



Yapay Sinir Ağları ile Trafik Yoğunluğu Tahmini*

Traffic Density Estimation with Artificial Neural Networks

Arş. Gör. Nurullah TAŞ ¹, Prof. Dr. Bülent SEZEN ²

Öz

Şehirlerin büyük problemlerden olan trafik yoğunluğu, insan hayatını birçok yönden etkilemektedir. Daha yaşanabilir bir kent hayatı için; mevcut yoğunluğun belirlenerek araç trafiğinin kontrol edilebilmesi ve ileride yaşanabilecek sıkışıklıklar için gerekli önlemlerin alınabilmesi gerekmektedir. Trafik yoğunluğunu arttırabilecek muhtemel parametreler dikkate alınarak gerçekleştirilecek bir yoğunluk tahmininin, kent sakinleri açısından olduğu kadar sürücüler ve bir şehrin mümkün olan en az trafik yoğunluğuna maruz kalmasından sorumlu olan yetkili kurum ve kuruluşlar için önemli bir yeri vardır. Çalışma, İstanbul' a Tuzla ilçesinden giriş yönünde, E-5 karayolu üzerinde yapılmıştır. Veriler, Yandex Trafik ve Wunderground internet sitelerinden elde edilmiştir. Hafta içi günler, mesai saatleri, havanın genel durumu, sıcaklık, rüzgârın hızı ve nem seviyeleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Gün, saat ve hava koşulu değişkenleri kategoriktir ve bu değişkenler kukla değişken olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerden hareketle hız tahmini yapılmış ve trafik yoğunluğu seviyesi belirlenmeye çalışılmıştır. Diğer bağımsız değişkenlere kıyasla, rüzgar hızı ve sıcaklık değişkenlerinin hız üzerinde negatif ve yüksek oranda etkili olduğu, olası bir değişiklik durumunda sıcaklığın hızı en yüksek düzeyde etkileyeceği görülmüştür. İlgili güzergahta genel olarak 80 km ortalama hız düzeyi elde edilmiş ve Serbest Akım Hızı, C ve D hizmet seviyeleri için incelendiğinde, en fazla yoğunluk düzeyinin 16- 22 aralığında, en fazla hacim/ kapasite oranının % 64- 85 aralığında olacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik yoğunluğu, araç hızı, hava koşulları, çalışma zamanı, yapay sinir ağları

Makale Türü: Araştırma

Abstract

Traffic density, which is one of the major problems of cities, affects human life in many ways. For a more livable urban life, by determining the current density, it is necessary to control the vehicle traffic and take necessary measures for future congestion. An estimation of density to be made taking into account the possible parameters that may increase traffic density has an important place for drivers and authorized institutions and organizations responsible for exposure of a city to the least possible traffic density for city residents. The study was carried out on the E-5 highway in the direction of entrance from Tuzla district to Istanbul. The data was obtained from Yandex Traffic and Wunderground websites. Weekdays, working hours, general condition of the weather, temperature, wind speed and humidity levels were taken as independent variables. Day, hour and weather conditions are categorical and these variables are determined as dummy variables. An average speed level of 80 km was obtained on the relevant route, and when Free Flow Speed was examined for C and D service levels, it was determined that the highest density level would be in the range of 16-22, and the maximum volume / capacity ratio would be in the range of 64-85%.

Keywords: Traffic density, vehicle speed, weather conditions, working time, artificial neural networks

Paper Type: Research

* Bu çalışmanın, analiz içermeyen literatür kısmı, 21.06.2019 tarihinde İstanbul'da düzenlenen III. Uluslararası Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Sempozyumu (ISASOR III-2019) kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Çalışma, daha sonra genişletilmiş olup son şekli ile, 27.07.2020 tarihinde, Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

¹Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, nurullahtas@gtu.edu.tr.

²Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, bsezen@gtu.edu.tr.

Giriş

Şehirlerin sürdürülebilir bir hayat standardı ve ekonomik kalkınma düzeyine erişebilmesi için gerekli şartlardan birisi de yaşam alanlarını birbirine bağlayan karayollarında bir düzenin, bu düzen içerisinde de mümkün olan en az sorunla akan bir trafik ağının oluşturulması gerekmektedir.

Hız, karayollarında yoğunluğa sebep olan etkenlerden birisidir. Gerek sürücü tercihlerinin sonucunda gerekse de trafik kurallarından ya da diğer etkenlerden kaynaklı olarak araçların hızları az ya da fazla olabilmektedir. Hızdaki bu az ya da fazlalık, trafik akış seyrine etki etmekte, bu da yoğunluğa ve yoğunluk derecesinin seviyesinde değişikliğe neden olmaktadır. Ayrıca, yoğunluk; trafikteki kaza ve araç sayısı; sıcaklık, yağış, hava durumu gibi meteorolojik olaylar; yolun altyapı özellikleri; trafik talebinin artma gösterdiği gün ve saat, tatil dönemi olup olmaması; sürücülerin tecrübe durumu ve araçların karakteristik özellikleri gibi faktörler tarafından etkilenmektedir.

Nedenleri ve meydana getireceği sonuçlar dikkate alındığında, özellikle büyük insan kalabalıklarının yaşadığı İstanbul gibi büyükşehirlerde, araç trafiğinin kontrol altına alınmasının önemi artmaktadır. Mevcut sıkışıklık düzeyinin tespiti ile belirlenecek seviye, buna neden olan temel nedenlerle birlikte kontrol altına alınmalı ve bu yoğunluğu önleyecek güncel ve muhtemel tedbirler uygulanmalıdır.

Çalışma İstanbul’ da; sıcaklık, nem, rüzgar hızı, hava koşulları gibi meteorolojik faktörler; trafik talebi üzerindeki etkileri nedeniyle gün ve ilgili günlerdeki mesai saatleri değişkenleri dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen bağımsız değişkenler ile araçlara dair hız tahmini yapılmış ve bu hız değerleri üzerinden yoğunluk değerlendirilmesinde bulunulmuştur.

1. Literatür Taraması

Andrey vd. sürücülerin kötü hava şartlarına adapte olmalarını araştırdıkları çalışmalarında, sürücü davranışlarının karlı ve yağmurlu havalarda özellikle sorunlu olduğu belirtmişlerdir (Andrey, Hambly, Mills, & Afrin, 2013). Abdel-Ayt vd. tarafından yapıla çalışmada ise, sis ve duman nedeniyle meydana gelen kazalardaki yaralanma şiddetini tahmin etmeye çalışmışlar ve sonuç olarak; net görüş koşullarındaki çarpışmalarla karşılaştırıldığında, sis ve duman koşullarında meydana gelen çarpışmaların, daha ciddi yaralanmalara yol açma eğiliminde olduğu görülmüştür (Abdel-Aty, Ekram, Huang, & Choi, 2011). Yan vd. tarafından yapılan çalışmada, farklı risk düzeylerinde sürücülerin, sisli havalardaki sürüş riskini düşürmek için hızlarını düşürdüklerini tespit edilmiştir (Yan, Li, Liu, & Zhao, 2014). Cools vd. yaptıkları çalışmalarında; yağışlar ve rüzgar hızının trafik yoğunluğunu azalttığını, yüksek sıcaklıkların ise yoğunluğu arttırdığını belirtmişlerdir (Cools, Moons, & Wets, 2010). Datla ve Sharma, soğuk hava ve kar yağışının trafik hacmi üzerindeki etkisinin gün, saat ve yol türüne göre farklılaştığını, tüm yol tipleri için ise, kar yağışının trafik hacminde bir azalma göstergesi olduğunu belirtmişlerdir (Datla & Sharma, 2008). Nofal ve Saeed çalışmalarında; sıcaklığın stres oluşturduğunu ve sürücü performansını düşüren bir faktör olduğu öne sürmüştür (Nofal & Saeed, 1997). Cools vd. günlük araç sayısı farklılaşmasının haftalık periyotlarla izah edilebileceğini ve tatil dönemlerinde yoğunluğun dikkate değer bir düzeyde azaldığını tespit etmişlerdir (Cools, Moons, & Wets, 2007). Keay ve Simmonds ise, yağmurun gece ve gündüz zaman dilimi için ortalama kaza sayısında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir (Keay & Simmonds, 2005). Unrau ve Andrey, hacim- doluluk ve hız- hacim ilişkilerinin yağışlardan etkilendiğini ve hızın hacme güçlü bir şekilde bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Unrau & Andrey, 2006).

2. Ulaşım ve Trafik Mühendisliği

Ulaşım; yararlı bir maksat uğrunda, şahıslar veya eşyaların yer değiştirmesidir. Ulaşım olayı ile gerçekleşen yer değiştirme faaliyetine de ulaştırma ya da taşıma denilmektedir. Ulaştırma; kara (karayolu- demiryolu), su (denizyolu, iç su yolu), hava ve boru hatları diye altyapı

özelliklerine göre dallara ayrılmaktadır. Gerek yolcuların gerekse de araçların yolları kullanmasıyla gerçekleşen ulaştırma eylemiyle birlikte ise, sefer hali denilen bir trafik oluşmaktadır.

Bir karayolundaki trafik; yolun hacmi, ilgili yoldaki araçların türleri ve nitelikleri gibi hususlar tarafından belirlenmektedir. Trafik mühendisliği ise; sürücü ile yolcular, araçlar ve yolun karakteristik özellikleri gibi 3 temel konudan ibarettir. Bir ulaşım sisteminin plan, tasarım ve uygulanmasında bu 3 temel faktör ile bu faktörlerin birbirleriyle ilişkileri belirleyicidir. Meteorolojik olaylar ile gün ve saat de bu süreçte etkilidir (Yılmaz, 2006).

2.1. Hız

Hız, belirli bir zaman diliminde kat edilen yoldur (Kopal, 2011). Zaman ve mesafe bazı olarak hız tanımlamaları yapılabilir (Turner, Eisele, Benz, & Holdener, 1998):

Zaman- Ortalama Hızı: Birim zamanda, bir yolun sadece bir noktasından geçen taşıtların hızlarının ortalamasıdır. Yolun noktası baz alınarak ölçülür.

Mesafe- Ortalama Hızı: Birim zamanda, belli bir yol bölümünden geçen taşıtların hızlarının ortalamasıdır. Karayolunun uzunluğu baz alınarak ölçülür.

2.2. Yoğunluk

Belirli bir zaman diliminde, bir yoldan veya o yolun bir bölümünden geçen taşıt miktarına yoğunluk denir. Yoğunluk, taşıt/ km cinsinden ifade edilir. Yoldaki iki araç arasındaki mesafeyi de ifade etmesi bakımından bir karayolundaki yoğunluk, ilgili yoldaki hizmet seviyesinin belirlenmesi açısından önemli bir faktördür (Kopal, 2011).

2.3. Hizmet Seviyeleri

Bir yolun hizmet seviyesi; hız, yolculuk süresi, taşıtların manevra serbestisi ve duraksamaları gibi performans kriterleri baz alınarak değerlendirilir. Hizmet seviyeleri, sıklıkla az olmasından çok olmasına doğru A ile F arasında değişmektedir. Seviye bazı tanımlamalar Tablo 1' de, hız bazı Hizmet Seviyeleri ise Tablo 2' de gösterilmiştir (HCM, 2000):

Seviye	Akış Durumu
A	Serbest
B	Makul Serbest
C	Kararlı
D	Kararsıza Yakın
E	Kararsız
F	Zorlama veya Kırılma

En az yoğunluk A düzeyi hizmet seviyelerinde görülürken sırasıyla B, C, D, E ve F düzeylerinde yoğunluk artmaktadır. F seviyesindeki dur- kalk koşullarını tahmin etmek zor olduğundan F seviyesi değerlendirme dışı bırakılmış ve 5 hizmet seviyesi üzerinden hız bazı değerlendirme yapılmıştır.

Servis akış hızı, birim zamanda yolun bir noktası veya bir parçasından geçmesi beklenen araçların saatlik makul hız düzeyidir. Yol kullanıcıları için kabul edilebilir bir işletim hizmeti sağlamak amacıyla genellikle C veya D' deki servis akış hızlarını kullanılmaktadır. Tabloda; ayrıca, çeşitli serbest akış hız düzeyleri için maksimum yoğunluk, ortalama hız, maksimum hacim ve kapasite oranı ve şerit bazı saatlik araç sayısı verilmiştir.

Tablo 2. Çok şeritli yollarda hizmet seviyeleri

		Hizmet Seviyeleri				
Serbest Akış Hızı	Kriterler	A	B	C	D	E
		100	Maksimum yoğunluk (araç / km / şerit)	7	11	16
	Ortalama hız (km / sa)	100	100	98.4	91.5	88
	Maksimum hacim / kapasite oranı (v / c)	0.32	0.50	0.72	0.92	1.00
	Maksimum servis akış hızı (araç / sa / şerit)	700	1100	1575	2015	2200
90	Maksimum yoğunluk (araç / km / şerit)	7	11	16	22	26
	Ortalama hız (km / sa)	90	90	89.8	84.7	80.8
	Maksimum hacim / kapasite oranı (v / c)	0.30	0.47	0.68	0.89	1.00
	Maksimum servis akış hızı (araç / sa / şerit)	630	990	1435	1860	2100
80	Maksimum yoğunluk (araç / km / şerit)	7	11	16	22	27
	Ortalama hız (km / sa)	80	80	80	77.6	74.1
	Maksimum hacim / kapasite oranı (v / c)	0.28	0.44	0.64	0.85	1.00
	Maksimum servis akış hızı (araç / sa / şerit)	560	880	1280	1705	2000
70	Maksimum yoğunluk (araç / km / şerit)	7	11	16	22	28
	Ortalama hız (km / sa)	70	70	70	69.6	67.9
	Maksimum hacim / kapasite oranı (v / c)	0.26	0.41	0.59	0.81	1.00
	Maksimum servis akış hızı (araç / sa / şerit)	490	770	1120	1530	1900

3. İstanbul'da Ulaşım

Tablo 3' te, 2010- 2018 arası dönem için toplam nüfus, motorlu kara taşıt sayısı ve otomobil sayısı, bin kişi başına otomobil sayısı, trafik kazası ve akabinde yaşanan ölüm sayısı gösterilmiştir. İlgili yıllarda, nüfus ve araç sayılarındaki sürekli artışa rağmen, bin kişi başına düşen otomobil sayısındaki oranının da devamlı yükselmesi, İstanbul' daki artan trafik yoğunluğunu göstermesi açısından önemlidir. Bu yoğunluk artışıyla birlikte, meydana gelen trafik kazaları ve neticesindeki ölüm sayıları da yükselmektedir (TÜİK, 2020).

Tablo 3. İstanbul' da ulaşım ile ilgili çeşitli bilgiler

Yıl	Toplam Nüfus	Otomobil Sayısı	Motorlu Kara Taşıtları Sayısı	Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı	Trafik Kaza Sayısı	Ölüm Sayısı
2010	11 121 331	1 821 694	2 794 236	137	11 934	52 812
2011	12 834 113	1 907 782	2 927 650	140	13 887	53 165
2012	14 688 296	2 009 777	3 006 465	145	15 082	54 696
2013	16 307 943	2 146 257	3 230 908	152	15 224	54 770
2014	17 855 440	2 274 368	3 383 812	158	15 577	58 009
2015	19 145 632	2 463 995	3 624 403	168	16 081	60 093
2016	16 238 391	2 644 411	3 845 349	179	16 102	62 563
2017	17 837 519	2 813 027	4 061 725	187	15 497	63 371
2018	20 892 537	2 887 581	4 173 312	192	16 601	62 503

4. Meteorolojik Değişkenler

4.1. Isı ve Sıcaklık

Cisimlerde var olan kuvvete ısı, bu kuvvetin kinetik olarak ortaya çıkmasına ise sıcaklık denir (Eken vd., 2008). Meteorolojik olayların yaşanmasında sıcaklık önemli bir rol oynamaktadır. Farklı sıcaklıklara sahip ortamlarda meydana gelen ısı değişimleri; radyasyon, konveksiyon ve kondüksiyon ile oluşur (Aküzüm vd., 1994).

4.2. Rüzgar

Akıcı özelliğe haiz olan havanın yatay olarak yer değiştirmesi rüzgar olarak adlandırılır (Eken vd., 2008). Sıcaklık artışıyla birlikte hava genişleyip yükselir ve alçak basınç alanı oluşur. Bu alana komşu ve sıcaklığın kısmen daha az olduğu alanda ise soğuk olan hava sıkışıp alçalır ve yüksek basınç alanı oluşur. Yüksek basınç alanından, oluşan bu alçak basınç alanına doğru olan hava akışıyla rüzgar olayı meydana gelir (Aküzüm vd., 1994).

4.3. Bulut

Bulut; buz, su veyahut bunların çekirdeklerinin gözle görülebilen bileşimidir (Gültekin, Demircan, Ulupınar, & Bulut, 2005). Atmosferde su buharı olarak yer alan havanın, alçak basınç seviyelerinde soğuması ve buz kristali veya küçük su damlaları haline gelmesiyle bulut meydana gelir.

4.4. Sis

Yüze yakın kısımlardaki nemin soğuması ve yoğunlaşması ile sis denilen havada asılı haldeki su damlacıkları oluşur (MGM, 2020). Yüze yakın yerdeki soğuma ile havadaki nem miktarındaki artma, sisin oluşması için gerekli etkenlerdir (Eken vd., 2008).

4.5. Nem

Havada bulunan su buharına nem denir ve nem, genellikle yeryüzüne yakın yerlerde bulunur. Atmosfere gerekli olan nem ise hidrosfer tarafından sağlanmaktadır (Aküzüm vd., 1994).

4.6. Yağmur

Yeryüzüne düşen su damlalarına yağmur denir. Çapları 0.5 mm' den büyüktür ve damlanın boyutu arttıkça yeryüzüne düşme hızı da artmaktadır (Aküzüm vd., 1994).

5. Yapay Sinir Ağları

Walter Pitts ve Warren McCulloch' un 1943 yılında ürettiği ilk yapay nöronun akabinde 1970' li yıllarda önemli gelişmeler yaşanmış olan Yapay Sinir Ağları, bu günden itibaren günlük hayatta daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Yapay Sinir Ağları (YSA); girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanı olmak üzere birbirine paralel 3 katmandan meydana gelmektedir. YSA, dışarıdaki bilginin ağlar vasıtasıyla elde edilmesi ve 'öğrenme algoritması' denilen algoritma ile öğrenme işlemi gerçekleşene kadar periyodik döngüler halinde ağırlıklarının değiştirilmesi açılarından insan beynine benzer (Haykin, 1998). Sinir Ağları, hücrelere dışarıdan farklı ağırlıklandırmalar ile gelen verilerin, bir toplama fonksiyonunda toplanması ve akabinde aktivasyon fonksiyonundan geçirilip diğer hücrelere aktarılmasından ibarettir (Maind & Wankar, 2014; Öztemel, 2016; Öztürk & Şahin, 2018).

6. Araştırmanın Amaç ve Yöntemi

Bu çalışmada, araç geçiş sayısının fazla olduğu bir karayolunda hız tahmini yapılarak, bu tahmin üzerinden ilgili yolda yaşanabilecek olası trafik yoğunluğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bağımlı değişken hız iken; bağımsız değişken olarak; sıcaklık, nem ve rüzgar hızı, hafta içi günler, gözlem yapılan mesai saatleri ve hava koşulu değişkenleri kullanılmıştır. Gün, saat ve hava koşulu kategorik değişkenleri; dummy değişken (kukla değişken) olarak belirlenmiş ve böylece toplamda 28 bağımsız değişken elde edilmiştir. Model 2 tane gizli katmanlı olarak düşünülmüştür. Böylece modelde, bağımsız değişkenlerden oluşan 28 girdi katmanı, 25' li olmak üzere 2 tane gizli katman, 1 tane de çıktı katmanı mevcuttur. Tasarlanan model Şekil 1'de gösterilmiştir. Ayrıca değişkenlere ait istatistiksel bilgiler Tablo 4' te gösterilmiştir.

Tablo 4. Değişkenler dair istatistiki bilgiler

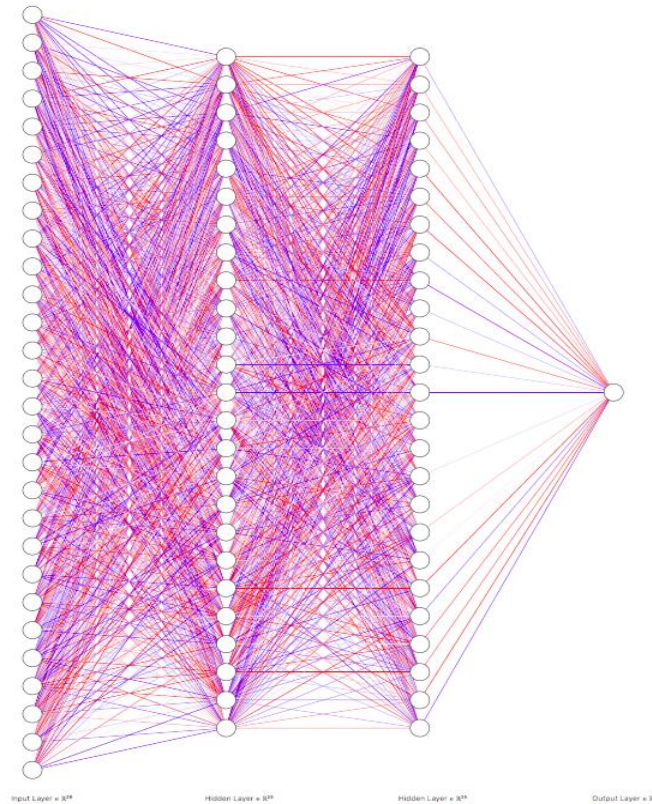
	Hız (km)	Sıcaklık (C)	Nem	Rüzgar Hızı
N	1760	1760	1760	1760
Minimum	65	2	10	0
Maximum	95	32	94	50
Mean	81.40	22,09	62.74	16.570
Std. Deviation	7.571	5.694	16.570	9.802
Variance	57.318	32.426	274.553	96.088

Bağımsız Değişkenler: Sıcaklık (C); Nem; Rüzgar Hızı; Hava Durumu (Yağmurlu, Bulutlu, Sisli, Açık); Hafta içi Gün (Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma); Mesai Saatleri (8:20 ÖÖ, 8:50 ÖÖ, 9:20 ÖÖ, 9:50 ÖÖ, 10:20 ÖÖ, 10:50 ÖÖ, 11:20 ÖÖ, 11:50 ÖÖ, 1:20 ÖS, 1:50 ÖS, 2:20 ÖS, 2:50 ÖS, 3:20 ÖS, 3:50 ÖS, 4:20 ÖS, 4:50 ÖS)

Bağımlı Değişken: Hız

Bağımlı değişken olan hız verisi; 65- 95 km saat arasında olup ortalama 81.40 km' dir. Bağımsız değişkenlerden sıcaklık, 2- 32 C arasında ve ortalama 22.09 C; Nem 10- 94 aralığında ve ortalama 62.74; rüzgar hızı ise, 0 – 50 aralığında ve ortalama 16.570' dir.

Şekil 1. Yapay sinir ağı modeli



7. Araştırma Bulguları

Değişkenlere ait korelasyon değerlerinin gösterildiği Tablo 5' te görüldüğü üzere; hız bağımlı değişkeni ve, rüzgar hızı (-.645) bağımsız değişkeni arasında 0.05 anlamlılık düzeyinde, sıcaklık (-.714) bağımsız değişkeni ile de 0.01 anlamlılık düzeyinde yüksek bir korelasyon varken, nem (.308), saat (.307) ve hava durumu (.205) bağımsız değişkenleri ile de yine 0.01

düzeyinde fakat zayıf bir düzeyde korelasyon vardır. Gün (-.069) bağımsız değişkenleri ile hız bağımlı değişkeni arasında ise 0.01 anlamlılık düzeyinde çok zayıf bir korelasyon vardır.

Tablo 5. Korelasyon matrisi

		Hız	Hava Durumu	Gün	Zaman	Sıcaklık	Nem	Rüzgar Hızı
Hız	Pearson Correlation	1						
	Sig. (2-tailed)							
	N	1760						
Hava Durumu	Pearson Correlation	.205**	1					
	Sig. (2-tailed)	.000						
	N	1760	1760					
Gün	Pearson Correlation	-.069**	-.008	1				
	Sig. (2-tailed)	.004	.746					
	N	1760	1760	1760				
Saat	Pearson Correlation	-.307**	-.022	.000	1			
	Sig. (2-tailed)	.000	.354	1.000				
	N	1760	1760	1760	1760			
Sıcaklık	Pearson Correlation	-.714**	-.246**	.026	.287**	1		
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.271	.000			
	N	1760	1760	1760	1760	1760		
Nem	Pearson Correlation	.308**	.123**	.127**	-.437**	-.568**	1	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		
	N	1760	1760	1760	1760	1760	1760	
Rüzgar Hızı	Pearson Correlation	-.645**	-.085**	.055*	.355**	.447**	-.188**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.021	.000	.000	.000	
	N	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760

Regresyon analizi, Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi olan OLS (Ordinary Least Squared) ile yapılmıştır. R-Squared (R2) değerinin 0.85 olduğu görülmüş ve genel kabul değeri olan 0.70' in üzerinde ve iyi bir sonuç olduğu görülmüştür. Adjusted (Düzeltilmiş) R-Squared değeri ise 0.853 olup R2 değerine yakın ve iyi bir sonuçtur. P değeri ise .05'den küçüktür ve bağımsız değişkenlerin katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Tablo 6' daki Coefficients (Katsayılar), regresyon katsayısını gösterir ve her bir değişkenin değeri, o değişkende bir birimlik değişim olursa, tahmin edilen hızın ne kadar değişeceğini gösterir.

Tablo 6. Regresyon katsayıları

Bağımsız Değişken	Coefficients	Bağımsız Değişken	Coefficients
Sıcaklık	-0.8199	Saat - 11:20:00	158.690
Nem	0.0579	Saat - 11:50:00	114.890
Rüzgar Hızı	-0.2441	Saat - 13:20:00	107.070
Gün- Pazartesi	383.573	Saat - 13:50:00	159.488
Gün- Salı	389.553	Saat - 14:20:00	159.029
Gün- Çarşamba	390.235	Saat - 14:50:00	160.138
Gün- Perşembe	383.877	Saat - 15:20:00	112.492
Gün- Cuma	388.293	Saat - 15:50:00	111.028
Saat - 08:20:00	81.643	Saat - 16:20:00	111.165
Saat - 08:50:00	79.881	Saat - 16:50:00	62.061
Saat - 09:20:00	121.480	Hava Koşulu - Bulutlu	476.154
Saat - 09:50:00	119.326	Hava Koşulu - Güneşli	521.600
Saat - 10:20:00	117.062	Hava Koşulu - Sisli	491.442
Saat - 10:50:00	160.089	Hava Koşulu - Yağmurlu	446.336

Çalışmadaki verilerin % 80' ni öğrenme verisi, % 20' si ise test verisi olarak ayrılmıştır. Kök Ortalama Kare Mantıksal Hatası (RMSLE), gerçek ve tahmini değer arasındaki oranı; Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) ise, modelin performansını ölçmektedir ve bu değerlerin sıfıra yakınlığı, modelin ne kadar iyi sonuç verdiğini göstermektedir (Janik vd, 2018). Modele ait RMSE değeri 3.34, RMSLE değeri ise 0.04' tür.

7.1. Mesai Saatleri Bazlı Hız Tahmini

Bağımsız değişkenler arasından sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri görülme sıklığı üzerinden, gün olarak pazartesi günü ve hava durumu olarak da bulutlu seçeneği sabit varsayımlar olarak alınmıştır.

Tablo 7' de görüldüğü üzere, en yüksek hız tahmini; 2:20 ÖS saatinde 82.09 ile, en düşük hız tahmininin ise 4:50 ÖS' de 71.76 ile yapılmıştır. Tahminlerden hareketle; 9:20 ÖÖ, 10:20 ÖÖ, 10:50 ÖÖ, 11:20 ÖÖ, 1:50 ÖS ve 2:20 ÖS saatlerinde hız tahminlerinin kendinden bir önceki saate göre artış gösterdiği, diğer saatlerde ise bir önceki ölçüme kıyasla azalma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 7. Mesai saatleri bazlı hız tahmini

Varsayımlar		Saat	Hız Tahmini	Saat	Hız Tahmini	Saat	Hız Tahmini	Saat	Hız Tahmini
Sıcaklık	23	8:20	73.39	10:50	81.59	2:20	82.09	4:50	71.76
		ÖÖ		ÖÖ		ÖS		ÖS	
Nem	63	8:50	72.84	11:20	81.84	2:50	81.70		
		ÖÖ		ÖÖ		ÖS			
Rüzgar Hızı	21	9:20	77.32	11:50	76.85	3:20	76.92		
		ÖÖ		ÖÖ		ÖS			
Gün	Pazartesi	9:50	77.10	1:20	76.26	3:50	76.68		
		ÖÖ		ÖS		ÖS			
Hava Durumu	Bulutlu	10:20	77.81	1:50	82.07	4:20	76.33		
		ÖÖ		ÖS		ÖS			

7.2. Haftaiçi Gün Bazlı Hız Tahmini

Tablo 8’ de bağımsız değişkenler arasından sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri görülme sıklığı üzerinden, mesai saati olarak 08:20’ de yapılan ölçüm ve hava durumu olarak da bulutlu seçeneği sabit varsayımlar olarak alınmıştır.

Tablo 8. Hafta içi gün bazlı hız tahmini

Varsayımlar		Gün	Hız Tahmini
Sıcaklık	23	Pazartesi	73.39
Nem	63	Salı	73.92
Rüzgar Hızı	21	Çarşamba	73.15
Saat	08:20	Perşembe	73.57
Hava Durumu	Bulutlu	Cuma	73.68

En yüksek hız tahmininin; Salı günü 73.92 ile, en düşük hız tahmininin ise Çarşamba günü 73.15 ile yapıldığı görülmektedir. Tahminlerden hareketle; Salı, Perşembe ve Cuma günlerinde elde edilen hız tahminlerinin kendinden bir önceki güne göre artış gösterdiği, diğer günlerde ise bir önceki ölçüme kıyasla azalma meydana geldiği görülmektedir.

7.3. Sıcaklık Bazlı Hız Tahmini

Tablo 9’ da görüldüğü üzere; bağımsız değişkenler arasından nem ve rüzgar hızı değerleri görülme sıklığı üzerinden, gün olarak pazartesi günü, mesai saati olarak 08:20’ de yapılan ölçüm ve hava durumu olarak da bulutlu seçeneği sabit varsayımlar olarak alınmıştır.

En yüksek hız tahminin ölçümü yapılan değerlerden en düşük değer olan 2 sıcaklık değeri için 86.92 ile , en düşük hız tahminin ise 29 sıcaklık değeri için 68.01 ile yapıldığı görülmektedir. Tahminlerden hareketle; en düşük olan 2 değerinden 29 sıcaklık değerine kadar elde edilen hız tahminlerinin kendinden bir önceki güne göre sürekli azalış gösterdiği, sonraki ölçüm olan 32 sıcaklık değerinde ise bir önceki ölçüme kıyasla artış meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 9. Sıcaklık bazlı hız tahmini

Varsayımlar		Sıcaklık	Hız Tahmini	Sıcaklık	Hız Tahmini	Sıcaklık	Hız Tahmini
Nem	63	2	86.92	17	78.78	32	68.29
Rüzgar Hızı	21	5	86.79	20	76.08		
Gün	Pazartesi	8	86.65	23	73.39		
Saat	08:20	11	84.16	26	70.70		
Hava Durumu	Bulutlu	14	81.47	29	68.01		

7.4. Nem Bazlı Hız Tahmini

Bağımsız değişkenler arasından sıcaklık ve rüzgar hızı değerleri görülme sıklığı üzerinden, gün olarak pazartesi günü, mesai saati olarak 08:20’ de yapılan ölçüm ve hava durumu olarak da bulutlu seçeneği sabit varsayımlar olarak alınmıştır.

Tablo 10’ dan hareketle; en yüksek hız tahminin 10 nem seviyesinde 83.29 ile, en düşük hız tahminin ise 40 nem seviyesinde 70.69 ile yapıldığı görülmektedir. Tahminlerden hareketle; 10 nem seviyesinden 40 nem seviyesi dahil elde edilen hız tahminlerinin kendinden bir önceki güne göre azalış gösterdiği ve en düşük hız seviyesine 40 nem seviyesinde ulaştığı, 50 nem seviyesinden başlayıp son ölçüm seviyesi olan 100 nem seviyesi de dahil olmak üzere bir önceki ölçüme kıyasla artış meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 10. Nem bazlı hız tahmini

Varsayımlar		Nem	Hız Tahmini	Nem	Hız Tahmini
Sıcaklık	23	10	83.29	60	73.02
Rüzgar Hızı	21	20	76.30	70	74.26
Gün	Pazartesi	30	72.64	80	75.49
Saat	08:20	40	70.69	90	77.03
Hava Durumu	Bulutlu	50	71.78	100	79.06

7.5. Rüzgar Hızı Bazlı Hız Tahmini

Bağımsız değişkenler arasından sıcaklık ve nem değerleri görülme sıklığı üzerinden, gün olarak pazartesi günü, mesai saati olarak 08:20' de yapılan ölçüm ve hava durumu olarak da bulutlu seçeneği sabit varsayımlar olarak alınmıştır.

Tablo 11. Rüzgar hızı bazlı hız tahmini

Varsayımlar		Rüzgar Hızı	Hız Tahmini	Rüzgar Hızı	Hız Tahmini	Rüzgar Hızı	Hız Tahmini
Sıcaklık	23	0	78.50	25	72.91	50	79.04
Nem	63	5	77.86	30	72.36		
Gün	Pazartesi	10	76.20	35	72.21		
Saat	08:20	15	74.12	40	74.22		
Hava Durumu	Bulutlu	20	73.51	45	76.63		

Tablo 11' de görüldüğü üzere; en yüksek hız tahminin 50 rüzgar hızı seviyesinde 79.04 ile, en düşük hız tahminin ise 35 rüzgar hızı seviyesinde 72.21 ile yapıldığı görülmektedir. Tahminlerden hareketle; 0 rüzgar hızı seviyesinden 35 rüzgar hızı seviyesi dahil elde edilen hız tahminlerinin kendinden bir önceki güne göre azalış gösterdiği ve en düşük hız seviyesine 35 rüzgar hızı seviyesinde ulaştığı, 40 rüzgar hızı seviyesinden başlayıp son ölçüm seviyesi olan 50 rüzgar hızı seviyesi de dahil olmak üzere bir önceki ölçüme kıyasla artış meydana geldiği ve en yüksek hız tahminine 50 rüzgar hızı seviyesinde ulaştığı görülmektedir.

7.6. Hava Durumu Bazlı Hız Tahmini

Tablo 12' de de görüldüğü gibi; bağımsız değişkenler arasından sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değerleri görülme sıklığı üzerinden, gün olarak pazartesi günü ve mesai saati olarak da 08:20' de yapılan ölçüm sabit varsayımlar olarak alınmıştır. En yüksek hız tahminin Açık hava koşullarında 78.37 ile, en düşük hız tahminin ise Yağmurlu hava koşullarında 68.83 ile yapıldığı görülmektedir. Tahminlerden hareketle; Açık hava koşullarında elde edilen hız tahminlerinin kendinden bir önceki güne göre artış gösterdiği, diğer günlerde ise bir önceki ölçüme kıyasla azalma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 12. Hava durumu bazlı hız tahmini

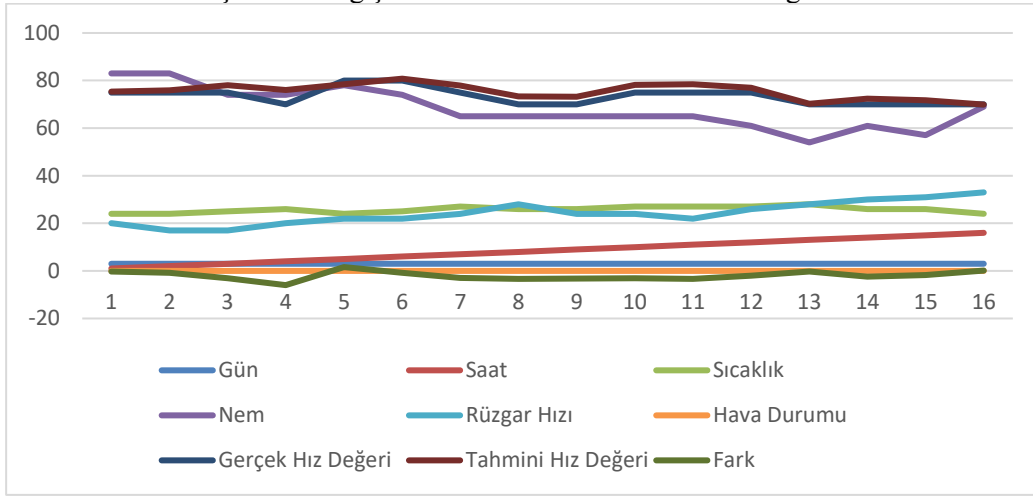
Varsayımlar		Hava Durumu	Hız Tahmini
Sıcaklık	23	Bulutlu	73.39
Nem	63	Açık	78.37
Rüzgar Hızı	21	Sisli	72.64
Gün	Pazartesi	Yağmurlu	68.83
Saat	08:20		

Tablo 13. İlk gün değişkenleri, gerçek ve tahmini hız değeri ile aralarındaki fark

Gün	Saat	Sıcaklık	Nem	Rüzgar Hızı	Hava Koşulu	Hız (Gerçek Değer)	Hız (Tahmin Değeri)	Fark
2019-07-10	8:20 ÖÖ	24	83	20	Bulutlu	75	75,29	- 0,29
2019-07-10	8:50 ÖÖ	24	83	17	Bulutlu	75	75,83	- 0,83
2019-07-10	9:20 ÖÖ	25	74	17	Bulutlu	75	78,05	- 3,05
2019-07-10	9:50 ÖÖ	26	74	20	Bulutlu	70	75,98	- 5,98
2019-07-10	10:20 ÖÖ	24	78	22	Bulutlu	80	78,40	1,60
2019-07-10	10:50 ÖÖ	25	74	22	Bulutlu	80	80,79	- 0,79
2019-07-10	11:20 ÖÖ	27	65	24	Bulutlu	75	77,89	- 2,89
2019-07-10	11:50 ÖÖ	26	65	28	Bulutlu	70	73,32	- 3,32
2019-07-10	1:20 ÖS	26	65	24	Bulutlu	70	73,21	- 3,21
2019-07-10	2:20 ÖS	27	65	22	Bulutlu	75	78,39	- 3,39
2019-07-10	3:20 ÖS	28	54	28	Bulutlu	70	70,23	- 0,23
2019-07-10	4:20 ÖS	26	57	31	Bulutlu	70	71,73	- 1,73
2019-07-10	4:50 ÖS	24	69	33	Bulutlu	70	69,91	0,09
2019-07-10	1:50 ÖS	27	65	24	Bulutlu	75	78,12	- 3,12
2019-07-10	2:50 ÖS	27	61	26	Bulutlu	75	77,01	- 2,01
2019-07-10	3:50 ÖS	26	61	30	Bulutlu	70	72,41	- 2,41

Tablo 13 ve Şekil 2' de, değişkenlerin ilk gün ölçüm değerleri, bu değerler baz alınarak yapılan hız tahmini değeri ve gerçek ile tahmini hız değeri arasındaki fark değeri gösterilmiştir. İlk günkü 16 gözlem değeriyle yapılan tahmin sonucunda, tahmini hız değerlerinden 10 tanesinin 75- 80 aralığında olduğu görülmüştür.

Şekil 2. Değişken bazlı hız tahminleri ve fark değeri



8. Sonuç ve Değerlendirme

Trafikte, hava koşullarının etkisini minimum düzeyde tutmak için bu koşulların etkisi ölçülmelidir (Maze vd. 2006). Bu çalışmada da, taşıt yoğunluğunun fazla olduğu bir yolda; meteorolojik değişkenler (nem, rüzgar hızı, sıcaklık ve hava koşulu) ile h.içi günler ve ilgili günlerdeki çalışma saatlerinin araçların hızıyla ve dolayısıyla trafik yoğunluğuyla ilişkisi incelenmiştir.

Soğuk hava ve kar yağışının trafik hacmi üzerindeki etkisi; gün, günün saati ve yolun türüne göre değişmektedir. Ayrıca, kar yağışı trafik hacminde azalma meydana getirmektedir (Datla & Sharma, 2008). Yol, görüş mesafesi ve rüzgâr şiddeti araçların serbest akış hızını etkilemektedir (Kyte vd. 2001). Hacmin, doluluk ve hız ile olan ilişkisi yağış olaylarından etkilenmektedir. Yağışlı havalarda; geceleri, sadece hız azalırken; gündüzleri ise, hızın yanı sıra hacim de azalmaktadır (Unrau & Andrey, 2006).

Sıcak hava, stres düzeyinde artış yaşanmasına ve sürücülerin performansının düşmesine neden olmaktadır (Nofal & Saeed, 1997). Yüksek hızlı yollarda sürücü davranışları, kar yağışı ve yağmurlu havalardan olumsuz etkilenmektedir (Andrey vd. 2013). Ayrıca; kötü hava koşulları nedeniyle kapasitesinin çok altında faaliyet gösteren yollar, ekonomi üzerinde ciddi etkilere neden olmaktadır (Dey vd. 2015). Öte yandan; meteorolojik olaylar, yol güvenliği ile çarpışma ve kaza riski üzerinde negatif yönde etkilidir (J. Andrey & Yagar, 1993; Levine vd. 1995; Andreescu & Frost, 1998; Keay & Simmonds, 2005; Usman vd. 2012; Jung vd. 2014; Choi & Oh, 2016; Liu vd. 2017).

HCM 2000' de belirtildiği üzere; optimum yoğunluk düzeyleri için, genellikle C ve D seviyelerindeki yol hizmet seviyeleri kabul edilmektedir. Ayrıca; Tablo 13' deki ilk güne ait değerlerle yapılan tahmin sonuçları incelendiğinde, tahmini hız değerlerinin çoğunlukla 75- 80 aralığında olduğu görülmektedir. Buradan hareketle, Tablo 2' deki Serbest Akım Hızı kategorilerinden 80 hız düzeyi için C ve D hizmet seviyeleri incelendiğinde, Maksimum yoğunluk (araç / km / şerit) düzeyinin 16-22 aralığında, Ortalama hızın (km / sa) 77.6- 80 aralığında, Maksimum hacim / kapasite oranının (v / c) % 64- 85 aralığında, Maksimum servis akış hızının (araç / sa / şerit) ise 1280- 1705 araç arasında olacağı tespit edilmiştir.

Rüzgar hızı ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin hız üzerinde negatif yönde ve yüksek oranda; nem, mesai saatleri ve hava koşulunun pozitif yönde ve zayıf düzeyde; h.içi günlerin ise, negatif yönde ve çok zayıf bir seviyede etkisi vardır. Bağımsız değişkenlerde meydana gelecek olası bir değişme, bağımlı değişken üzerindeki etkisi oranınca yolun serbest akış hızı üzerinde etkili olacaktır. Bu etkinin de hizmet seviyesi kategorisinde ve dolayısıyla da yoğunluk seviyesinde değişikliğe neden olacağı görülmüştür.

Sıcaklık, nem ve rüzgar hızı değişkenlerinden birisinde yaşanacak olası 1 birimlik değişme sonucunda; bağımlı değişken olan hız üzerinde sıcaklığın en büyük etkiyi göstereceği, ikinci etkinin rüzgar hızındaki değişimle yaşanacağı ve nemin ise bu üç değişken içerisinde en düşük düzeydeki etkiyi meydana getireceği tespit edilmiştir. Hafta içi günler içerisinde; Çarşamba günündeki olası bir değişikliğin hız üzerinde en büyük etkiyi, Perşembe günündeki olası değişimin ise en az etkiyi oluşturacağı görülmüştür. Mesai saatleri içerisinde, hız üzerinde en az etkiyi gösteren ölçüm saatinin 16:50 olduğu, 14:50' deki ölçümün ise hızda en fazla etkiyi yapacağı tespit edilmiştir. Hava koşulları içerisinde; yağmurlu havadaki 1 birimlik değişikliğin hız üzerinde en az etkinin yaşanmasına neden olacağı, güneşli havadaki değişimin ise en yüksek etkiyi yaşatacağı görülmüştür.

Kaynakça

- Abdel-Aty, M., Ekram, A.-A., Huang, H., & Choi, K. (2011). A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1730-1737. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.003>
- Aküzüm, Prof. Dr. T., Kodal, Doç. Dr. S., Beyribey, Doç. Dr. M., Erözel, Doç. Dr. A. Z., Tokgöz, Doç. Dr. A., Selenay, Yard. Doç. Dr. F., ... Yurtsever, Yard. Doç. Dr. E. (1994). *Meteoroloji I*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Andrescu, M. P., & Frost, D. B. (1998). Weather and traffic accidents in montreal, Canada. *Climate Research*, 9(3), 225-230. <https://doi.org/10.3354/cr009225>
- Andrey, J., & Yagar, S. (1993). A Temporal Analysis of rain-related crash risk. *Accident Analysis and Prevention*, 25(4), 465-472. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90076-9](https://doi.org/10.1016/0001-4575(93)90076-9)
- Andrey, J., Hambly, D., Mills, B., & Afrin, S. (2013). Insights into driver adaptation to inclement weather in Canada. *Journal of Transport Geography*, 28, 192-203. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.08.014>
- Choi, S., & Oh, C. (2016). Proactive strategy for variable speed limit operations on freeways under foggy weather conditions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2551, 29-36. <https://doi.org/10.3141/2551-04>
- Cools, M., Moons, E., & Wets, G. (2007). *Investigating the Effect of Holidays on Daily Traffic Counts: A Time Series*. 19. <https://doi.org/10.3141/2019-04>
- Cools, M., Moons, E., & Wets, G. (2010). Assessing the impact of weather on traffic intensity. *Weather Climate and Society*, 2(1), 60-68. <https://doi.org/10.1175/2009WCAS1014.1>
- Datla, S., & Sharma, S. (2008). Impact of cold and snow on temporal and spatial variations of highway traffic volumes. *Journal of Transport Geography*, 16(5), 358-372. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2007.12.003>
- Dey, K. C., Mishra, A., & Chowdhury, M. (2015). Potential of intelligent transportation systems in mitigating adverse weather impacts on road mobility: a review. *Ieee Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(3), 1107-1119. <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.237145>
- Eken, M., Ulupınar, Y., Demircan, M., Nadaroğlu, Y., Aydın, B., & Özhan, Ü. (2008). *Klimatoloji rasat el kitabı*, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara: DMİ Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Gültekin, Y., Demircan, M., Ulupınar, Y., & Bulut, E. (2005). *Klimatoloji I*. Geliş tarihi gönderen <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/klimatoloji1.pdf>
- Haykin, S. (1998). *Neural Networks A Comprehensive Foundation* (Second Edition). Pearson Education.

- HCM. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*. United States of America: Transportation research board, National Research Council.
- Janik, M., Kurihara, O., Bossew, P., (2018). Machine Learning methods as a tool to analyse incomplete or irregularly sampled radon time series data, *Sci. Total Environ.*, 630, 1155–1167, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.233>.
- Jung, S., Jang, K., Yoon, Y., & Kang, S. (2014). Contributing Factors to Vehicle to Vehicle Crash Frequency and Severity Under Rainfall. *Journal of Safety Research*, 50, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.01.001>
- Keay, K., & Simmonds, I. (2005). The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 37(1), 109-124. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.07.005>
- Kopal, B. (2011). *Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıklığının hız yönetimi yöntemiyle azaltılması* (Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Kyte, M., Khatib, Z., Shannon, P., & Kitchener, F. (2001). Effect of weather on free-flow speed. traffic flow theory and highway capacity 2001: highway operations, Capacity, and Traffic Control (ss. 60-68). Transportation Research Board Natl Research Council.
- Levine, N., Kim, K. E., & Nitz, L. H. (1995). Daily fluctuations in honolulu motor vehicle accidents. *Accident Analysis And Prevention*, 27(6), 785-796. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00038-0)
- Maind, Sonali. B., & Wankar, P. (2014). Research paper on basic of artificial neural network | Academia.edu. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(1), 96-100.
- Liu, A., Soneja, S. I., Jiang, C., Huang, C., Kerns, T., Beck, K., Mitchell, C., & Sapkota, A. (2017). Frequency of extreme weather events and increased risk of motor vehicle collision in maryland, *Science of The Total Environment*, 580, 550-555. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.211>
- Maze, T. H., Agarwal, M., & Burchett, G. (2006). *Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow*. management and delivery of maintenance and operations services (ss. 170-176). Transportation Research Board Natl Research Council.
- MGM. (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr> (Son Erişim: 13 Şubat 2020)
- Nofal, F. H., & Saeed, A. a. W. (1997). Seasonal variation and weather effects on road traffic accidents in riyadh city. *Public Health*, 111(1), 51-55. <https://doi.org/10.1038/sj.ph.1900297>
- Öztemel, E. (2016). *Yapay Sinir Ağları* (4. bs). İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). *Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış*. (6/ 2), 25-36.
- Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., & Holdener, D. J. (1998). *Travel time data collection handbook*. texas: texas transportation institute and the texas a&m university system.
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> Son Erişim: 13 Şubat 2020)
- Unrau, D., & Andrey, J. (2006). Driver Response to rainfall on urban expressways. içinde *driver behavior, older drivers, Simulation, User Information Systems, and Visualization* (ss. 24-+). Washington: Transportation Research Board Natl Research Council.

- Usman, T., Fu, L., & Miranda-Moreno, L. F. (2012). A Disaggregate model for quantifying the safety effects of winter road maintenance activities at an operational level. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 368-378. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.005>
- Yan, X., Li, X., Liu, Y., & Zhao, J. (2014). Effects of foggy conditions on drivers' speed control behaviors at different risk levels. *Safety Science*, 68, 275-287. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.013>
- Yılmaz, E. (2006). *Karayolu trafik simülasyonu* (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

ETİK ve BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar(lar) beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi'nin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.