



Proaktif Trafik Kaza Risk Değerlendirme Yaklaşımı ve Türkiye İçin Uygulanabilirliğinin Tartışılması

Proactive Traffic Accident Risk Assessment Approach and Discussion of its Applicability for Türkiye

Erdem DOĞAN*¹ , Ersin KORKMAZ¹ 

¹Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale, Türkiye

Başvuru/Received: 27/09/2023

Kabul / Accepted: 26/10/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/12/2023

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2023

Öz
Trafik kazaları, tüm yaş grupları için ölüm nedenleri listesinin ilk sıralarında yer almaktadır. Yıllık olarak dünya genelinde yaklaşık 1,35 milyon ölümlü trafik kazası kaynaklı olay meydana gelmektedir. Uzmanlar bir yol kesiminin risk düzeyini değerlendirmek amacıyla, sıklıkla Reaktif Yaklaşım (ReY) tabanlı metotlar kullanılmaktadır. ReY, kazaların oluşmasını bekleyen ve ardından kaza verilerini analiz ederek önlemler öneren bir yaklaşım olup, bu yöntem için yeterli verinin toplanması gereken süre uzun olabilir. Diğer taraftan, Proaktif Yaklaşımlarda (ProY) ise trafik akışı içindeki taşıtların risk potansiyeli olan hareketleri incelenmekte ve bu hareketlerin analizinden elde edilen vekil güvenlik ölçütleri kullanılmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, risk analizi için gereken süre önemli ölçüde kısalmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesinde trafik kazası kaynaklı ölümlerin 2030 yılına kadar %50 azaltılması hedeflenmektedir. Mevcut karayolu risk değerlendirmesi için kullanılan ReY yöntemlerinin eksik veri kaynaklı yavaş kalabileceği ve belirtilen hedefe zamanında ulaşamayabileceği göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmanın temel amacı, Dünya genelinde kullanılan ProY yöntemleri hakkında bilgi sunmak ve ProY yönteminin Türkiye karayolları için risk değerlendirmesinde kullanılmasının tartışılmasıdır. Bu bağlamda, öncelikle mevcut ReY yöntemleri açıklanmış ve ardından ProY yöntemleri ile ilgili bilgilere odaklanılmıştır. Son olarak ProY örnekleri ele alınarak ülkemizde uygulama potansiyeli taşıyan uygulamalardan söz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

"Proaktif risk değerlendirme, Trafik kazaları, Türkiye, Vekil güvenlik ölçütleri"

Abstract

Traffic accidents rank among the top causes of death across all age groups. Approximately 1.35 million fatal traffic accidents occur annually worldwide. Experts often use Reactive Approach (ReA)-based methods to assess the risk level of a road section. ReA is an approach that waits for accidents to occur and then recommends precautions by analyzing accident data. The time required to collect sufficient data for this method may be long. On the other hand, in Proactive Approaches (ProA), the potentially risky movements of vehicles in the traffic flow are examined and proxy safety measures obtained from the analysis of these movements are used. Thanks to this approach, the time required for risk analysis is significantly shortened. In the Highway Traffic Safety Strategy Document of the Republic of Turkey, it is aimed to reduce deaths caused by traffic accidents by 50% by 2030. It should be considered that the ReA methods currently used for road risk assessment might be slow due to insufficient data, potentially hindering the timely achievement of this goal. The main purpose of this study is to provide information about ProY methods used worldwide and to discuss the use of ProY method in risk assessment for Turkish highways. In this context, existing ReA methods are first explained, followed by a focus on ProA methods. Finally, ProA examples are discussed, highlighting potential applications in Turkey.

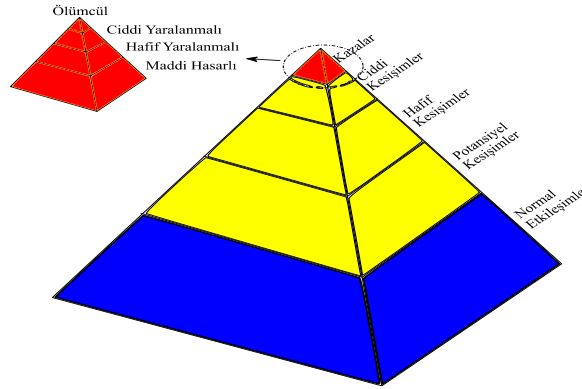
Key Words

"Proactive Risk Assessment, Traffic Accidents, Turkey, Surrogate Safety Measures"

1. Giriş

Karayollarında meydana gelen trafik kazalar ciddi kayıplar ortaya çıkaran önemli bir problemdir. Bu kazaların sayısı ve ciddiyetinin azaltılması için önemli miktarda çalışma yapılmasına rağmen, bu çalışmaların sayısı ne yazık ki istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Bir trafik kazasının oluşmasında birçok faktör etkili olmakta ve bu faktörlerin tamamının tespit edilmesi çoğu zaman yüksek maliyet, işgücü ve zaman gerektirmektedir. Diğer taraftan risk barındıran karayolu kesimlerinin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması bir zorunluktur. Bu nedenle hızlı ve düşük maliyetli Karayolu Risk Değerlendirme (KRD) metodlarının geliştirilmesi ve uygulanması kritik derecede önemlidir.

Hydén (1987) trafik akışından meydana gelen etkileşim ve kesişim olaylarının güvenlik açısından hiyerarşisini, Şekil 1’ de verilen güvenlik piramidi ile ortaya koymuştur. Bu yapıdan anlaşılmaktadır ki, trafik akışı içindeki etkileşimlerin sayısı göz önüne alındığında, trafik kazaları çok nadir gözlenen olaylardır. Bu nedenle sadece kaza verilerine bağlı yöntemlerin risk değerlendirme görevinde kullanılması durumunda, analizin tamamlanması için uzun zaman periyotlarına ihtiyaç duyulacaktır. Diğer taraftan, kaza potansiyeli taşıyan taşıt ve/veya yaya kesişim olayları sıkça gözlenmektedir. Bu olayların analizlerde göz önüne alınması halinde, risk değerlendirme görevleri için gereken zaman önemli ölçüde kısalmaktadır.



Şekil 1. Trafik olaylarına ait güvenlik piramidi (Hydén, 1987; Laureshyn ve diğ., 2010)

Dünya’da karayolu Kaza Risk Değerlendirmesi (KRD) süreci için kullanılan yöntemlere bakıldığında Reaktif Metot (ReM) ve Proaktif Metot (PoM) olarak iki ana yaklaşımın olduğu görülmektedir. ReM temel olarak geçmiş çarpışma verilerine dayandırılarak yapılan KRD süreçlerini kapsar. ReM genel kabul gören bir yöntem olup, hâlihazırda birçok ülkenin tercih ettiği temel bir yaklaşımdır. Diğer taraftan kaliteli ve detaylı kaza verilerine ihtiyaç duyması ve bu verilerin oluşmasının uzun zaman alması en büyük dezavantajıdır. PoM ise kaza oluşumuna sebep olabilecek kesişimleri, yani vekil olayları, kullanarak yapılan bir KRD sürecidir. Bu nedenle kazaların oluşmasına ihtiyaç duymamakta ve istenilen veri, gözlemlerle sahadan elde edilebilmektedir. PoM’lerin güvenlik analizleri için kullanılma fikri 1970’li yıllarda Amundsen ve Hyden (1977) tarafından ortaya atılmasına rağmen, vekil olayların gözlenmesinin geçmiş zamanlardaki zorluğu bu yaklaşımın en büyük dezavantajı olmuştur. Günümüzde gelişen görüntü alma, haberleşme ve yol teknolojileri sayesinde artık bu dezavantaj önemli ölçüde ortadan kalkmış bulunmakta, gelişmiş ülkelerde PoM’lerin dâhil olduğu KRD süreçleri de yaygınlaşmaktadır. Avrupa ülkelerinin çoğundan büyük karayolu ağına sahip bir ülke olan Türkiye’nin PoM’lerin avantajlarından faydalanması gerekmektedir.

Proaktif trafik güvenliği alanında son yıllarda yapılan bazı önemli çalışmalar, farklı perspektiflerden ele alındığında, güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi ve kazaların önceden tahmin edilmesi konusunda PoM kullanımının giderek arttığını işaret etmektedir. Hassanpour ve Hadadi’nin (2022) çalışması, iki şeritli yolların güvenliğini etkileyen altyapı faktörlerini önceliklendirerek, altyapı iyileştirmelerinin trafik güvenliği üzerindeki etkisini proaktif yöntemler kullanarak değerlendirmektedir. Dimitrijevic, Kales, Asadi ve Lee’nin (2022) çalışması, kısa vadeli segment düzeyinde kazaları tahmin etmek için geliştirdikleri veri modellemesiyle, proaktif ve reaktif stratejilerin etkili bir şekilde nasıl entegre edilebileceğini göstermektedir. Noh ve Yeo’nun (2022) geliştirdikleri yöntemle çarpışma risk bölgelerini belirlemek için proaktif çözümler öne sürmüşlerdir. Du, Dash, Li, Wei ve Wang’ın (2023) kapsamlı literatür taraması, trafik yönetim sistemlerinde güvenlik konusunda mevcut olan geniş bilgi birikimimizi derinleştirmekte olup, gelecekteki araştırmalara rehberlik etmektedir. Badi ve Bouraima’nın (2023) çalışması, çok ölçütlü karar verme tabanlı bir çerçeve geliştirerek, özellikle Libya gibi riskli bölgelerde taşımacılık kazalarının proaktif bir şekilde yönetilmesi için rehberlik sağlamaktadır. Kar, Venthuruthiyil ve Chunchu’nun (2023) araştırması, kırsal alanlarda karışık trafik koşullarının analiziyle, proaktif güvenlik yaklaşımlarının pratik uygulamalarını ortaya koymaktadır. Mishra, Rajendran, Vecchiatti ve Har’ın (2023) çalışması, şehir manzaralarındaki kaza riskli özelliklerin algılanması için geliştirdikleri yöntemle, sürücülere ve trafik güvenliği sistemlerine proaktif bir kat sunmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmalar bir araya geldiğinde, trafik güvenliği alanında proaktif yaklaşımların geliştirilmesi ve uygulanmasının önemli bir potansiyel taşıdığı ortaya çıkmaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesinde 2030 yılına kadar trafik kazası sonucu ölümleri ve ciddi yaralanmaları %50 azaltma hedefi konulmuştur (EGM, 2021). Bu hedef doğrultusunda, KRD süreçlerinin süratle gerçekleştirilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması gerekecektir. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için hızlı bir KRD yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin bu ihtiyacını karşılama potansiyeli taşıyan, PoM yaklaşımlarını tanıtmak ve bir tartışma ortamının oluşmasını sağlamaktır. Bu amaçla öncelikle Türkiye uygulanan ReM'leri kısaca tanıtılacak, ardından PoM'ler hakkında bilgiler verilerek avantaj ve dezavantajları tartışılacaktır.

2. Türkiye'de Kullanılan Reaktif Risk Değerlendirme Yaklaşımı (Kaza Kara Nokta Yöntemi)

Reaktif karayolu risk değerlendirme yaklaşımı, hâlihazırda gerçekleşmiş olan kaza verilerinin analizine dayanarak yoldaki sorunlu alanları tespit etme, karşı önlemleri inceleme ve bunları uygulama faaliyetlerini içermektedir (FHWA, 2006). Bu yaklaşım genellikle geçmiş kaza verilerinin analizi yapılarak Kaza Kara Noktası (KKN) olarak ifade edilen yol kesimlerinin tespit edilmesi sürecini kapsamaktadır. Ülkemizde, KKN tespiti için Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM), Jandarma Genel Komutanlığı (JGK) ve Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) beraber çalışmaktadır. Emniyet güçleri tarafından toplanan kaza verileri yılsonunda KGM'ye teslim edilmekte ve KGM bünyesinde bulunan Trafik Şube Müdürlüğü tarafından işlenerek KKN'ler tespit edilmekte veya güncellenmektedir.

KKN tespiti için kaza tekrarı, kaza tekrarı oranı, tablo yöntemi, eşdeğer ağırlık ve KGM'nin kullandığı Oran Kalite Yöntemi (OKY) sayılabilir. KGM, alt yapı eksiklikleri ve uygulama zorlukları sebebiyle yöntemin uygulamasında üç adet kabul yapmaktadır. Bunlar: (i) Köprü, tünel, kavşak gibi yol yapıları ayrıca ele alınmaz. (ii) Karayolları üzerindeki her 1 km. bir kesim olarak değerlendirilir. (iii) Sadece devlet yolları için analizler yapılır. Ölümlü ve yaralanmalı kazaların en fazla olduğu bölgelerin kavşaklar olduğu Elvik ve diğ (2009) çalışması incelendiğinde, bu bölgeler için özel bir değerlendirmenin yapılamaması önemli bir dezavantajdır. Türkiye'nin yaklaşık 68 bin km'lik yol ağının yaklaşık yarısının devlet yolu olarak ele alındığını düşünüldüğünde, yol ağının yarısının için risk değerlendirme işlemi dışında tutulduğu anlaşılmaktadır.

OKY'de Türkiye genelinde 1 km'lik kesimlerde oluşan kaza tekrar sayılarının Poisson dağılımına uygun dağıldığı kabul edilmekte ve bu kabulde kritik değerler hesaplanmaktadır. Denklem 1-3' verilen ve açıklanan R,F ve S değerleri, Denklem 4-6 da yardımıyla hesaplanan kritik değerleri (K_R, K_F, K_S) geçmesi durumunda ilgili kesim kaza kara noktası olarak değerlendirilmektedir. İlk adımda, Denklem 1-3'te verilen bağıntılarla, ilgili kesim için sırasıyla kaza tekrarları (R), kaza tekrar oranı (F) ve eşdeğer ağırlık değerleri (S) belirlenir.

$$R = \frac{A \cdot 10^6}{365 \cdot T \cdot V \cdot L} \quad (1)$$

$$F = \frac{A}{L} \quad (2)$$

$$S = 9F + 3I + P \quad (3)$$

Bu denklemlerde ilgili kesim için,

A: Kaza sayısı, T: Analiz süresi, V: Yıllık ortalama günlük trafik değeri, L: Kesim uzunluğu, I: Yaralı sayısı, F: Ölü sayısı.

İlgili kesime ait oluşan güvenlik değerleri hesaplandıktan sonra, her bir güvenlik değerinin ilişkilendirileceği kritik değerler hesaplanır. Bu kritik değerler, Denklem 4-6'da ifade edilen kritik kaza tekrar değeri (KR), kritik kaza tekrar oranı (KF) ve kritik eşdeğer ağırlık değeridir (KS).

$$K_R = R_{ort} + k \sqrt{\frac{R_{ort}}{M_{ort}}} + \frac{1}{2M_{ort}} \quad (4)$$

$$K_F = F_{ort} + k \sqrt{\frac{F_{ort}}{M_{ort}}} + \frac{1}{2M_{ort}} \quad (5)$$

$$K_S = S_{ort} + k \sqrt{\frac{S_{ort}}{M_{ort}}} + \frac{1}{2M_{ort}} \quad (6)$$

Bu denklemlerde kullanılan ve olasılık faktörü olarak isimlendirilen (k) değeri %99,5 güvenlik düzeyi için 2,576 alınarak işlemler yapılmaktadır. $R_{ort}, F_{ort}, S_{ort}$ ve bütün kesimler için ortalama trafik yoğunluğu (M_{ort}) değerlerinin hesaplanması Denklem 7-10'da sunulmuştur. Bu denklemlerde, (n) ülke genelinde incelenen toplam kesit adedini ifade etmektedir. Herhangi bir kesimin trafik yoğunluk değeri ise Denklem 11 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$R_{ort} = \frac{\sum R}{n} \quad (7)$$

$$F_{ort} = \frac{\sum F}{n} \quad (8)$$

$$S_{ort} = \frac{\sum S}{n} \quad (9)$$

$$M_{ort} = \frac{\sum M}{n} \quad (10)$$

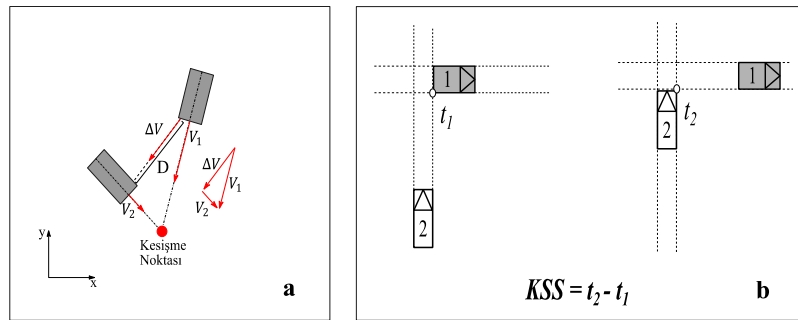
$$M = 10^{-6} \cdot 365 \cdot YOGT \quad (11)$$

Bir kesitin kaza kara noktası olarak tespiti için ise $R > K_R$, $F > K_F$ ve $S > K_S$ karşılaştırmaları yapılmakta ve her üç eşitsizliğin sağlanması halinde ilgili kesit kaza kara noktası olarak ilan edilmektedir.

Bu yöntem geçmiş kaza verilerinin bulunması halinde kazaların hangi bölgelerde toplandığına dair önemli bilgiler sunmaktadır. Fakat reaktif yöntemlerin yapısı gereği bu yöntemin uygulanabilmesi için kaza istatistiklerinin oluşmuş olması gerekmektedir. Herhangi bir kaza oluşmamış bir kesimde bu yöntem kullanılarak herhangi bir analiz yapılamaz. Diğer bir sorunlu nokta ise kabul edilen %99,5'lik anlamlılık düzeyidir. Bu yüksek değer bir kesimin kaza kara noktası olmadığı halde kaza kara noktası olarak ilan edilmesini ciddi ölçüde engellese de, aksi durum için yani kaza kara noktası olduğu halde kaza kara noktası olarak ilan edilmeyen noktalar olabileceğini işaret etmektedir. Bu değer bilimsel bir yaklaşımla Türkiye karayolları için uygunluğunun analiz edilmesi isabetli olacaktır.

3. Proaktif Trafik Kaza Risk Değerlendirme Yaklaşımı

Proaktif yaklaşım ile bir karayolu kesimi veya özel bir noktanın risk değerlendirmesinin yapılmasında genellikle kaza oluşmasına sebep olacak olayların incelenmesi yapılmaktadır. Bu olaylar, bir kavşak için kırmızı ışık ihlallerinin frekansı, bir yol kesimi için hız limitlerinin aşılma sıklığı veya agresif sürücülerin sayısı olabilir. Fakat bu tür olayların sürekli gözlenmesi veya uygun ölçütlerin ne olacağını tespit edilmesi karmaşık veya yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, araştırmacılar, “vekil olay” olarak ifade edilen trafik etkileşimlerinden elde edilen sayısal değerleri, yani *Vekil Güvenlik Ölçütlerini (VGÖ)*, karayolu risk değerlendirme görevlerinde kullanmaya başlamıştır. Trafik akışı içindeki bir olayın vekil olay olarak isimlendirilmesi için sık gözlenmesi ve kazalar ile mantıksal bir ilişkisinin olması gerekmektedir (Chang ve diğ., 2017). Bu tanıma giren ve en popüler VGÖ'ler, Çarpışmaya Kalan Süre (ÇKS; İng: Time-to-Collision) ve Kesişim Sonrası Süre (KSS; İng: Post-Encroachment Time) olarak isimlendirilmektedir. ÇKS, yol kullanıcılarının hız ve doğrultularını değiştirmemesi halinde potansiyel bir çarpışmaya kalan süre olarak tanımlanır (Hayward, 1972). Şekil 2(a)' da iki taşıt için bu değer hesaplanması resmedilmiştir. ÇKS değerinin “0” olması kesin çarpışma anlamına gelirken, belirli bir eşik değerinden daha küçük VGÖ değerlerinin sık gözlenmesi durumunda, kaza oluşma riskinin arttığı kabul edilmektedir.



Şekil 2. (a) Çarpışmaya Kalan Süre; (b) Kesişim Sonrası Süre.

Kesişim Sonrası Süre (KSS), Şekil 2(b)'de görüldüğü gibi, yörüngeleri kesişen iki yol kullanıcının, kesişim noktasından geçiş zamanları arasındaki farkla ölçülür. Yine ÇKS'ye benzer biçimde, bir kesim içinde küçük KSS değerlerinin sık gözlenmesi, bu kesimin kaza riski barındırdığını işaret etmektedir.

Görüntü alma ve bu görüntülerden ölçüt çıkarma yeteneğinin gelişen teknolojilerle gelişmesi sayesinde, ÇKS ve KSS dışında, yavaşlama ivmesi (Mahmud ve diğ., 2017), şerit değiştirme sıklığı (Park ve diğ., 2018) gibi olaylara bağlı VGÖ'ler de literatürde bulunmakta ve bu konuda yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu ölçütlerin elde edilmesi son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde kolaylaşmış olsa da, karayolu risk değerlendirmesinde kullanılması için aşağıda kısaca açıklanan konularda çalışmaların yapılarak bilgi derinliğinin artırılması gerekecektir.

Vekil olay kavramını netleştirilmesi gereklidir; Bir olayın vekil olay olarak kabul edilmesi için sahadan kısa zaman periyodunda içinde gözlenebilmesi, çarpışmalarla mantıksal bir ilişkisinin olması, kazaya neden olan olaylar dizisinin bir parçası olması gerektiği belirtilmiş olsa da (Tarko, 2018b), standartlaştırılmış ve doğrulanmış kriterlerin belirlenmesine halen ihtiyaç duyulmaktadır.

Çarpışma şiddetini vekil olaylar yardımıyla tahmin edecek metotlar geliştirilmelidir; Güvenlik değerlendirme analizlerinde çarpışma frekansı kadar, şiddeti de özellikle ölümlü kazaların azaltılması için gerekli olmaktadır. Kaza şiddetinin yüksek olduğunun tespiti halinde, hızların azaltılması, görüş uzunluklarının iyileştirilmesi, uygun işaret veya kontrol sistemlerinin uygulanması gibi kaza şiddetini azaltmaya yönelik önlemlerin alınması öncelikli olacaktır.

VGÖ'lerin güçlü ve zayıf yönleri ve en uygun oldukları durumların tespit edilmelidir; Farklı durum ve koşullar altında kullanılacak VGÖ tipinin doğru seçilmesi analiz kalitesini arttıracaktır. Literatürde bu konuda yapılmış geçmiş çalışmalar (Johnsson ve diğ., 2018; Mahmud ve diğ., 2017; Zheng ve diğ., 2014) bulunmasına rağmen konu hakkında üstünde mutabık olunan bir yaklaşımın mevcut olmadığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, belirli bir yaklaşım öne sürülse dahi, ülkelerin farklı trafik koşulları olması göz önüne alındığında, geliştirilen bir yaklaşımın diğer ülkelere doğrudan uygulanması sakıncalı olabilir. Bu nedenle, proaktif sistemlerin Türkiye'de kullanılmasına karar verilmesi halinde, Türkiye trafik koşulları için uygun VGÖ'lerin tespiti, geliştirilmesi ve test edilmesi gerekli olacaktır.

Eşik değerlerin farklı koşullar için uygun değerleri tespit edilmelidir; Bir olayın vekil olay olarak adlandırılması için ölçülen VGÖ değerinin önceden belirlenen bir eşik değerinin altında ve üstünde olması şartı aranmaktadır. Tarko (2018a), bu değerini hatalı seçilmesi halinde analizin geçersiz sonuçlar vereceği konusunda uyarılmaktadır.

Eşik değer için düşük değerler kullanıldığında çarpışma olasılığı yüksek olaylar kolaylıkla tespit edilmekte fakat bu durumda trafik akışı içinde tehlike arz edebilecek olaylar değerlendirme dışı kalabilmektedir. Yüksek seçilmesi halinde ise, aslında değerlendirme dışı kalması gerekli olaylar analizlere katılmaktadır. Bu durumda ise yol kesiminin aslında olduğundan daha yüksek risk içerdiği gibi hatalı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu sebeple, Ülkemiz trafik koşulları için uygun eşik değerlerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli çalışmaların yapılması gerekecektir. Bu çalışmalar sonucunda, eşik değerinin tespiti için bir metot veya yol kesimleri için belirli eşik değer aralıkları önerilebilir. Böylece, proaktif sistemin eşik değer kaynaklı hatalı değerlendirme yapma olasılığı azaltılabilir.

4. Yaklaşımların Karşılaştırılması ve Türkiye için Proaktif Sistemin Uygulanabilirliği

Reaktif sistem kazalar oluştuğundan sonra çarpışma uygulanabilen bir yöntem iken proaktif sistemler çarpışma verisine ihtiyaç olmadan risk değerlendirmesi yapabilmekte olup, bu özelliği yaklaşımın en önemli avantajıdır. Diğer taraftan yöntemin Dünyada, proaktif risk değerlendirme uygulamaları son zamanlarda hızlansa da, açığa kavuşturulması gerekli çeşitli konuları bulunmaktadır. Tablo 1'de bu konular iki yaklaşım karşılaştırılarak sunulmuştur.

Tablo 1. Proaktif ve Reaktif risk değerlendirme yaklaşımlarının farklı yönlerden karşılaştırılması

Konu	Proaktif	Reaktif
Risk Ölçütü	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenen vekil olayların analizinden elde edilen vekil güvenlik ölçütleri kullanır. Vekil olaylar, çarpışmalardan çok daha sık gözlemlendiğinden ihtiyaç duyulan veri, reaktif yaklaşıma göre çok kısa sürede elde edilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Çarpışma verilerinin çeşitli analitik ve istatistik yöntemlerle analizi sonucunda elde edilen değerler kullanılır. Bunlar arasında kaza sayısı frekansı, ölü ve yaralı sayıları bulunmaktadır. Kullanılan parametrelerin Ülkemize uygunluğu için ileri çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.
Veri Toplama	<ul style="list-style-type: none"> Saha yerleştirilen kameralarla veya insansız hava araçları yardımıyla trafik akış görüntüleri veri toplanmaktadır. Geliştirilen bilgisayar programları ile görüntülerin analizi yapılmaktadır. Büyük ölçüde veri işleme görevi gerektiğinden güçlü bilgisayar donanımlarına ihtiyaç duyulur. 	<ul style="list-style-type: none"> Güvenlik güçlerinin hazırladığı çarpışma raporlarından gerekli veri toplanır. Çarpışmanın oluşmasına neden olan etkenlerin tespiti için detaylı ve iyi hazırlanmış raporlara ihtiyaç duyulur. Kaza raporlarının yetkin kişiler tarafından hazırlanmaması halinde olumsuz etkilenir. Önlem alma kararı için çarpışma verilerinin oluşması uzun süreler alır.
Analiz Detayı	<ul style="list-style-type: none"> Herhangi bir yol kesim veya düğümünün analizi detaylı olarak gerçekleştirilebilir ve gerekli önlemler özel olarak tespit edilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Genellikle kaza verileri düşük detay barındırdığından kazaların yoğunlaştığı bölgelerin tespiti yapılabilir.

		<ul style="list-style-type: none"> Bu bölgelerde ihtiyaç duyulan önlemler için, yeniden detaylı inceleme gerekebilir.
Diğer Konular	<ul style="list-style-type: none"> Proaktif yaklaşımın temelleri 1970’li yıllara dayansa da uygulama tarafında çözümlenmesi gerekli konular mevcuttur. Yöntemin Ülkemizde uygulanabilmesi için eğitilmiş personel ve ileri araştırmalar gereklidir. 	<ul style="list-style-type: none"> Uzun yıllardır kullanılan bir yaklaşım olduğu için risk değerlendirme süreçleri büyük oranda açığa kavuşmuş durumdadır. Yöntemin geliştirilmesi ve Ülkemiz şartları için özelleştirilmesi için ileri çalışmalara halen ihtiyaç var.

Tablo 1’den anlaşılmaktadır ki, her iki yöntemin çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Proaktif yaklaşımın en önemli avantajı hızlı bir analiz yapılması iken, reaktif yaklaşım uzun yıllardır kullanılmasının getirdiği avantaja sahiptir. Bu durumda, her iki yöntemin avantajlarını kullanabilecek hibrit bir yöntemin geliştirilmesi veya proaktif yöntem sonuçlarının reaktif sistemlerle yıllar içinde doğrulayacak ve proaktif sistem performansını gidererek iyileştirecek çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar uzun zaman periyotlarına ihtiyaç duysa da, giderek artan isabet oranı sayesinde makul bir zaman periyodu içinde yol risk değerlendirmeleri için kullanılacak önemli bir araç haline gelmesi kuvvetle muhtemeldir.

Proaktif yaklaşımın uygulanması için başlangıçta sahadan elde edilen görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda Türkiye’de akıllı ulaşım sistemlerine yapılan yatırımlar ciddi düzeyde artış göstermiş ve bu sistemler kapsamında önemli karayolu noktalara kamera ve detektörler yerleştirilmiştir. Bu hazır donanımlar sayesinde elde edilen veya daha önceden elde edilen görüntüler yardımıyla analizler yapılabilir. Kaldı ki kamera olmayan yol kesimleri için uygun görüntü alma sistemleri geçici olarak yerleştirilebilir veya insansız hava araçları kullanılarak bu görüntüler temin edilebilir.

Geliştirilecek olan proaktif sistemde hangi vekil olayların kullanılacağı ve parametrelerin ne olması gerektiği konusunda çalışmaların yapılması gerekecektir. Bu çalışmalara erken başlanması sayesinde Türkiye, karayolu risk düzeylerini trafik kazaları oluşmadan belirleme kabiliyetine sahip bir sisteme sahip olacaktır. Türkiye’de bu bilimsel araştırmaları yürütebilme kabiliyetine sahip bilim insanları ve trafik alanında uzman kişiler bulunmaktadır. Bu bilgilerden yola çıkarak, yetkili kurum ve kuruluşların öncü rol üstlenmesi sayesinde Türkiye için özelleştirilmiş proaktif risk değerlendirme yaklaşımını kullanan sistemlerin geliştirilmesinin önünde ciddi bir engel bulunmadığı anlaşılmaktadır.

5. Sonuç

Trafik kazaları bütün Dünyada öncelikli sorunlardan biridir. Ülkemizde bu problemin çözümü için yol kullanıcılarının eğitimi, yol standartlarının iyileştirilmesi ve etkin kontrollerin yapılmasının yanında, yol kesimlerinin risk analizinin hızlı biçimde yapılması gerekmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü, risk analizleri için reaktif yöntemler kullanmakta fakat bu yöntemin uygulanması için geçmiş çarpışma verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer taraftan proaktif yöntemlerle geçmiş çarpışma verisine ihtiyaç duymadan risk analizleri gerçekleştirilebilir ve riskli bölgelerde alınacak önlemlerle potansiyel çarpışmaların önüne geçilebilir. Bu çalışmada KGM tarafından kullanılan reaktif yöntem hakkında bilgiler verilmiş ve proaktif yöntemle karşılaştırılarak tartışılmıştır. Halen proaktif yöntemlerle ilgili çeşitli araştırma problemleri bulunmakla birlikte, bu sorunların ülkemiz özelinde çözümünü amaçlayan çalışma ve proje sayılarının artmasının önünde önemli bir engelin olmadığı anlaşılmaktadır. Bu araştırmaların kısa sürede sonuç vereceği düşünüldüğünde, proaktif risk değerlendirme sistemlerinin hayata geçirilmesi sayesinde ülkemiz alternatif risk değerlendirme yaklaşımına sahip olabilir. Dahası iki yaklaşımın birbirini destekleyeceği hibrit yaklaşımların geliştirilmesinde sayesinde riskli bölge tespit görevinin gerçekleşme hızı ve başarı oranı önemli ölçüde artacaktır. Bu sonuçlar çerçevesinde alınacak önlemlerle de kaza sayıları önemli ölçüde azaltılabilecektir.

Referanslar

- Amundsen, F. H., & Hyden, C. (1977). Proceedings of first workshop on traffic conflicts. Oslo, TTI, Oslo, Norway and LTH Lund, Sweden, 78.
- Badi, I., & Bouraima, M. B. (2023). Development of MCDM-based Frameworks for Proactively Managing the Most Critical Risk Factors for Transport Accidents: A Case Study in Libya. *Spectrum of engineering and management sciences*, 1(1), 38-47.
- Chang, A., Saunier, N., & Laureshyn, A. (2017). Proactive methods for road safety analysis. *SAE International*, 5. <http://papers.sae.org/wp-0005/>
- Dimitrijevic, B., Khaled, S. D., Asadi, R., & Lee, J. (2022). Short-term segment-level crash risk prediction using advanced data modeling with proactive and reactive crash data. *Applied Sciences*, 12(2), 856.
- Du, W., Dash, A., Li, J., Wei, H., & Wang, G. (2023). Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. *Designs*, 7(4), 100.

- EGM.(2021). 2021-2030 Karayolu Trafik Güvenliği Strateji Belgesi. <https://www.trafik.gov.tr/2021-2023-karayolu-trafik-guvenligi-strateji-belgesi-ve-2021-2023-karayolu-trafik-guvenligi-eylem-plani>
- Elvik, R., Vaa, T., Hoye, A., & Sorensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Publishing.
- FHWA. (2006). FHWA Road safety audit guidelines. In Fhwa-Sa-06-06.
- Hassanpour, S., & Hadadi, F. (2022). Prioritization of infrastructure factors affecting on the safety of two-lane roads using proactive and reactive methods (Case study: Ahar-Tabriz road). *Amirkabir journal of civil engineering*, 54(4), 1419-1440.
- Hayward, J. C. (1972). Near miss determination through use of a scale of danger.
- Hydén, C. (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. *Bulletin Lund Institute of Technology, Department*, 70.
- Johnsson, C., Laureshyn, A., & De Ceunynck, T. (2018). In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators. *Transport Reviews*, 38(6), 765–785.
- Kar, P., Venthuruthiyil, S. P., & Chunchu, M. (2023). Assessing the crash risk of mixed traffic on multilane rural highways using a proactive safety approach. *Accident Analysis & Prevention*, 188, 107099.
- Laureshyn, A., Svensson, Å., & Hydén, C. (2010). Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1637–1646.
- Mahmud, S. M. S., Ferreira, L., Hoque, M. S., & Tavassoli, A. (2017). Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs. *IATSS Research*, 41(4), 153–163.
- Mishra, S., Rajendran, P. K., Vecchietti, L. F., & Har, D. (2023). Sensing accident-prone features in urban scenes for proactive driving and accident prevention. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Noh, B., & Yeo, H. (2022). A novel method of predictive collision risk area estimation for proactive pedestrian accident prevention system in urban surveillance infrastructure. *Transportation research part C: emerging technologies*, 137, 103570.
- Park, H., Oh, C., Moon, J., & Kim, S. (2018). Development of a lane change risk index using vehicle trajectory data. *Accident Analysis & Prevention*, 110, 1–8.
- Tarko, A. P. (2018a). Estimating the expected number of crashes with traffic conflicts and the Lomax Distribution—A theoretical and numerical exploration. *Accident Analysis & Prevention*, 113, 63–73.
- Tarko, A. P. (2018b). Surrogate measures of safety. In *Safe mobility: challenges, methodology and solutions* (Vol. 11, pp. 383–405). Emerald Publishing Limited.
- Zheng, L., Ismail, K., & Meng, X. (2014). Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41(7), 633–641.