol. 26, no.3, pp. 216-238, july, 2010.

- [7] E. M. Ozbek, “Development of a comprehensive framework for the efficiency measurement of road maintenance strategies using data envelopment analysis Virginia,” M.S. thesis, Dep. Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, PA., 2012.
- [8] A.Yüksekli, “Trafik ve değişkenlerinin üstyapı maliyetlerine etkisinin ömür döngü maliyet analizi ile incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, FBE.İnşaat Müh., Yıldız Üniv.,İstanbul Türkiye,2006
- [9] M. Siper,”Yapay Zeka Yöntemleriyle Üstyapı Performans Tahmini,” Yüksek lisans tezi, FBE. İnşaat Müh., N. Erbakan Üniv., Konya ,Türkiye, 2021.
- [10] P. C. Anastasopoulos, J. E. Haddock, and S. Peeta, “Cost Overrun İn Public-Private Partnerships: Toward Sustainable Highway Maintenance and Rehabilitation,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol.140, no..6, pp. 1-9, 2014.
- [11] M. Karlaftis and E. I. Vlahogianni, “Statistical Methods Versus Neural Networks İn Transportation Research: Differences, Similarities and Some Insights,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol.19, no..3, pp.387-399. Oct. 2010.
- [12] P. A. Engelbrech, “Computational intelligence” 2.th ed, Pretoria Üniv ,SA, 2007, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470512517>
- [13] M. E. İnal, D.Topuz, ve O. Uçan “Doğrusal olasılık ve logit modelleri ile parametre tahmini,” *Sosyo ekonomi*, vol 3 no.3, pp. 49-75, Haz. 2006
- [14] S. Fallah-Fini, K.. Triantis,,M. Jesus, M and W. L. Seaver, “Measuring the efficiency of highway maintenance contracting strategies: A bootstrapped non-parametric meta-frontier approach,” *European journal of operational research*, vol. 219, no. 1, pp 134-145, Dec.2011
- [15] P.C. Anastasopoulos, B. G. McCullouch, K. Gkritza, F.L Mannering, F. L. and K.. C. Sinha, “Cost savings analysis of performance-based contracts for highway maintenance operations,” *Journal of Infrastructure Systems*, vol.16,no.(4), pp.251-263, Nov.2010.
- [16] S. Yarmukhamedov, A. S. Smith, and J. C.Thiebaud, “Competitive tendering, ownership and cost efficiency in road maintenance services in Sweden: A panel data analysis ,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 136, pp. 194-204,2020
- [17] A. Abohassan, K. El-Basyouny and T.J. Kwon, ” Exploring the associations between winter maintenance operations, weather variables, surface condition, and road safety: a path analysis approach,”. *Accident Analysis & Prevention*, Vol.163, pp.1-10, July.2021
- [18] M. Hagood, “Highway routine maintenance cost estimation for Nevada,”.M.S. thesis,Dep. Civil and Environmental Eng., Nevada Üniv., Las Vegas, USA, 2014
- [19] A.S. Oladele, A. S. Adedmila and J. A. Egwurube,”.Highway maintenance cost estimation modeling for developing countries: a case study of Nigeria,”. *Botswana Journal of Technology*, vol.1 no.1, pp.1-8, Oct.2011.

- [20] M. Volovski “Econometric Models for Pavement Routine Maintenance Expenditure.” Mid-Continent Transportation Research Symposium, Ames, Iowa. Purdue University, West Lafayette, Indiana,2011.
- [21] S. Kedarisetty, C. Kim and J.T. Harvey,.” Regression models of road user cost prediction for highway maintenance and rehabilitation for life cycle planning in California,”. *Transportation Research Record*,vol. 2676(1), pp.18-29,. DOI: 10.1177/036119812110271
- [22] Karayolları Genel Müdürlüğü, ” Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi”, Teknik Araştırma Dairesi Üstyapı Şube Müdürlüğü, pp. 5-99,2008.
- [23] N.Tezcan, “Parametrik olmayan regresyon analizi,”. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, no.25,pp.345-352,.2011
- [24] A. Arı and H. Onder, “ Farkli veri yapılarında kullanılacak regresyon yöntemleri,” Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi,vol. 28 no.3, pp.168-174, DOI: 10.7161/anajas.2013.28.3.168
- [25] M.S.Temurlenk, ”Ekonometrinin Temelleri” Anadolu Üniv.Eskişehir .Türkiye <https://ets.anadolu.edu.tr/storage/nfs/IKT316U/ebook/IKT316U-20V1S1-8-0-1-SV1-ebook.pdf>
- [26] S. Kılıç, “Doğrusal regresyon analizi,” *Journal of Mood Disorders*, vol.3,no.2, pp 90-92,Haz.2013.
- [27] S.Sahinler, ”The basic principles of fitting linear regression model by least squares method.”, *Journal of Agricultural Faculty, Mustafa Kemal University*, vol.5 , no.2, pp. 57-73. Jan. 2000
- [28] M. Mendeş, S.Subaşı,And E. Başpınar, ” Bilimsel Çalışmalarda P-Değerinin Rapor Edilmesi” *Journal of Agricultural Sciences*, vol.11 no.4,pp. 359-364., Haz. 2005
- [29] Karayolları Genel Midirlüğü, ” 2010-2021 Yılları arası bakım işletme maliyetleri,” 2022 <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/YapimBakimIsletmeMaliyet.aspx> Erişim Tar:9.11..2022
- [30] Karayolları Genel Midirlüğü, ” 2010-2021 Yılları arası Trafik Ulaşım Bilgileri ,” 2022 <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/TrafikveUlasim.aspx> Erişim Tarihi: 16. 12 .2*22
- [31] Karayolları Genel Midirlüğü, ”Yol ağ uzunluğu,” 2022 <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/DevletveIIYolEnvanteri>. Erişim Tar:01 09..2022
- [32] Meteroloji Genel Müdürlüğü, ”İllerimize göre genel istatistik verileri,” 2022 <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> Erişim Tarihi: 22. 11 .2022
- [33] A.Tunç, Kaplama Mühendisliği Ve Uygulamaları. İstanbul Türkiye: Asıl Yayınevi,2004,pp .108-136.