

Trafik Kazalarının Tehlike İndeksi Metodu ile Analizi: Denizli Örneği

Analysis of Traffic Accidents Using Hazard Index Method: Case of Denizli

Cenk OZAN*, Özgür BAŞKAN, Soner HALDENBİLEN ve Erhan DERİCİ

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

Geliş Tarihi/Received : 17.03.2010, Kabul Tarihi/Accepted : 15.04.2010

ÖZET

Trafik kazaları pek çok etkenin bileşkesi sonucu meydana gelen, karmaşık ve analizi zor bir konudur. Şehir içi ulaşım ağlarında trafik kazalarının azaltılması için birçok çalışma yapılmakla beraber kaynağında insan ve çevre faktörünü barındıran trafik kazalarının tam olarak önlenmesi mümkün olamamaktadır. Bu nedenle özellikle şehir içi ulaşım ağlarında kaza riski taşıyan linklerin belirlenmesi ve buna bağlı olarak gerekli önlemlerin alınabilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada kaza riski taşıyan linklerin belirlenmesi amacıyla tehlike indeksi metodu kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Denizli kentinin trafik hacmi açısından en yoğun bölgelerini içeren ulaşım ağı seçilmiştir. Belirlenen ulaşım ağına tehlike indeksi uygulamasında kullanılacak veriler toplanmış, bölgedeki linkler için tehlike indeksleri hesaplanmış ve risk derecelendirilmesi yapılmıştır. Analizlerde kullanılmak üzere, linkler üzerinde, sabah ve akşam zirve saatlerinde hız ve hacim ölçümleri yapılmıştır. Yapılan risk analizi ve derecelendirilmesi sonucunda tehlike indeksi metodunun trafik kaza risk analizlerinde kullanılabileceği ve bu sayede kaza sayılarının azaltılabilmesi yönünde yapılacak çalışmalara temel oluşturabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Trafik kazaları, Tehlike indeksi metodu, Risk analizi, Şehir içi ulaşım.*

ABSTRACT

Traffic accidents that occur as a result of a combination of many factors are complex and difficult issue. Although many studies are carried out in order to reduce the number of traffic accidents in urban transportation networks, exactly prevention of traffic accidents which arise from human and environmental factors is impossible. Therefore, especially in the urban transportation networks, determining links which have an accident risk and taking required measures are very important. In this study, the hazard index has been used to determine links which have an accident risk. Transportation network which contains high traffic volume regions in Denizli has been selected as study area. In this network, data were collected to be used in the hazard index, hazard indexes were calculated for links and risk grading was conducted. Morning and evening peak hour speed and traffic volume surveys were carried out in order to be used in analyses. Results showed that hazard index method can be used in traffic accident risk analysis and it is determined that hazard index method can be used to form a basis for future studies about decreasing the number of traffic accidents.

Keywords: *Traffic accidents, Hazard index method, Risk analysis, Urban transport.*

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz birkaç on yıllık süre içinde ulaşım talebindeki artış, dünya genelindeki gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki orta ve büyük ölçekli şehirlerde trafik sıkışıklık ve tıkanıklarını arttırmıştır. Artan ulaşım talebi ile birlikte dünya genelinde birçok şehirde konfor ve erişebilirlik beklentilerinin yükselmesi, özel araç kullanımını artırmış ve toplu taşıma kullanımının azalmasına neden olmuştur. Ülkemiz araç

sahipliği oranlarında Avrupa ülkelerinin gerisinde olmasına rağmen kaza sayıları ve buna bağlı olarak ölüm oranlarında üst sıraları zorlamaktadır. Avrupa ülkelerinde kişi başına düşen milli gelirle orantılı olarak araç sahipliği oranları fazla olmakla birlikte yeterli toplu taşıma sistemlerinin mevcut olması ve bunun yanında özel araç kullanımına getirilen kısıtlamalar nedeni ile özel araç kullanım oranları düşmektedir. Buna bağlı olarak meydana gelen şehir içi trafik problemleri de en aza indirgenmiş olmaktadır (Ceylan v.d., 2007).

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : cozan@pau.edu.tr (C. Ozan)

Şehiriçi ulaşım ağlarında güvenlik kavramı, yaşanan maddi ve manevi kayıplar nedeni ile ulusal ve yerel yönetimlerin öncelikli konularının başında yer almaktadır. Hızla artan motorlu taşıt kullanımı ve bu artışa paralel uyum gösteremeyen yol ve teknik altyapılarının etkileşimi sonucu trafik güvenliği probleminin insan-taşıt-altyapı üçgeniyle çözümü ve analizi oldukça karmaşık hale gelmektedir. Ülkemizde 2008 yılı itibarı ile 929304 trafik kazası meydana gelmiş ve bunun sonucunda 4228 kişi hayatını kaybetmiş ve 183841 kişi yaralanmıştır (Dericci, 2010). Ayrıca kaza istatistikleri incelendiğinde, trafik kazalarında en fazla kusur oranının % 95'i aşkın bir oranla sürücülerde olduğu görülebilir. Bunu, sırasıyla yaya, araç, yol ve yolcu kusur oranları takip etmektedir. Bu karmaşık yapı içinde kaza analizi yapılacak bölgelerde kazalara etki eden parametrelerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bilindiği gibi trafik kazaları birçok farklı parametreden etkilenebilmektedir. Bu parametrelerin tamamının belirlenebilmesi her zaman mümkün olamamaktadır. Bu nedenle kaza analizlerinin yapılabilmesinde etkili parametrelerin seçimi, verilerin temini ve kullanılan yöntem oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Denizli ili içinde seçilen ulaşım ağındaki linkler için kaza risk analizlerinin yapılabilmesi amacıyla tehlike indeksi metodu kullanılmıştır. Bu metot ile seçilen bölgede risk derecelendirmesi yapılarak kaza riski açısından öncelikli bölgeleri belirlemek ve tehlikelerin en aza indirgenebilmesi için yapılması gerekenleri ortaya koymak mümkün olabilmektedir.

İkinci bölümde trafik kaza analizleri ve risk derecelendirmesi konularında yapılan çalışmalar verilmiştir. Sonraki bölümde; tehlike indeksi metoduyla risk analizi hakkında bilgi verilmiş ve gerekli formülasyon açıklanmıştır. Dördüncü bölümde seçilen ulaşım ağının özellikleri ve tehlike indeksinin belirlenmesi için gerekli olan veriler verilmiştir. Beşinci bölümde tehlike indeksi metoduyla risk derecelenmesi yapılmış ve riskli bölgeler belirlenmiştir. Son bölümde elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Herhangi bir sistemde oluşabilecek tehlikeyi önceden belirlemek ve bu tehlike gerçekleştiği takdirde, sonuçtan en az zararla etkilenmek amacıyla yapılan çalışmalarda risk analizi yöntemleri sıkça kullanılmaktadır. Şehiriçi ulaşım ağlarında trafik kaza riski taşıyan bölgeleri önceden belirlemek kazalar sonucu oluşabilecek maddi ve manevi hasarların azaltılması açısından oldukça önemlidir. Literatürde iki temel risk analizi yöntemi mevcuttur. Bunlar, kantitatif (nicelleyici) ve kalitatif (nitelleyici) yöntemlerdir. Kantitatif risk analizi, riski hesaplarken sayısal yöntemlere başvurur. Kalitatif risk analizinde ise tehdidin olma ihtimali, tehdidin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile işleme sokularak risk değeri bulunur.

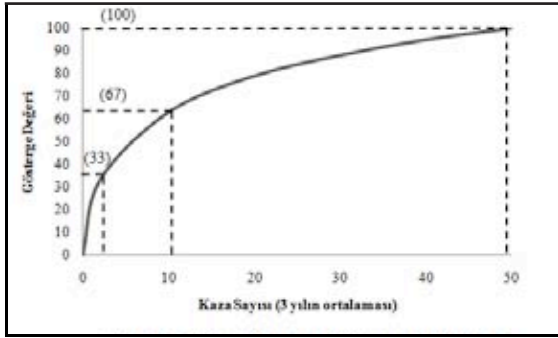
Şehiriçi ulaşım ağlarında kaza riski açısından tehlikeli bölgelerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için bu bölgelerde risk analizi yöntemlerinden faydalanılarak risk haritalarının çıkarılması gerekmektedir. Çalışmada tehlikeli yol kesimlerinin belirlenmesi amacıyla risk analizi yöntemlerinden olan tehlike indeksi metodu kullanılmıştır. Bu metot, Taylor ve Thompson (1977) tarafından hem kaza verileri hem de kazalarla ilgili olmayan verilere dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu metot ile kaza riski bulunan problemleri bölgelerin tehlike indeksi oluşturularak derecelendirilmesi yapılmaktadır.

Ward v.d. (1987) Batı Virginia bölgesinden elde edilen trafik verileri ile risk haritalarının çıkarılması amacıyla kavşak tehlike indeksi geliştirmişlerdir. Kaza oranlarının tahmini için geliştirilen regresyon modellerinin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Geliştirilen tehlike indeksinin temel avantajı kaza verilerinden hesaplanabilmesidir. Elde edilen indeks değerleri kaza tipi ve yeri konusunda da bilgi sağlayabilmektedir. Gitelman ve Hakert (1997) yaptıkları çalışmada trafik kaza verilerini yapay tekniklerle elde etmişlerdir. Kaza verilerinin değerlendirilmesi için tehlike indeksi geliştirilmiştir. Veri seti belirli karakteristik özelliklere bağlı olarak parçalara ayrılmış ve modelin performansı test edilmiştir. Geliştirilen model yerel şartlar göz önüne alındığında güvenilir değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak modelin kaza riski olan bölgelerin belirlenmesi için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca, Kwok-Suen v.d., (2002) trafik kazalarının tahmini ve kaza risklerinin belirlenmesi amacıyla algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma istatistiksel metotlar ve Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (CBS) birleşiminden meydana gelmektedir. Sonuçlara göre geliştirilen algoritma ile yapılan risk analizinin sadece kaza verilerine dayanan risk tahmini ile karşılaştırıldığında daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Aarts ve Schagen (2006) sürüş hızı ve trafik kaza riski konusunda literatür çalışması yapmışlardır. Çalışmada hız ve kaza oranı arasında farklı fonksiyonlarla ifade edilebilen matematiksel ilişkiler ortaya konmuştur. Ayrıca şehiriçi ulaşım ağlarında tali yollardaki hız artışının trafik hacmi açısından daha yoğun olan ana yollardaki hız artışına göre kaza oranını daha fazla etkilediği belirlenmiştir. Lassarre v.d., (2007) yayaların trafik kazalarına maruz kalma riskinin belirlenmesi konusunda çalışmışlardır. Öncelikle yayaların davranışları modellenmiş ve her bir geçiş noktası için tehlikeye maruz kalma riski, trafik hacmi, yoğunluğu, şeritlerdeki hızlar ve dönüş hareketleri bilgileri kullanılarak belirlenmiştir. Karşıdan karşıya geçişlerde maruz kalınan tehlike, karşıdan karşıya geçiş süresiyle trafik hacminin çarpımı olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak yayaların karşıdan karşıya geçişlerinde kaza riskinin belirlenmesi için tehlike indeksi değeri belirlenmiştir.

3. TEHLİKE İNDEKSİ METODU

Tehlike indeksi metodu Taylor ve Thompson (1977) tarafından kaza risk derecelendirmesi için geliştirilmiştir. Bu metotta; kaza sayısı, kaza oranı, kaza şiddeti, çakışma oranı, hacim/kapasite (Q/C) oranı gibi kaza ile ilgili faktörler kullanılabileceği gibi görüş mesafesi oranı, düzensiz manevra, sürücü beklentisi ve bilgi sistem eksiklikleri gibi kaza dışı etkenlerde kullanılabilmektedir. Bu faktörlerin tamamının elde edilememesi durumunda en azından kazaya ait verilerin belirlenmiş olması gerekmektedir. Kazaya ilişkin her bir faktör için elde edilen ham verilerin, Şekil 1'de verilen dönüşüm eğrisi yardımıyla gösterge değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Kaza sayısı gösterge değeri (Taylor ve Thompson, 1977).

Gösterge değeri tespiti için 0 ile 100 arasında belirlenen bir ölçek ile dönüşüm eğrisi saptanmalı ve 33 değeri "normal" ile "tehlikeli", 67 değeri ise "tehlikeli" ve "çok tehlikeli" ayrımını veren gösterge değeri olarak değerlendirilmelidir. Tehlike indeksi metodunda kullanılan gösterge tipleri, değerleri ve ağırlık katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Gösterge tipleri ve katsayıları (Taylor ve Thompson, 1977).

Gösterge	Veri Değerleri	Gösterge Değeri	Ağırlık
Kaza Sayısı	kaza/yıl	X	0.145
Kaza Oranı	kaza/milyon araç-km	X	0.199
Kaza Şiddeti	TL	X	0.169
V/C Oranı		X	0.073
Çakışma oranı	çakışma/sa	X	0.053
Görüş Mes. Oranı	ort. ağırlık	X	0.066
Düzensiz Manevra	d.m. /sa	X	0.061
Sürücü Beklentisi	ort. ağırlık	X	0.132
Bilgi Sistem Eksikliği	ort. ağırlık	X	0.102

Tehlike indeksi metodunda gösterge değerleri saptandıktan sonra her bir gösterge değeri Tablo 1'de görülen ağırlık değerleri ile çarpılarak kısmi tehlike indeksi elde edilir. Belirli bir bölge için tehlike indeksi değeri Denklem (1)'de verilen bağıntı ile hesaplanabilir.

$$TY = \frac{\sum [W_i * (GD)_i]}{\sum W_i} \quad (1)$$

Burada, Ti bölgenin tehlike indeksi; W_i, i . gösterge için ağırlık değeri; GD_i, i . gösterge değeri olarak verilmiştir.

4. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ TOPLAMA

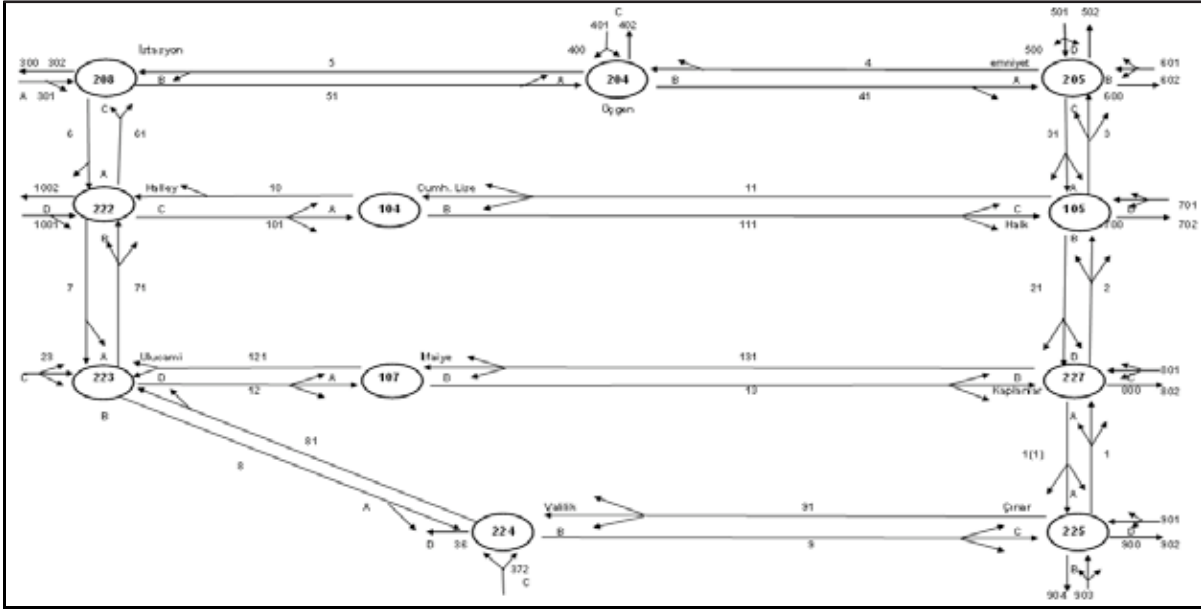
Çalışma kapsamında Denizli şehrinde trafik hacmi yüksek olan, 13 adet link ve 11 adet kavşaktan oluşan ulaşım ağı seçilmiş ve Şekil 2'de verilmiştir. Seçilen ulaşım ağında Denizli kentinin ulaşım talebinin büyük bir kısmını karşılayan Çınar, Valilik, Ulucami, Halley, İstasyon, İtfaiye, Emniyet, Üçgen, Kaplanlar, Halk Caddesi ve Cumhuriyet Lisesi kavşakları bulunmaktadır. Risk analizi yapılabilmesi amacıyla çalışma alanı içinde bulunan linklerde şerit bazlı olarak sabah ve akşam zirve saatleri için hacim ve noktasal hız verileri 2004-2006 yılları arasında yapılan sayımlar ile elde edilmiştir. Ayrıca linklere ait uzunluklar ölçülmüştür. Hacim ve hız ölçümleri NC-97 sayım cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve Tablo 2'de verilmiştir.

Çalışma bölgesindeki 13 adet linkin toplam uzunluğu 6.29 km olup tüm linkler iki yönlü trafiğe hizmet etmektedir. Tablo 3'de ilgili linklerin trafik hacim verilerinden elde edilen taşıt-km değerleri verilmiştir. Ulaşım ağındaki toplam taşıt-km değeri 6257 olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen taşıt-km değerleri ve trafik hacim verileri kullanılarak tehlike indekslerinin belirlenmesinde kullanılacak kaza oranı değerleri Denklem (2) ile belirlenmiştir.

$$\text{Kaza oranı} = \frac{\text{Kaza sayısı}}{\text{Trafik hacmi} * \text{Kesim uzunluğu}} \quad (2)$$

Tehlike indeksinin belirlenmesinde kullanılacak olan kaza verilerinin temini için Denizli İl Emniyet Müdürlüğü ve İl Jandarma Komutanlığı'ndan elde edilen 2004-2006 yılları arasındaki trafik kaza tutanakları kullanılmıştır. Etkili parametreler olan hacim ve hız verileri sadece zirve saatler için elde edildiğinden dolayı seçilen bölgeye ait kaza verileri de sadece zirve saatler içinde kalacak şekilde seçilmiştir. Elde edilen toplam 9217 adet kaza verisinin sadece 479 adedinin çalışma alanı içinde ve zirve saatler arasında olduğu belirlenmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4'de sırasıyla 2004-2006 yılları arasında çalışma alanı içinde sabah ve akşam zirve saat trafiğinde meydana gelen kazaların aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma ağı.

Tablo 2. Linklere ait zirve saat noktasal hız ve hacim/kapasite (Q/C) oranları.

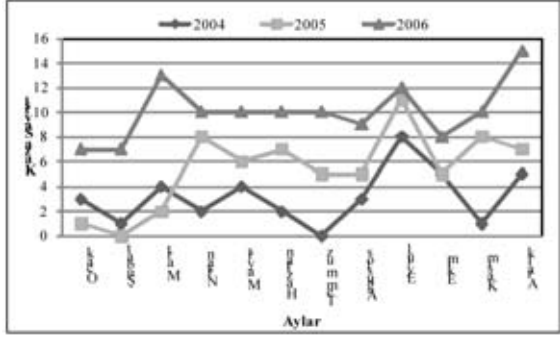
Link No	SABAH			AKŞAM		
	Hız (km/sa) sol şerit	Hız (km/sa) sağ şerit	Q/C	Hız (km/sa) sol şerit	Hız (km/sa) sağ şerit	Q/C
1-1(1)	32.87	19.90	0.17	34.21	11.07	0.14
2-21	36.76	5.04	0.18	35.82	9.12	0.18
3-31	35.13	23.74	0.21	29.84	28.73	0.21
4-41	73.73	39.02	0.51	49.65	36.99	0.54
5-51	44.63	39.53	0.73	29.90	25.43	0.77
6-61	37.92	14.58	0.20	30.40	25.58	0.21
7-71	30.92	22.06	0.26	31.83	13.41	0.27
8-81	37.69	19.27	0.34	40.66	23.16	0.14
9-91	36.38	31.40	0.24	30.70	22.03	0.23
10-101	30.71	28.92	0.19	29.28	18.73	0.20
11-111	35.82	37.70	0.15	33.82	25.8	0.12
12-121	31.18	28.83	0.14	32.42	24.11	0.15
13-131	37.30	30.21	0.12	35.62	23.77	0.11

Tablo 3. Linklere ait taşıt-km değerleri.

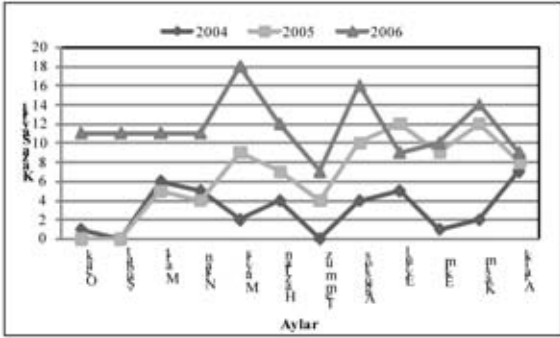
Link No	Taşıt-km	Link No	Taşıt-km
1-1(1)	271.50	8-81	499.88
2-21	261.28	9-91	548.83
3-31	112.70	10-101	180.90
4-41	1281.00	11-111	386.10
5-51	2088.71	12-121	115.70
6-61	156.75	13-131	342.16
7-71	281.87		

Sabah ve akşam zirve saatlerinde meydana gelen kazalar incelendiğinde özellikle sonbahar ve ilkbahar aylarında kaza sayılarının arttığı buna rağmen yaz ve kış aylarında ise kaza sayılarının düştüğü gözlemlenmiştir. Yaz aylarında kaza

sayılarının azalması kent nüfusunun tatil bölgelerine yönelmesi ve nüfus yoğunluğunun düşmesine bağlı olarak yapılan taşıt-km değerlerinin azalmasına bağlanabilir.



Şekil 3. 2004-2006 yılları arasında trafik kazalarının aylara göre değişimi (Sabah).



Şekil 4. 2004-2006 yılları arasında trafik kazalarının aylara göre değişimi (Akşam).

Kullanılan trafik kaza tutanakları sadece yaralanmalı ve maddi hasarlı kazaları içerdiği için Tablo 4'de belirtilen kaza şiddetleri yalnızca kaza başına düşen ortalama mali zarar değerini ifade etmektedir. Bunun dışında kalan, ölümlü kazalar sonucunda oluşan mali zararlar, kalıcı sakatlık, işgünü kaybı, hukuki gider masrafları, v.b. gibi mali zararlar dikkate alınmamıştır. Denklem (3)'de ortalama kaza şiddetlerinin belirlenmesinde kullanılan bağıntı verilmiştir.

$$\text{Ort. şiddeti} = \frac{\sum \text{Kaza hasar maliyeti}}{\sum \text{Kaza sayısı}} \quad (3)$$

Tablo 4. Ortalama kaza şiddetleri.

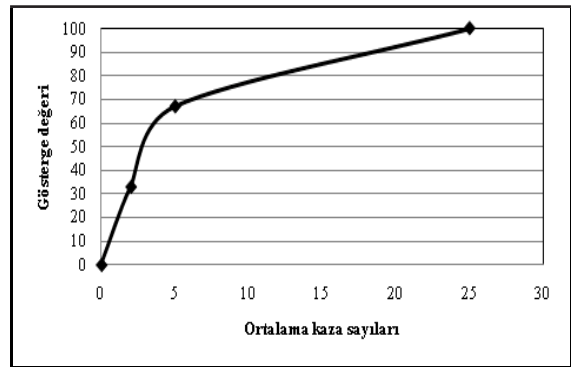
Link No	Ortalama Kaza Şiddeti (1000 TL) (Sabah)	Ortalama Kaza Şiddeti (1000 TL) (Akşam)
1-1(1)	1.86	1.50
2-21	1.49	2.33
3-31	1.70	1.70
4-41	1.56	1.93
5-51	1.66	1.79
6-61	2.09	1.85
7-71	1.09	1.43
8-81	1.33	2.06
9-91	1.97	2.05
10-101	1.99	1.62
11-111	2.13	1.62
12-121	1.88	1.33
13-131	1.93	1.79

5. TEHLİKE İNDEKSİ METODU İLE RİSK ANALİZİ

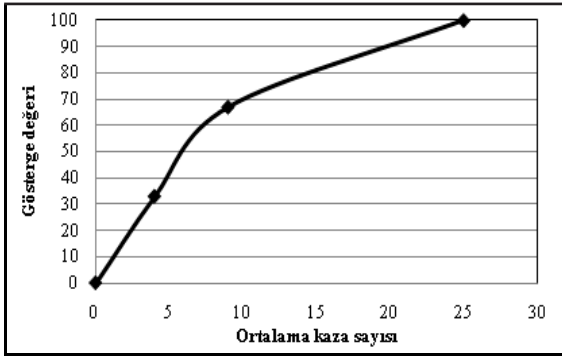
Tehlike indeksi metodu ile risk derecelendirilmesi yapılabilmesi için kullanılan parametreler kaza sayısı, kaza oranı, kaza şiddeti, Q/C oranı ve çakışma oranı olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Denizli İl Emniyet Müdürlüğü, İl Jandarma Komutanlığı, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Bilim Dalı tarafından yapılan hız ve trafik hacmi etütleri ve Tübitak - Kamag desteğinde yürütülen Denizli Suç Analizi Projesi kapsamında temin edilmiştir. Çalışma alanı içinde bulunan linklerde 2004-2006 yılları arasında meydana gelen kazaların ortalamaları Tablo 5'de verilmiştir. Ortalama kaza sayılarının değerlendirilmesi ile oluşturulan gösterge eğrileri sabah ve akşam zirve saatler için Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Tehlike indeksinin belirlenmesinde kullanılan diğer parametrelere ilişkin veriler, elde edilen gösterge değerleri ve eğrileri Ek-1'de verilmiştir.

Tablo 5. Linklere ait ortalama kaza sayıları.

Link No	Ortalama kaza sayısı (Sabah)	Ortalama kaza sayısı (Akşam)
1-1(1)	5	6
2-21	5	5
3-31	5	9
4-41	11	10
5-51	17	21
6-61	4	2
7-71	1	1
8-81	4	4
9-91	8	13
10-101	5	4
11-111	4	5
12-121	2	1
13-131	3	3



Şekil 5. Ortalama kaza sayıları gösterge eğrisi (Sabah).



Şekil 6. Ortalama kaza sayıları gösterge eğrisi (Akşam).

Elde edilen ortalama kaza sayıları kullanılarak oluşturulan gösterge eğrileri yardımıyla ortalama kaza sayılarına ilişkin gösterge değerleri belirlenmiş ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Linklere ait kaza sayıları gösterge değerleri.

Link No	Ortalama kaza sayısı gösterge değeri (Sabah)	Ortalama kaza sayısı gösterge değeri (Akşam)
1-1(1)	57	51
2-21	57	43
3-31	57	67
4-41	76	72
5-51	84	93
6-61	43	21
7-71	16	17
8-81	43	33
9-91	67	77
10-101	57	33
11-111	43	43
12-121	24	17
13-131	33	23

Çalışmada seçilen 5 değişkene ait elde edilen gösterge değerleri sabah ve akşam zirve saatler için Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir. Değişkenlere ait gösterge değerlerinin Tablo 1'de verilen ilgili ağırlık faktörleri ile çarpılması sonucu kısmi tehlike indeksi elde edilmiştir. Denklem (1)'de verilen bağıntı kullanılarak kısmi tehlike indeksleri toplamının değişkenlere ait gösterge ağırlıkları toplamına bölünmesi neticesinde her bir linkin tehlike indeksi elde edilmiştir. Elde edilen tehlike indekslerinin sıralanması neticesinde çalışma bölgesindeki linklerin risk derecelendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen tehlike indekslerine bağlı olarak risk derecelendirilmeleri sabah ve akşam zirve saatler için Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tehlike indeksi metodunda kullanılabilen 9 adet değişken dikkate alındığında çalışmada veri tabanına dahil edilmek üzere 5 adet değişken dikkate alınmıştır. Görüş mesafesi oranı, düzensiz manevra, sürücü beklentileri ve bilgi sistem eksiklikleri değişkenlerinin elde edilmesi zor olduğundan

dolayısı ile veri tabanına dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılan kaza oranı, kaza sayısı, kaza şiddeti, Q/C oranı ve çıkışma oranı değişkenlerine ait ağırlık faktörlerinin toplamının %64'e karşılık geldiği Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 7. Gösterge değerleri (Sabah).

Link No	Kaza sayısı	Kaza oranı	Kaza şiddeti	Q/C oranı	Çıkışma oranı
1-1(1)	57	52	58	30	33
2-21	57	59	29	33	35
3-31	57	87	42	39	67
4-41	76	26	31	74	81
5-51	84	23	33	86	93
6-61	43	66	68	37	92
7-71	16	17	20	49	22
8-81	43	22	26	59	73
9-91	67	46	66	46	40
10-101	57	78	66	35	59
11-111	43	34	72	26	23
12-121	24	53	63	24	40
13-131	33	25	65	21	10

Tablo 8. Gösterge değerleri (Akşam).

Link No	Kaza sayısı	Kaza oranı	Kaza şiddeti	Q/C oranı	Çıkışma oranı
1-1(1)	51	69	30	31	39
2-21	43	78	89	63	29
3-31	67	96	39	67	91
4-41	72	19	72	84	70
5-51	93	25	42	92	84
6-61	21	43	56	67	58
7-71	17	10	27	73	12
8-81	33	52	76	30	67
9-91	77	65	75	70	60
10-101	33	64	37	66	42
11-111	43	51	37	25	23
12-121	17	21	23	33	18
13-131	23	27	42	23	9

Tablo 9'da görüldüğü gibi sabah zirve saat için elde edilen tehlike indekslerine göre çalışma alanında bulunan linklerden en riskli üç link; 10-101, 3-31 ve 6-61 numaralı linkler olarak belirlenmiştir.

Tablo 9. Tehlike indeksi (Sabah).

Link no	Tehlike indeksi
10-101	64
3-31	61
6-61	60
9-91	56
5-51	52
1-1(1)	51
4-41	49
2-21	46
12-121	45
11-111	44
8-81	36
13-131	36
7-71	22

Tablo 10. Tehlike indeksi (Akşam).

Link No	Tehlike İndeksi
3-31	71
9-91	71
2-21	67
5-51	57
4-41	57
8-81	53
10-101	48
1-1(1)	48
6-61	45
11-111	40
13-131	28
7-71	23
12-121	22

Akşam zirve saat için elde edilen tehlike indeks değerleri incelendiğinde ise en riskli linklerin 3-31, 9-91 ve 2-21 linkleri olduğu Tablo 10'da görülebilmektedir. Sabah ve akşam zirve saatleri için elde edilen indeks değerlerine göre 3-31 linkinin her iki durumda da riskli linkler arasında olduğu bulunmuştur. Sabah zirve saat için 10-101 ve 3-31 gibi uzunlukları az olan iki linkte tehlike indeksi değerlerinin yüksek çıkması her iki bölgede de ağırlık faktörleri yüksek olan kaza şiddetleri ve kaza oranları değişkenlerinin genel ortalamasının çok üzerinde olması olarak değerlendirilebilir.

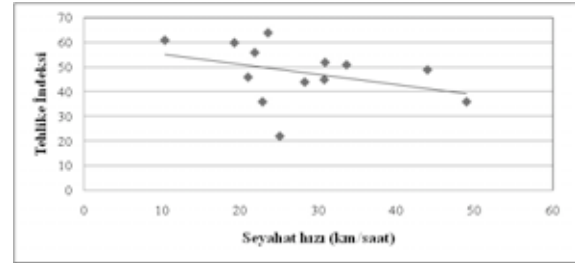
Ayrıca çalışma bölgesinde yapılan hız ölçümlerinden elde edilen noktasal hız ve seyahat hızı verileri kullanılarak tehlike indeksi ve hız arasındaki ilişki incelenmiştir. Sabah ve akşam zirve saatler için tehlike indeksi, seyahat hızı ve noktasal hızlar Tablo 11 ve 12'de verilmiştir. Şekil 7 ve 8'de ise sabah ve akşam zirve saatler için tehlike indeksi ile seyahat hızları arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 11. Tehlike indeksi ve hız verileri (Sabah).

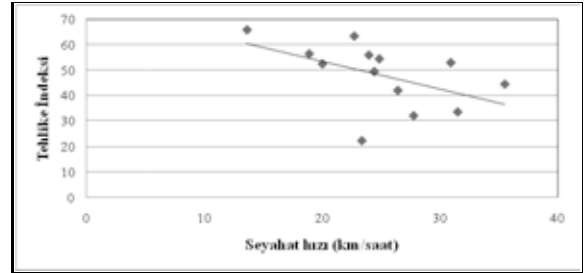
Link No	Tehlike İndeksi	Seyahat Hızı (km/sa)	Noktasal Hız (km/sa)		
			Sağ şerit (km/sa)	Sol şerit (km/sa)	Ortalama (km/sa)
1-1(1)	51	33.55	32.87	19.90	26.39
2-21	46	20.95	36.76	5.04	20.90
3-31	61	10.30	35.13	23.74	29.44
4-41	49	43.90	73.73	39.02	56.38
5-51	52	30.80	44.63	39.53	42.08
6-61	60	19.20	37.92	14.58	26.25
7-71	22	25.00	30.92	22.06	26.49
8-81	36	48.90	37.69	19.27	28.48
9-91	56	21.80	36.38	31.40	33.89
10-101	64	23.50	30.71	28.92	29.82
11-111	44	28.20	35.82	37.70	36.76
12-121	45	30.70	31.18	28.83	30.01
13-131	36	22.80	37.30	30.21	33.76

Tablo 12. Tehlike indeksi ve hız verileri (Akşam).

Link No	Tehlike İndeksi	Seyahat Hızı (km/sa)	Noktasal Hız (km/sa)		
			Sağ şerit (km/sa)	Sol şerit (km/sa)	Ortalama (km/sa)
1-1(1)	48	15.26	34.21	11.07	22.64
2-21	67	16.80	35.82	9.12	22.47
3-31	71	16.90	29.84	28.73	29.29
4-41	57	17.90	49.65	36.99	43.32
5-51	57	18.86	29.90	25.43	27.67
6-61	45	20.80	30.40	25.58	27.99
7-71	23	21.70	31.83	13.41	22.62
8-81	53	22.10	40.66	23.16	31.91
9-91	71	23.60	30.70	22.03	26.37
10-101	48	24.40	29.28	18.73	24.01
11-111	40	24.60	33.82	25.80	29.81
12-121	22	32.27	32.42	24.11	28.27
13-131	28	32.70	35.62	23.77	29.70



Şekil 7. Tehlike indeksi ile seyahat hızları arasındaki ilişki (Sabah).



Şekil 8. Tehlike indeksi ile seyahat hızları arasındaki ilişki (Akşam).

Şekil 7 ve 8'den görüldüğü gibi seyahat hızlarıyla tehlike indeksi arasında ters orantılı bir ilişkiden söz edilebilir. Tablo 11 ve 12'den hem sabah hem de akşam zirve saatler için elde edilen tehlike indeks değerlerine göre tehlike indeksleri en yüksek üç linke bakıldığında, bu linklerin ortalama seyahat hızlarının, oldukça düşük olduğu görülmektedir. Yapılan hız ölçümleri ve elde edilen tehlike indeksleri incelendiğinde seyahat hızının, kaza riski ile ters orantılı bir ilişki içinde olduğu, yoğunluk artışından dolayı seyahat hızının azaldığı ve buna bağlı olarak kaza riskinin arttığı söylenebilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada, tehlike indeksi metoduyla risk derecelendirmesi yapılarak, linklere ait risk değerlerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların kaza risklerinin azaltılabilmesi yönünde yapılacak çalışmalara temel oluşturması amaçlanmıştır.

Literatürdeki risk analizi çalışmaları incelendiğinde risk analizinin tehlikelerin belirlenmesi, yorumlanması ve önlenmesi konusunda oldukça etkin bir yöntem olduğu görülmüştür. Tehlikelerin doğru bir şekilde tanımlanması ve derecelendirilmesi, alınacak önlemlerin temelini oluşturduğu için; en uygun risk analiz metodunun tercih edilmesi ve uygulanmasının alınacak sonuçlarda oldukça etkili olduğu bilinmelidir. Literatürde risk analizi ve tehlikeli bölgelerin belirlenmesi için pek çok metod mevcuttur. Ülkemizdeki trafik kaza tutanaklarının gerektiği gibi düzenli tutulmaması (tutanaklar üzerinde yanlış veya eksik işaretlemeler, koordinatların gerçeği yansıtmaması, v.b) hem de kaza tutanaklarında tahmine dayalı birçok girdinin olması (maddi hasar miktarı, v.b) sebebiyle çalışmada detaylı veri gereksinimi duyulan risk analizi metodlarından olan tehlike indeksi metodu kullanılmıştır.

Tehlike indeksi metodunda kaza sayısı, kaza şiddeti, kaza oranı, çakışma oranı ve hacim/kapasite oranı olmak üzere 5 adet değişken kullanılmıştır. Kaza etütleri kaza meydana geldikten sonra yapıldığından ve kazanın olduğu sırada trafik hacmi çoğunlukla bilinmediğinden trafik hacmi ile kaza oranı arasındaki ilişki bugüne kadar ortaya konamamıştır. Bu çalışmada analiz edilen linklerin, hız ve hacim ölçümlerinin de tehlike indeksi hesabına dahil edilmesi ile literatüre katkı yapılması amaçlanmıştır.

Tehlike indeksi metodunda kullanılmak üzere düzensiz manevralar, görüş mesafesi oranı, sürücü beklentileri ve bilgi sistem eksiklikleri verileri elde edilemediğinden kazalara dayalı olmayan veri grupları tehlike indeksi hesaplarında kullanılamamıştır. Risk analizinde kullanılan 5 adet değişkene ait ağırlık faktörlerinin toplamı %64 değerine karşılık gelmektedir.

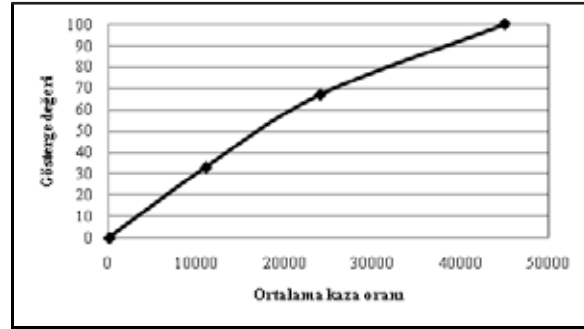
Denizli ilinin trafik hacmi açısından oldukça yoğun olan bölgesinde yapılan risk analizi sonuçlarına göre sabah zirve saatleri için en riskli linklerin, sırasıyla 10-101, 3-31 ve 6-61'nolu linkler olduğu görülmüştür. Akşam zirve saatleri için ise sırasıyla 3-31, 9-91 ve 2-21 numaralı linkler en riskli linkler arasında yer almaktadır. Ayrıca sonuçlara göre 10-101 ve 3-31 gibi uzunlukları az olan iki link en yüksek risk derecesine sahip olmaktadır. Bunun başlıca sebeplerinden biri, bu iki linkte de ağırlık faktörleri en yüksek iki faktör olan kaza şiddetleri ve kaza oranlarının, genel ortalamanın çok üzerinde olmasıdır. Yapılan hız ölçümleri ve elde edilen tehlike indeksleri

incelendiğinde seyahat hızının, risk ile ters orantılı bir ilişki içinde olduğu, trafikte yoğunluk artışından dolayı seyahat hızının azaldığı ve buna bağlı olarak kaza riskinin arttığı söylenebilir.

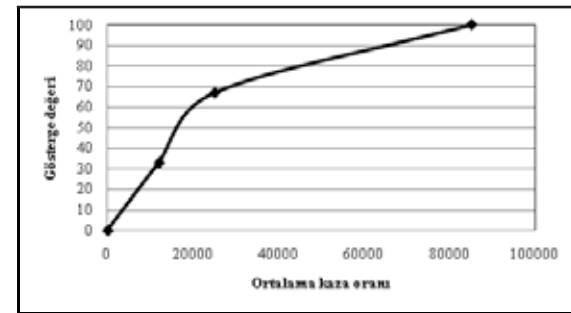
Sonuç olarak çalışmada kullanılan tehlike indeksi metodunun risk analizinde etkin bir yöntem olduğu görülmüştür. Kullanılan verilerin sabah ve akşam zirve saatlere ait olmasından dolayı daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için zirve saatler dışında da yapılan ölçümlerinde çalışmaya dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca kazaya dayalı olmayan veri gruplarından olan düzensiz manevralar, görüş mesafesi oranı, sürücü beklentileri ve bilgi sistem eksiklikleri verilerinin analize dahil edilmesi ile daha sağlıklı ve gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca seyahat hızı ve noktasal hız değerlerinin tehlike oluşumundaki ağırlıkları belirlenmeli ve bu iki önemli parametrenin risk analizi sonuçlarını nasıl etkileyeceği belirlenmelidir.

7. EKLER

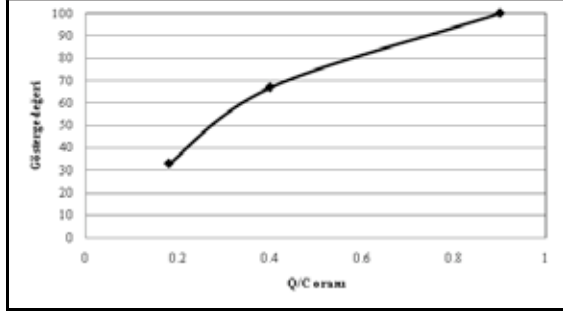
Ek-1



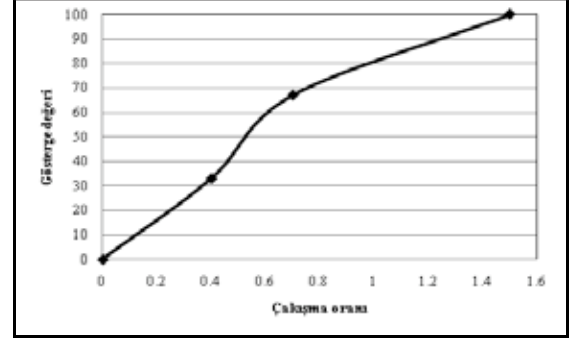
Şekil E1.1 Ortalama kaza oranı gösterge eğrisi (Sabah).



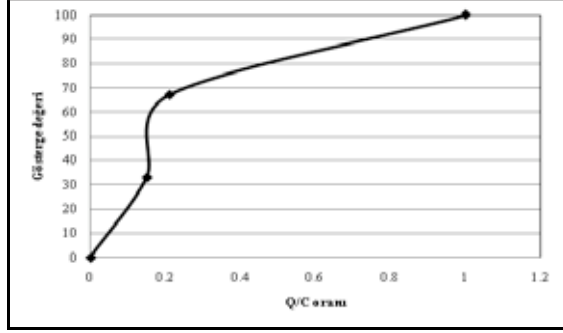
Şekil E1.2 Ortalama kaza oranı gösterge eğrisi (Akşam).



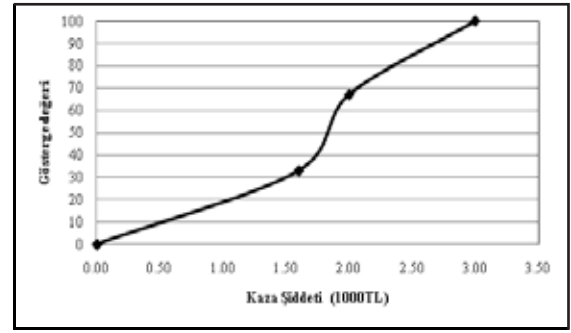
Şekil E1.3 Q/C gösterge eğrisi (Sabah).



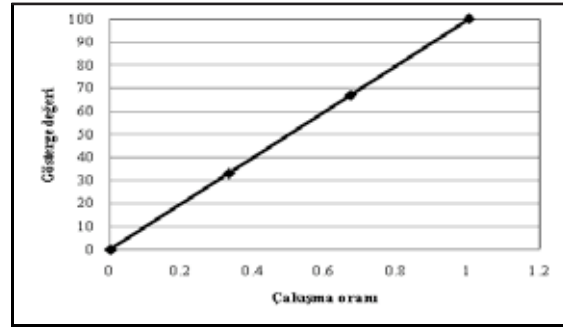
Şekil E1.6 Çakışma oranı gösterge eğrisi (Akşam).



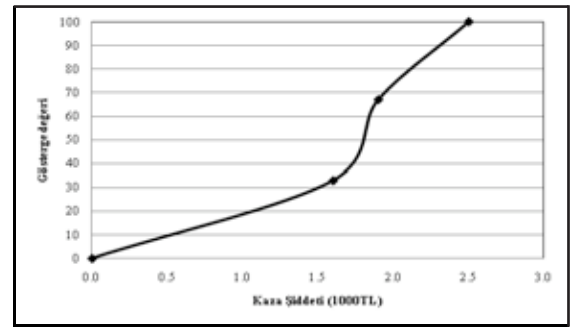
Şekil E1.4 Q/C gösterge eğrisi Akşam.



Şekil E1.7 Kaza şiddeti gösterge eğrisi (Sabah).



Şekil E1.5 Çakışma oranı gösterge eğrisi (Sabah).



Şekil E1.8 Kaza şiddeti gösterge eğrisi (Akşam).

KAYNAKLAR

Aarts, L. and Schagen, I. 2006. Driving speed and the risk of road crashes: A review, *Accident Analysis and Prevention*. (38), 215–224.

Ceylan, H., Başkan, Ö., Haldenbilen, S. ve Ceylan, H. 2007. Şehir içi Toplu Taşıma Sorunları Ve Çözüm Yöntemleri: Denizli Örneği, **5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu**. s. 121-132.

Derici, E. 2010. Şehir içi Ulaşım Ağlarında Tehlike İndeksi ve Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Gitelman, V. and Hakkert, A. S. 1997. The Evaluation Of Road-Rail Crossing Safety With Limited Accident Statistics, *Accident Analysis and Prevention*. 29 (2), 171-179.

Kwok-suen N., Wing-tat H. and Wing-gun, W. 2002. An algorithm for assessing the risk of traffic accident, *Journal of Safety Research*. (33), 387-410.

Lassarre, S., Papadimitriou, E., Yannis, G. and Golias, J. 2007. Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments, *Accident Analysis and Prevention*. (39), 1226-1238.

Taylor, J. I. and Thompson, H. T. 1977. Identification of Hazardous Locations, Report FHWA-RD-77-81, Federal Highway Administration.

Ward, R. E., Eck, R. W. and Polus, A. 1987. Developing an Intersection Hazard Index, *Journal of Transportation Engineering*, 113 (2), 211-215.