



Türkiye'de Trafik Sigorta Primlerinin Harris Şahinleri Algoritması ile Tahmini

Mehmet Fatih Tefek^{1*}, Muhammed Arslan²

^{1*} Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3390-4201), mehmetfatihtefek@osmaniye.edu.tr

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Kaman MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kırşehir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5650-7618), marslan@ahievran.edu.tr

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1084397)

ATIF/REFERENCE: Tefek, M.F., Arslan M., (2022). Türkiye'de Trafik Sigorta Primlerinin Harris Şahinleri Algoritması ile Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 711-715.

Öz

Türkiye'de son yıllarda artan nüfus ve ekonomik gelişmeye paralel olarak araç sayısı da artmaktadır. Araç sayısının artışı ve karayollarında hareketlilikte yaşanan yoğunluk trafik kazalarına artış olarak yansımaktadır. Yaşanan kazalar maddi ve manevi hasarlar bırakmaktadır. Bu hasarların özellikle maddi hasarların telafisi için kara araçları zorunlu sorumluluk trafik sigortası bulunmaktadır. Türk Sigortacılık sektöründe hayat dışı branş toplam primlerinin yaklaşık olarak 1/3'ini trafik sigortaları primleri tarafından oluşmaktadır. Sektör içinde önemli bir paya sahip branşta toplanan primlere karşı verilen teminatlar ile meydana gelen trafik kazaları sonucunda oluşan maddi ve manevi hasarlar sigorta şirketleri tarafından ödemeler ile yapılmaktadır. Bu çalışma da Türkiye trafik sigorta brüt primlerinin (TSBP) metasezgisel Harris Şahinleri Algoritması (HŞA) ile tahmin edilmiştir. Tahmin için HŞA Liner (HŞA-L) tahmin modeli öne sürülmüştür. TSBP tahmini için giriş göstergeleri olarak 2009 ile 2020 yılları arası sırasıyla nüfus, araç sayısı ve kaza sayıları alınmıştır. HŞA-L tahmin sonuçları grafiklerle gösterilmiş ve tablolarda verilmiştir. HŞA-L tahmin sonucu, çoklu liner regresyon (ÇLR) tahmin sonucu ile kıyaslanmış ve min RMSE değerlerine göre HŞA-L tahmin sonucu 1.053975, ÇLR tahmin sonucu ise 1.12606 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, HŞA-L tahmin sonuçlarının güvenilir ve uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zorunlu trafik sigortası, Trafik sigorta prim tahmini, Trafik kaza sayısı, Araç sayısı, Harris Şahinleri Algoritması, Çoklu liner regresyon.

Estimation of Traffic Insurance Premiums in Turkey with the Harris Hawks Algorithm

Abstract

The number of vehicles has been increasing in parallel with the increasing population and economic development in Turkey in recent years. The increase in the number of vehicles and the density experienced in the mobility on the highways are reflected as an increase in traffic accidents. Accidents cause material and moral damages. For the compensation of these damages, especially material damages, there is a compulsory liability traffic insurance for land vehicles. In the Turkish Insurance sector, approximately 1/3 of the total premiums for non-life branches are composed of traffic insurance premiums. The guarantees given against the premiums collected in the branch, which has a significant share in the sector, and the material and moral damages resulting from traffic accidents are paid by insurance companies. In this study, Turkey's traffic insurance gross premiums (TIGP) were estimated using the metaheuristic Harris Hawks Algorithm (HHA). For the estimation, the HHA Liner (HHA-L) estimation model has been proposed. The number of populations, the number of vehicles and the number of accidents between 2009 and 2020 were taken as input indicators for the TIGP estimation, respectively. HHA-L estimation results are shown in graphics and given in tables. The result of the HHA-L estimation method was compared with the multi-linear regression (MLR) estimation result, and according to the min RMSE values, the HHA-L estimation result was calculated as 1.053975 and the MLR estimation result as 1.12606. As a result, it has been determined that the HHA-L estimation results are reliable and applicable.

Keywords: Traffic Insurance, Traffic insurance premium estimation, Number of traffic accidents, Number of vehicles, Harris Hawks Algorithm, Multiple liner regression.

* Sorumlu Yazar: mehmetfatihtefek@osmaniye.edu.tr

1. Giriş

Ulaştırma sistemleri içerisinde karayolu ulaştırmasının ayrı bir önemi bulunmaktadır. Tarihin en eski ulaşım modu olan karayolu, ulaşım altyapısının temelini oluşturmaktadır (Yıldırım Keser, Ay, & Çetin, 2018). Türkiye’de ulaşım sektörünün %90’ın üzerinde bir bölümü kara taşımacılığı ile yapılmaktadır (Tefek & Arslan, 2022). Türkiye’de artan refah oranı ve nüfusa bağlı olarak araç sayısı 2009’da 14.31 milyonken 2020’de 24.14 milyon adet olmuş ve yaklaşık %68 oranında bir artış meydana gelmiştir (Doğan & Akgüngör, 2013; TÜİK, 2022). Özellikle artan nüfus ve refah imkânları çerçevesinde karayollarının kullanım talebinin ve yoğunluğunun artmıştır. Ülkedeki artan araç sayısına bağlı olarak aynı oranda artmayan denetim sistemleri, istenilen düzeyde alınmayan tedbirler ve uygulamaların yetersizlikleri trafik kazalarına yol açmaktadır. Meydana gelen kazalar gerek maddi gerekse de can kayıplarıyla sonuçlanmaktadır (Tefek & Arslan, 2022).

Karayolu trafik kazaları, etkili ve sürdürülebilir önleme için uyumlu çabalar gerektiren büyük bir halk sağlığı sorunudur (Peden Margaret et al., 2004). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), dünyada her yıl meydana gelen trafik kazası kaynaklı 50 milyondan fazla yaralanmayı ve 1 milyon 350 bin ölümü rapor etmektedir (DSÖ, 2018). Ülkelerin politikaları ve karar verici otoriteleri meydana gelen kaza sayıları ve kayıplarla ilgili temel sorunları belirlemeye ikna etmek halk sağlığı açısından önemli bir rol oynamaktadır (Peden Margaret et al., 2004). Karayollarında can ve mal güvenliğini korumak için kanunlara bağlı yasal mevzuatlar konulmaktadır. Trafik sigorta primleri de yasal olarak zorunlu kılınmıştır (Temur, 2018).

İlk olarak 1930’da İngiltere’de uygulanmaya başlanan ve temel olarak trafikte kazaya karışan bir aracın karşı tarafa vereceği zararı kusuru oranında tazmin eden bir sorumluluk sigortası olan trafik sigortası, tam adıyla Karayolları Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası, Türkiye’de 1953’ten bu yana uygulanmaktadır (Baykal & Bülbül, 2016). Bir trafik kazasında hatalı araç sürücüsü işlemin ödeme zorluğu çekmemesi ve bu zarardan etkilenen tarafların mağduriyetinin önlenmesi adına 2918 sayılı Trafik kanunu ile trafiğe çıkacak her aracın karayolu zorunlu mali sorumluluk (Trafik) sigortası yaptırması gerekmektedir. Karayolları motorlu araçlar zorunlu mali sorumluluk sigortası, hem zorunlu olması hem de Türkiyedeki motorlu araç sayısının da çok fazla olması nedeniyle en yaygın sigorta türlerinden biridir (Kırkbeşoğlu, 2015). Sigorta prim üretim paylarına hayat dışı ve hayat sigortaları toplamında bakıldığında trafik branşı prim üretimi ortalama yüzde 20’lik pay ile sektörün üretim lideri konumundadır (Temur, 2018).

Sigorta sektörü bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmenin ve ürün çeşitliliğinin etkisi ile gelişen bir sektördür. Sektörün prim üretimi ve bir sonraki yılın prim üretimlerine yönelik tahmin çalışmaları da yapılmıştır. Çekici ve İnel (2015), çalışmalarında direkt prim üretiminin önümüzdeki yıllara ait tahminini yapabilmek amacıyla Hazine Müsteşarlığı’ndan alınan 1981–2011 yılları arasındaki prim üretim değerlerinin, Basit Ortalama Tahmin Tekniği, lineer Regresyon Modeli gibi farklı modellere uygunluğu incelenmiştir (Çekici & İnel, 2015). Korkmaz ise çalışmasında Türkiye’de sigortacılık sektöründeki 1986–2015 yılları arasında hayat dışı prim üretimlerini etkileyen faktörler, 1994, 2001 ve 2008 ekonomik krizlerine vurgu yapılarak analiz edilmiş, kriz

dönemlerinde hayat dışı prim üretimlerinin nasıl etkilendiği ekonometrik olarak incelenmiş küçük kareler tahminleri yapılarak yorumlanmıştır. ve VAR modeli ile analiz çalışması yapmıştır (Korkmaz, 2017).

Bu çalışmada, Türkiye trafik sigorta brüt primleri (TSBP) metasezgisel Harris Şahinleri Algoritması (HŞA) ile tahmin edilmiştir. HŞA ile literatürde farklı tahmin problemleri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Abba et al., 2021; Kurniawan, Setiawan, Caraka, & Nasution, 2022; Naeijian, Rahimnejad, Ebrahimi, Pourmousa, & Gadsden, 2021; Turabieh et al., 2021). Bu çalışmada ise, TSBP tahmini için HŞA liner (HŞA-L) model oluşturulmuş ve 2009 ile 2020 yılları arasında tahmin edilmiştir. TSBP tahmini için 2009 ile 2020 yılları arası nüfus, araç sayısı ve kaza sayısı göstergeleri kullanılmıştır. Bu göstergeler Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK, 2022), TSBP gerçekleşen değerler ise Türkiye Sigortalar Birliğinden (TSB, 2022) alınmıştır. Amaç fonksiyonu olan min RMSE değeri, tahmin ve gerçekleşen değerlere bağlı olarak hesaplanmıştır. HŞA-L tahmin modeli sonucu çoklu liner regresyon (ÇLR) sonucu ile kıyaslanmıştır. Tahmin sonuçları tablolarda verilmiş ve grafikte gösterilmiştir.

2. Veri Seçimi ve Kullanımı

Bu çalışmada, TSBP tahmini için 2009 ile 2020 yılları arası nüfus, araç sayısı ve kaza sayısı göstergeleri kullanılmıştır. Tablo 1’de göstergeler ve gerçekleşen TSBP değerleri verilmiştir.

Tablo 1. TSBP için kullanılan göstergeler

Yıllar	Gerçekleşen TSBP (10 ⁹ TL) (TSB, 2022)	Nüfus (10 ⁶) (TÜİK, 2022)	Araç Sayısı (10 ⁶) (TÜİK, 2022)	Kaza Sayısı (10 ⁵) (TÜİK, 2022)
2009	1,971735149	72,5	14,3167	10,53
2010	2,305578574	73,7	15,095603	11,06
2011	2,700476916	74,7	16,089528	12,29
2012	3,600105988	75,6	17,033413	12,97
2013	4,965999144	76,6	17,939447	12,07
2014	5,072924881	77,7	18,828721	11,99
2015	6,810611462	78,7	19,994472	13,13
2016	12,47027356	79,8	21,090424	11,82
2017	12,4982697	80,8	22,218945	12,03
2018	15,30191038	82,03	22,865921	12,29
2019	18,01849968	83,1	23,156975	11,67
2020	19,57144198	83,6	24,144857	9,84

2016 ve sonraki yıllardaki TSBP hesaplama yöntemi değiştiğinden dolayı iki kata yakın artış meydana gelmiştir (Temur, 2018; TSB, 2022).

3. Harris Şahinleri Algoritması (HŞA)

Harris Şahinleri Algoritması (HŞA) olarak adlandırılan, popülasyona dayalı, doğadan ilham alan Heidari ve ark. (2019) tarafından önerilen bir optimizasyon algoritmasıdır (Heidari et al., 2019). HŞA’nın ana ilham kaynağı, Harris’in şahinlerinin doğada sürpriz sıçrama olarak adlandırılan işbirlikçi davranış ve

kovalama tarzıdır (Bednarz, 1988). Bu akıllı stratejide, birkaç şahin, bir avı şaşırtmak için iş birliği içinde farklı yönlerden saldırır. Harris şahinleri, senaryoların dinamik doğasına ve avın kaçış kalıplarına bağlı olarak çeşitli kovalama kalıpları ortaya çıkarabilir. Bu çalışma, bir optimizasyon algoritması geliştirmek için bu tür dinamik kalıpları ve davranışları matematiksel olarak taklit eder (Heidari et al., 2019).

Harris Şahinleri Algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir:

A) Keşif Aşaması

Harris'in şahinleri, güçlü gözleriyle avını takip edip tespit edebilirler. Bazen av kolayca görülemez. Bu nedenle, şahinler belki birkaç saat sonra bir av tespit etmek için çöl alanını bekler, gözlemler ve izler. HŞA'da Harris'in şahinleri aday çözümlerdir. Her adımda en iyi aday çözüm amaçlanan av veya yaklaşık optimum olarak kabul edilir. HŞA'da, Harris'in şahinleri bazı yerlere rastgele tünere ve iki stratejiye dayalı olarak bir av bulmayı bekler. HŞA keşif aşaması matematiksel ifadesi Denklem 1'de verilmiştir.

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{rand}(t) - r_1 |X_{rand}(t) - 2r_2 X(t)| & q \geq 0.5 \\ (X_{av}(t) - X_m(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)) & q < 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

Burada $X(t)$, Harris şahinini mevcut konumu, $X(t+1)$ güncel konumunu vermektedir. $X_{av}(t)$ avın mevcut konumudur. r_1, r_2, r_3 ve r_4 bir birinden farklı rastgele değerlerdir ve 0 ile 1 arasında değer almaktadır. UB arama uzayının üst sınır değeri, LB ise alt sınır değeridir. q değeri 0.5'e eşit veya büyük ve 0.5 değerinden küçük olma koşuluna göre tüneme stratejisini belirlemektedir. Şahinlerin ortalama konumu, Denklem 2 kullanılarak elde edilir.

$$X_m(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) \quad (2)$$

Burada $X_m(t)$, t iterasyonunda N adet şahinin ortalama konumunu ifade etmektedir.

B) Keşif-Atak geçişi

HŞA algoritmasında, şahinler global aramada keşif yaparken bir anda atağa geçiş yapabilir ve avın azalan enerjisi bağlı yerel aramada sömürü yapabilir. Avın enerji formülü Denklem 3'te verilmiştir.

$$E = 2E_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (3)$$

Burada E , kaçmaya çalışan avın enerjisi, E_0 avın mevcut enerjisi, t mevcut iterasyonu, T ise maksimum iterasyonu belirtmektedir.

C) Sömürü Aşaması

HŞA'da sürü halindeki şahinler avlarını kuşatma davranışı gösterirler. Kuşatma ise yumuşak ve sert kuşatma ve bunlar arasındaki geçişlere bağlı olarak aşamalara ayrılmaktadır. Avın kaçış şansı r değeri olarak varsayılın. Avın $r < 0$ durumu başarılı kaçışı, $r \geq 0$ ise başarısız kaçışı ifade ettiği farz edilsin. Buradaki r , 0 ile 1 arasında rastgele bir sayıdır.

Yumuşak kuşatma aşaması, $r \geq 0.5$ ve $|E| \geq 0.5$ olduğu durumdur. Kaçan avın yakalanma olasılığının yüksek olduğu aşamadır. Fakat avın halen enerjisi vardır ve kaçabilir. Denklem 4-6'da şahinler ve av arasındaki yumuşak kuşatma denklemi verilmiştir.

$$X(t+1) = \Delta X(t) - E |J X_{av}(t) - X(t)| \quad (4)$$

$$J = 2(1 - r_5) \quad (5)$$

$$\Delta X(t) = X_{av}(t) - X(t) \quad (6)$$

Burada $\Delta X(t)$, avın konum vektörü, J avın sıçramasını, r_5 ise 0 ile 1 arasında rastgele bir değeri ifade etmektedir.

Sert kuşatma aşaması, $r \geq 0.5$ ve $|E| < 0.5$ olduğu durumdur. Avın enerjisinin çok düştüğü, neredeyse hareketsiz kaldığı aşamadır. Harris şahinleri bu aşamada avı kuşatmasından ziyade saldırıya geçmeye hazırlandığı konumdur. Denklem 7'de sert kuşatma aşaması matematiksel modeli verilmiştir.

$$X(t+1) = X_{av}(t) - E |\Delta X(t)| \quad (7)$$

$r < 0.5$ ve $|E| \geq 0.5$ olduğunda kademeli hızlı saldırılarla yumuşak kuşatma aşaması durumu meydana gelmektedir. Kaçmak üzere olan avın etrafı şahinler tarafından yumuşak kuşatma ile sarılmaktadır. Bu aşamayı matematiksel olarak modellemek için Levy uçuşu (Levy Flight-LF) kavramı kullanılmıştır (Chechkin, Metzler, Klafter, & Gonchar, 2008; Humphries et al., 2010; Viswanathan et al., 2000). LF ile anı dalış ve çıkışlar yapan şahinler avlarını şaşırtmakta ve yorulmalarını sağlama amaçlanmıştır.

$$Y = X_{av}(t) - E |J X_{av}(t) - X(t)| \quad (8)$$

$$Z = Y + S \times LF(D) \quad (9)$$

$$LF(x) = 0.01 \times \frac{u \times \sigma}{|v|^{\frac{1}{\beta}}}, \sigma = \left(\frac{\Gamma(1+\beta) \times \sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \times \beta \times 2^{\left(\frac{\beta-1}{2}\right)}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (10)$$

Burada, D problemin boyutudur veya tasarım değişken sayısı, S boyuta göre rastgele bir vektördür. u, v değerleri (0,1) arası rastgele sayı, β değeri genelde 1.5 olarak alınmaktadır.

4. Trafik Sigorta Brüt Primlerinin Tahmini (TSBP Tahmini)

Bu çalışmada TSBP için HŞA Liner (HŞA-L) model öne sürülmüştür. HŞA-L model ile 2009-2020 yılları arası göstergelere bağlı TSBP tahmini yapılmıştır. HŞA-L modelin tahmin başarısını karşılaştırabilmek için çoklu liner regresyon (ÇLR) modeli ile tahmin yapılmıştır. Denklem 11'de HŞA-L modelin, Denklem 12'de ise ÇLR modelin matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$HŞA - L = w_1 X_1 + w_2 X_2 + w_3 X_3 + w_0 \quad (11)$$

$$ÇLR = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_0 \quad (12)$$

Burada, X_1, X_2 ve X_3 değerleri Tablo 1'deki sırasıyla nüfus, araç sayısı ve kaza sayısı göstergelerindeki değerleri ifade etmektedir. $w_0 - w_3$ Ağırlık katsayıları HŞA-L ile hesaplanması gereken değerlerdir. w değerleri için arama uzayı [-1000, 1000] olarak alınmıştır. $\beta_0 - \beta_3$ ise ÇLR model ile hesaplanması gereken değerleri ifade etmektedir. Amaç fonksiyonu olan RMSE değerini minimum yapmaktır. Min RMSE Denklem 13'te verilmiştir.

$$\min RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_g - y_t)^2 \right]^{1/2} \quad (13)$$

Burada, n değeri 2009 ile 2020 yılları arasında toplam 12 yıllık veriyi ($n = 12$), y_g 2009-2020 yılları arasında gerçekleşen TSBP

değerini, y_t ise 2009- 2020 yılları arasında tahmin edilen değerleri göstermektedir.

5. Tahmin Sonuçları

Tablo 1'deki göstergeler HŞA-L model Denklem 11 ve ÇLR model Denklem 12'de hesaplandıktan sonra amaç fonksiyonu olan Denklem 13'teki RMSE değerini minimum yapan ağırlık katsayıları belirlenmiştir. HŞA-L model 25 popülasyon sayısında 1000 iterasyonda 30 bağımsız çalıştırılmıştır. HŞA-L'nin hesapladığı en iyi RMSE değeri ve ÇLR modelin hesapladığı RMSE değerleri ile $w_0 - w_3$ ile $\beta_0 - \beta_3$ değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

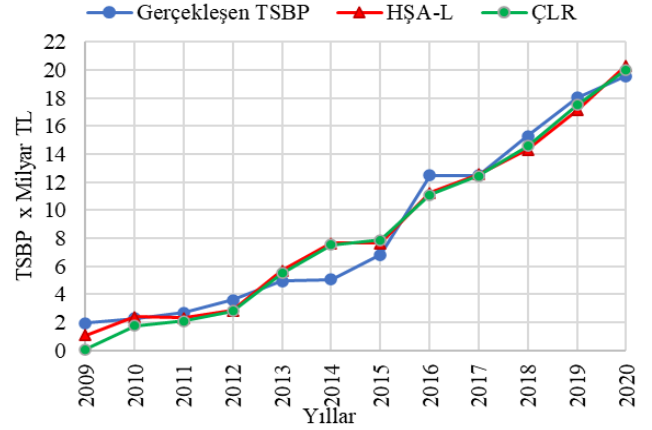
Tablo 2. Hesaplanan w ve β değerleri

HŞA-L model		ÇLR model	
w_0	1,8897285	β_0	2,286159268
w_1	-0,272823	β_1	-0,629375941
w_2	-1,373918	β_2	-1,083516212
w_3	-117,5557	β_3	-145,2395405
min RMSE	1,053975	min RMSE	1,12606

Tablo 2'de kalın yazı tipi ile belirtilen min RMSE değeri için HŞA-L modelin ÇLR modelden daha iyi hesapladığını belirtmektedir. Tablo 2'deki w ve β değerlerine bağlı olarak hesaplanan tahmin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Şekil 1'de gerçekleşen TSBP ile HŞA-L ve ÇLR modellerin tahmin grafikleri gösterilmiştir.

Tablo 3. HŞA-L model ve ÇLR model 2009-2020 yılları arası TSBP tahmin sonuçları

Yıllar	Gerçekleşen TSBP $x10^9$ TL	HŞA-L $x10^9$ TL	ÇLR $x10^9$ TL
2009	1,97173515	1,076272	0,083245221
2010	2,30557857	2,403267	1,763721041
2011	2,70047692	2,33191	2,094560885
2012	3,60010599	2,840887	2,82444023
2013	4,96599914	5,719955	5,507726772
2014	5,07292488	7,665956	7,553222899
2015	6,81061146	7,671373	7,866696582
2016	12,4702736	11,250907	11,10968195
2017	12,4982697	12,544226	12,4664361
2018	15,3019104	14,334863	14,58248547
2019	18,0184997	17,129296	17,51965729
2020	19,571442	20,318915	20,02746304



Şekil 1. TSBP Gerçekleşen değer ile HŞA-L model ve ÇLR model tahmin grafiği

6. Sonuçlar

2020 yılı sonu itibarı ile 300 milyar TL sınırı aşan aktif büyüklüğü ile sigorta sektörü gelişen ülke dinamiklerine göre büyümesini sürdürmektedir. Türkiye'de artan nüfus ve refaha bağlı olarak araç sayıları artmaktadır. Araç sayısı artışı dolaylı olarak kaza sayılarını da arttırmaktadır. Kaza sayısında ki artışa bağlı olarak trafik sigorta primleri her geçen yıl artmaktadır. 2020 yılı için yazılan toplam primin yaklaşık %25'i hayat dışı branş toplamının yaklaşık %30'unu oluşturan kara araçları zorunlu trafik tıgortası sektör içerisinde önemli bir paya sahiptir. Bu yüzden TSBP tahminlerinin yapılması sigorta sektörü için önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, geçmişe yönelik olarak gerçekleşen Türkiye trafik sigorta brüt primleri (TSBP) metasezgisel Harris Şahinleri Algoritması (HŞA) ile 2009 ile 2020 yılları arasında tahmini yapılmıştır. Tahmin için HŞA liner (HŞA-L) model oluşturulmuştur. TSBP tahmini için 2009 ile 2020 yılları arası nüfus, araç sayısı ve kaza sayısı göstergeleri kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak tahmin ve gerçekleşen değerlere bağlı min RMSE değerleri alınmıştır. RMSE değerlerine göre ÇLR ve HŞA-L modellerinin tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır. HŞA-L tahmin sonucu için min RMSE 1.053975, ÇLR tahmin sonucu ise 1.12606 olarak hesaplanmıştır. HŞA-L tahmin sonuçlarının ÇLR tahmin sonuçlarından daha iyi, güvenilir ve uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Kaynakça

- Abba, S. I., Najashi, B. u. G., Rotimi, A., Musa, B., Yimen, N., Kawu, S. J., . . . Dagbasi, M. (2021). Emerging Harris Hawks Optimization based load demand forecasting and optimal sizing of stand-alone hybrid renewable energy systems– A case study of Kano and Abuja, Nigeria. *Results in Engineering*, 12, 100260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100260>
- Baykal, K. B., & Bülbül, S. (2016). Türkiye'de trafik sigortalarında optimal ödül-ceza sistemi tasarımı: İyi risk/kötü risk modeli. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 8(14), 17. doi:10.14784/jfrs.95682
- Bednarz, J. C. (1988). Cooperative Hunting Harris' Hawks (Parabuteo unicinctus). *Science*, 239(4847), 1525-1527. doi:10.1126/science.239.4847.1525

- Chechkin, A. V., Metzler, R., Klafter, J., & Gonchar, V. Y. (2008). Introduction to the Theory of Lévy Flights. In *Anomalous Transport* (pp. 129-162).
- Çekici, M., & İnel, M. (2015). Türk Sigorta Sektörünün Direkt Prim Üretimlerinin Tahmin Teknikleri İle İncelenmesi. *Marmara University Journal of Economic and Administrative Sciences*, 34(1), 135-152.
- Doğan, E., & Akgüngör, A. P. (2013). Forecasting highway casualties under the effect of railway development policy in Turkey using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 22(5), 869-877. doi:10.1007/s00521-011-0778-0
- DSÖ. (2018). *Global status report on road safety 2018*. In. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
- Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M., & Chen, H. (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications. *Future Generation Computer Systems*, 97, 849-872. doi:<https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.028>
- Humphries, N. E., Queiroz, N., Dyer, J. R. M., Pade, N. G., Musyl, M. K., Schaefer, K. M., . . . Sims, D. W. (2010). Environmental context explains Lévy and Brownian movement patterns of marine predators. *Nature*, 465(7301), 1066-1069. doi:10.1038/nature09116
- Kırkbeşoğlu, E. (2015). *Risk Yönetimi ve Sigortacılık*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Korkmaz, E. (2017). *Türkiye'de ekonomik krizlerin hayat dışı sigorta primlerine etkisi: Ekonometrik yaklaşım*. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi,
- Kurniawan, R., Setiawan, I. N., Caraka, R. E., & Nasution, B. I. (2022). Using Harris hawk optimization towards support vector regression to ozone prediction. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(2), 429-449. doi:10.1007/s00477-022-02178-2
- Naeijian, M., Rahimnejad, A., Ebrahimi, S. M., Pourmousa, N., & Gadsden, S. A. (2021). Parameter estimation of PV solar cells and modules using Whippy Harris Hawks Optimization Algorithm. *Energy Reports*, 7, 4047-4063. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.085>
- Peden Margaret, Richard Scurfield, David Sleet, Dinesh Mohan, Adnan A. Hyder, Eva Jarawan, & Mathers, C. (2004). *World Report on Road Traffic Injury Prevention*. In. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-road-traffic-injury-prevention>
- Tefek, M. F., & Arslan, M. (2022). Highway accident number estimation in Turkey with Jaya algorithm. *Neural Computing and Applications*. doi:10.1007/s00521-022-06952-9
- Temur, A. (2018). Türkiye'de Trafik Sigortalarının Branş Karlılığını Etkileyen Faktörler ve Bu Faktörlerin Sigorta Sektörü Karlılığına Etkisi. *Akademik Hassasiyetler*, 5(10), 305-330.
- TSB. (2022). Türkiye Sigortalar Birliği İstatistikler, Teknik Gelir Tabloları, . Retrieved from <https://www.tsb.org.tr/tr/istatistikler>
- Turabieh, H., Azwari, S. A., Rokaya, M., Alosaimi, W., Alharbi, A., Alhakami, W., & Alnfai, M. (2021). Enhanced Harris Hawks optimization as a feature selection for the prediction of student performance. *Computing*, 103(7), 1417-1438. doi:10.1007/s00607-020-00894-7
- TÜİK. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. Retrieved from <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=istgosterge>
- Viswanathan, G. M., Afanasyev, V., Buldyrev, S. V., Havlin, S., da Luz, M. G. E., Raposo, E. P., & Stanley, H. E. (2000). Lévy flights in random searches. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 282(1), 1-12. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(00\)00071-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(00)00071-6)
- Yıldırım Keser, H., Ay, S., & Çetin, I. (2018). Ulaştırma Karayolları: Türkiye'deki Gelecek Beklentileri. *TESAM Akademi Dergisi*, 63-93. doi:10.30626/tesamakademi.455999