



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Kapasite, Güvenlik ve Maliyet Kriterleri İle Kavşak Tipinin Yazılım Desteğiyle Araştırılması

Yusuf DEMİREL<sup>a,\*</sup>, Recep AYDER<sup>b</sup>

<sup>a</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Ankara Büyükşehir Belediyesi, Ankara, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: ydemirel@gazi.edu.tr

### ÖZET

Karayollarının ayrılma ve birleşme noktaları olan kavşaklar, karayolu trafiğinin en yoğun olduğu elemanlardır. Karayoluna uygun kavşak tipinin seçilebilmesi için kapasite, güvenlik ve maliyet parametrelerinin değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır. Literatürde bu parametrelere dayalı olarak kavşak tipi belirlenmesi için çeşitli metodlar geliştirilmiştir. Ancak bunların tümünü bir arada içeren bir tekniğe rastlanmamıştır. Bu çalışmada kapasite ve güvenlik tabloları (kriterleri) oluşturulmuş, yeni kavşak tipi maliyetinin elde edilmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir. Aynı zamanda çalışmada, her üç parametrenin de birlikte kullanılabileceği bir yazılım hazırlanmıştır. Bu yeni modele yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) verilerinin dahil edilmesi ile kavşakların kapasite yeterlilik süreleri de belirlenebilmektedir. Modelin bilgisayar ortamına aktarılmış olmasının da getirdiği kullanım kolaylığı ile, veri güvenliği ve çalışılan kavşaklara ait verilerin bir veri tabanı üzerinde saklanabilmesi mümkün hale getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapasite, Güvenlik, Maliyet, Kavşak, Karayolu

## Research of Intersection Type by Support of Computer Software with Capacity, Safety and Cost Criteria

### ABSTRACT

Junctions, that the intersection and separation points of the roads are the elements which have the greatest concentration of highway traffic. Junctions, intersection and separation points of roads, are the elements which have the greatest concentration of the road traffic. Selection of the appropriate type of junction for the road, the parameters of capacity, safety and cost, has great importance. In the literature, some methods are developed to determine the junction type of the road, but any technique, which contains all of these parameters in a method together, has not been found. In this study, capacity and security tables and a model is developed to obtain the new junction's cost available. Also in this study, a computer software is developed for that all three parameters can be used together. With this model, it is possible to obtain the ability time for junction's capacity, when the annual average daily traffic database is added to model. Developed model is converted into a computer software.

Also it raises the advantages for easy use, it makes security and to save data possible for working junctions on a database.

*Keywords: Capacity, Safety, Cost, Junction, Road.*

## I. GİRİŞ

**G**ÜNÜMÜZDE hızla ilerleyen günlük yaşama paralel olarak ulaşım ihtiyaçları günden güne artmaktadır. En fazla kullanılan ulaşım sistemlerin başında karayolları gelmektedir. Karayolu ulaşımında trafik yoğunluğunun kendisini en çarpıcı şekilde gösterdiği elemanlar ise kavşaklardır. Bu nedenle karayolunda kavşak seçimi, ulaşım konforu ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır [1-4].

Karayollarında araç-araç, araç-yaya karşılaşmalarının en fazla yaşandığı noktalar, kavşaklardır [5,6]. Buna bağlı olarak; trafik akışı en fazla kavşaklarda engellenmekte ve kazaların önemli bir kısmı da yine kavşaklarda meydana gelmektedir. 2004 yılı Avrupa Karayolu İstatistikleri raporuna göre kazaların ortalama %27'si kavşaklarda yaşanmaktadır [7-11].

Kavşakları yukarıda belirtilmiş olan iki ana kritere; güvenlik ve kapasiteye göre planlamak geçerli bir model olarak düşünülebilir. Bu konuda dünyada daha önce ayrı ayrı olmak üzere yapılmış çalışmalar mevcuttur [12,13]. Ancak bu çalışmalarda tüm kavşak tipleri için güvenlik ve kapasite parametreleri aynı platformda değerlendirilmemiştir.

Bu çalışmanın birincil amacı kapasite, güvenlik, maliyet modelini geliştirmektir. Her kavşak da her üç parametrenin birlikte kullanılabileceği bir yazılım haline getirilmiştir. Yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) verilerinin dahil edilmesi ile kavşakların kapasite yeterlilik süreleri de belirlenebilmektedir.

Araştırmanın konusunu oluşturan kavşak seçim modelinde, güvenlik ve kapasite parametreleriyle birlikte maliyet elemanı da kavşak seçiminin bir enstrümanı olarak tanımlanmaktadır [14-18]. Geliştirilen bu kapasite, güvenlik ve maliyet modelinde (KGM Modeli); ilk olarak, karayolu kapasite analizi yapılmaktadır.

Kavşağı oluşturan yollara ait trafik değerleri ve yıllara göre olası trafik artış oranları göz önüne alınarak, yeni yapılacak veya yenilenecek kavşağın kapasite yönünden sınıflandırılması yapılmaktadır. Buna bağlı olarak mevcut kavşağın yeterlilik süresi hesaplanmakta ve kavşak, model kapsamında geliştirilen bir sistemle puanlanmaktadır.

İkinci olarak, kavşak sahip olduğu güvenlik parametrelerine göre değerlendirilmektedir. Buna göre; kavşak noktası hakkında hazırlanan değerlendirme çizelgeleri sorularına alınan cevaplar neticesinde değerlendirmeler yapılmakta ve kavşağa güvenlik puanı verilmektedir.

Kapasite ve güvenlik parametrelerinden aldığı toplam puana göre kavşağın yapımına ihtiyaç olup olmadığı değerlendirilmektedir. İhtiyaç olduğu tespit edilirse, son olarak, kavşak için maliyet analizi yapılmaktadır. Üç parametrenin değerlendirilmesi ile kavşak için uygun tip belirlenmekte;

-yapılabilir,

-yapılmalıdır,

-yapmaya gerek yoktur, şeklinde sonuca ulaşılmaktadır.

## II.KAPASİTE, GÜVENLİK VE MALİYET (KGM) MODELİ

### *A. KAPASİTE*

**Kapasite tanımı ve bileşenleri:** Karayolunda kapasite parametresinin tanımı; kontrol ve trafik şartlarında belli bir zaman dilimi içerisinde üniform bir yol kesimi veya bir noktadan makul bir biçimde geçebilecek araç/insan/diğer yol kullanıcılarının maksimum sayısı olarak verilmektedir [19-21]. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi karayolu kapasitesini belirlerken birden fazla etken devreye girmektedir. Bu etkenler genel hatlarıyla aşağıdaki Çizelge 1'de oluşturulmuştur.

*Tablo 1. Kapasite Analizinin Bileşenleri*

<b>Yol Koşulları</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Şerit sayısı,</li><li>• Yolun Türü ve çevresel gelişimi,</li><li>• Şerit Genişliği,</li><li>• Banket Genişliği ve Yanal Açıklıklar</li><li>• Proje Hızı,</li><li>• Yatay ve düşey kurplar</li></ul>
<b>Trafik Koşulları</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ağır taşıtların varlığı</li><li>• Yol kullanıcısı araç özellikleri</li><li>• Zamansal trafik dağılımı</li></ul>
<b>Yönel Dağılım</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Her bir yöndeki trafik miktarı</li></ul>
<b>Kontrol Koşulları</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trafik ışıkları</li><li>• Yatay ve düşey işaretlemeler</li><li>• Dönüş kısıtlamaları</li><li>• Park kısıtlamaları</li></ul>
<b>Hizmet Seviyesi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seyahat zamanı</li><li>• Proje hızı</li><li>• Manevra serbestliği</li><li>• Konfor</li></ul>

**Kapasite parametresi:** Kapasite açısından kavşaklar hemzemin ve farklı seviyeli kavşaklar olarak iki ana gruba ayrılır. İki grubun farkı; hemzemin kavşakta, kavşak kollarının aynı düzlemde, farklı

seviyeli kavşaklarda ise farklı düzlemde olmalarıdır. Model çalışmada incelenmiş olan kavşak tipleri aşağıdaki gibidir;

Farklı Seviyeli Kavşak

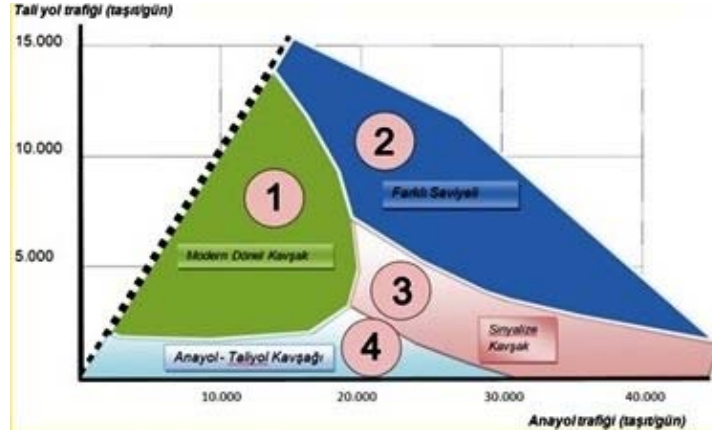
Hemzemin Kavşak

Sinyalize Kavşak

Modern Dönel Kavşak

Anayol – Taliyol Kavşağı

**KGM modelinde kapasite:** Model içerisinde kavşakların kapasite açısından kavşak tiplerine göre ayrıldığı belirtilmiştir. Kavşakları kapasitelerine göre sınıflamak için, Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) değerleri ana parametre olarak alınmaktadır. Belirli bir yol kesimindeki araç trafiğini ölçmek için bir yıl boyunca yapılan araç sayımının günlük ortalaması, o yol kesimine ait günlük araç sayısını göstermektedir. Bu ortalama değere de YOGT denir. Araç trafiği mevsimsel olarak değişiklik gösterebilmektedir. Örnek olarak yaz mevsiminde trafik kış mevsimine göre daha fazladır. Bu nedenle yılın herhangi bir döneminde yapılan günlük araç sayımı doğru bir değer vermeyecektir. Geliştirilen modelde kavşaklar, kendini oluşturan kavşak kollarının YOGT değerlerine göre kavşak tiplerine ayrılmakta ve Şekil 1.'deki biçimiyle analiz edilmektedir [12,19].



Şekil 1. Anayol-Taliyol YOGT Değerlerine Göre Kavşak Tipleri

Şekil 1.'deki YOGT grafiğinde yer alan kavşakları gösterir alanlar aşağıdaki gibidir;

1.Modern Dönel Kavşak

2.Farklı Seviyeli Kavşak

3. Sinyalize Kavşak

4.Anayol-Taliyol Kavşağı (Modern Dönel ve Sinyalize Kavşaklar hariç tüm hemzemin kavşak tipleri)

Modele göre, ilk olarak kavşağın YOGT verileri değerlendirilmektedir. Veriler Karayolları Genel Müdürlüğünden alınmaktadır. Anayol ve tali yol YOGT değerleri göz önüne alınarak kavşağın dahil olduğu tip belirlenmekte ve tanımlanmaktadır.

Sonraki aşamada kavşağın Kapasite Yeterlilik Süresi (KYS) belirlenmektedir. Bunun için yine Karayolları Genel Müdürlüğü'nün verilerine başvurulmakta, kavşağın trafik yoğunluğu yıllık artış oranı incelenmektedir. Yıllık artış oranı kullanılarak kavşağın kaçınıcı yılda kavşak tipi değişimine ihtiyaç duyduğu belirlenebilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda ortaya çıkan 'yıl' değeri de Kapasite Yeterlilik Süresi (KYS) olarak tanımlanmaktadır.

KGM modelinde daha önce de belirtildiği gibi bir puanlama sistemi mevcuttur. Kapasite açısından analiz edilen kavşağın, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilen YOGT ve yıllık artış oranı verileri baz alınarak KYS değeri bulunmakta ve kavşak aşağıdaki şekilde puanlandırılmaktadır.

0	-----	0 P
0 < KYS ≤ 5	-----	10 P
5 < KYS ≤ 10	-----	20 P
10 < KYS ≤ 15	-----	30 P
15 < KYS ≤ 20	-----	40 P
20 < KYS	-----	50 P

## B. GÜVENLİK

**Güvenlik tanımı ve bileşenleri :** Teknolojinin gelişmesiyle birlikte araçların güç ve hız değerleri artmış, gelişmeler güvenlik önlemlerinin de artırılmasını gerektirmiştir [7,11,22,23,24]. Şehir içi hız sınırlamalarında bile bu artış mevcuttur [25]. Trafik güvenliği, karayolu elemanları arasında üzerinde en fazla durulması gereken konudur. Trafik güvenliği; araç, yol ve yol elemanları ve insan güvenliği olmak üzere üç bileşenli olarak değerlendirilmektedir.

Araştırma, trafik güvenliği bileşenlerinden 'yol' konusunda yapılmıştır. Trafik güvenliği, yol güvenliği özelinde incelenmekte, geliştirilen kavşak modeli çerçevesinde analiz edilmektedir. Çalışmanın değişkenlerini ise insan ve araç bileşenleri oluşturmaktadır [26,27].

Yol güvenliği analizinde incelenmesi gereken güvenlik parametreleri aşağıdaki gibi derlenmiştir;

- Kavşak kaza kara noktası
- Kavşaktaki kol sayısı
- Kavşak geometrisi
- Kavşağın bulunduğu arazi tipi
- Yaya, bisiklet yolları varlığı
- Kaplamanın durumu
- Proje kavşak yaklaşım hızı
- Yatay ve düşey işaretlemeler
- Bypass şeritleri varlığı
- Kavşak kenarı park ve yerleşim yeri varlığı
- Kamera varlığı
- Drenaj durumu
- Peyzaj ve aydınlatma durumu
- Kavşakta dever uygulaması

Yukarıdaki durumlara ilişkin olarak kavşağın vereceği yanıtlar modeldeki puanlamayı etkilemektedir.

**KGM modelinde güvenlik:** Modele esas teşkil eden metotta güvenlik parametrelerine ilişkin puanlama sistemi Çizelge 2’deki gibi hazırlanmıştır.

**Tablo 2. Güvenlik Parametresi Bileşenleri**

1. Kavşak kaza kara nokta bölgesi mi?	Evete	0
	Hayır	10
2. Kavşak kol sayısı nedir?	1	1,25
	2	0,75
	3	0,50
3. Arazi tipi nedir?	Düz	1,25
	Dalgalı	0,75
	Dağlık	0,50
4. Kavşak kolları arasındaki yatay açı nedir?	YA < 70G	0
	70G < YA < 100G	2,5
5. Yatay-düşey geometri durumu nedir?	Yatay Kurp-Düşey Kurp	0
	Yatay Kurp-Düşey Aliynman	1,5
	Yatay Aliynman - Düşey Kurp	1,5
	Yatay Aliynman - Düşey Aliynman	3
6. Boyuna eğim nedir?	%0-4	2
	%4-7	0
7. Yaya (bisiklet) yolları mevcut mu?	Mevcut	0
	Mevcut Değil	2
8. Kaplamanın durumu (kayma direnci vb.) nedir?	İyi	1,5
	Normal	1
9. Kavşak yaklaşım hızı nedir?	30 - 50 km	2,5
	50 km ve üstü	0
10. Yatay işaretleme uygun mu?	İyi Durumda	2,5
	Yeterli	0
11. Düşey işaretleme uygun mu?	İyi Durumda	2,5
	Yeterli	0
12. Bypass şeritleri mevcut mu?	Mevcut	1,5
	Kısmi	1
	Mevcut Değil	0
13. Kavşak giriş geometrisi uygun mu?	Uygun	2,5
	Uygun Değil	0
14. Kavşak kenarı park, işletme vb. var mı?	Var	0
	Yok	2,5
15. Kavşakta kamera varlığı mevcut mu?	Mevcut	2,5
	Mevcut Değil	0
16. Kavşakta drenaj sorunu var mı?	Var	0
	Yok	2,5
17. Kavşakta peyzaj uygulaması uygun mu?	Uygun	2,5
	Uygun Değil	0
18. Kavşak bölgesi aydınlatması uygun mu?	Uygun	2,5
	Uygun Değil	0
19. Kavşakta dever uygulaması doğru mu?	Doğru	2,5
	Yanlış	0

KGM modelinin güvenlik parametresi, Tablo 2'de yer alan sorulara alınan cevaplara ait puanların toplamı alınarak ölçülmüştür. Çıkan sonuçlara göre kavşağa güvenlik puanı verilmiştir. Puan doğrultusunda kavşak tipi değişikliği yapılacaktır.

Buna göre;

Toplam Puan < 40 ise kavşak yapılmalıdır. Maliyet kontrolü yapılacak.

40 < Toplam Puan < 60 ise maliyet kontrolü yapılacak ve uygunsa kavşak yapılabilir.

60 < Toplam Puan ise kapasite ve güvenlik açısından kavşak yapımına gerek yoktur, sonucu elde edilmektedir.

### *C. MALİYET*

KGM modeline göre, Kapasite ve Güvenlik aşamalarında 60 puan altında alan kavşak noktalarına ilişkin karar verilmeden önce maliyet kontrolü yapılmaktadır. Kavşak yapımı maliyet açısından da ekonomik ve yapılabilir ise modele ait çalışmanın sonucu kavşak yapılabilir olarak tanımlanacaktır.

Kavşak maliyeti hesaplanırken birden fazla maliyet kalemi göz önünde bulundurulmaktadır. Bu maliyetler yapım maliyetleri ve bakım-işletme maliyetleri olarak iki ana başlık altında incelenebilir.

#### *C.1 Yapım maliyetleri*

Bir karayolu kesiminin veya kavşak noktasının maliyetini değerlendirirken ilk bakılması gereken ve maliyetin büyük kısmını içeren maliyetler yapım maliyetleridir. Yapım maliyetlerini oluşturan iş kalemleri;

- Sanat Yapıları
  - ~ Köprü
  - ~ Menfez
  - ~ İstinat Duvarı
  - ~ Yaya Kaldırımı
- Kaplamalar
  - ~ Beton ve bitümlü sıcak kaplamalar (Aşınma)
  - ~ Temel ve alt temel katmanları
- Düşey trafik işaretlemeleri
  - ~ Trafik levhaları
  - ~ Kamera sistemleri
- Yatay trafik işaretlemeleri
  - ~ Yol çizgi işaretlemeleri
- Sinyalizasyon
- Işıklandırma
- Kamulaştırma

Şeklinde sıralanmaktadır. Maliyet parametreleri gerek görülmesi durumunda detaylandırılarak Poz işlenmesi yapılabilir. Gerek görülmesi halinde Poz değerleri yıllara göre işlenmesi de mümkündür.

## C.2. Bakım – işletme maliyeti

Yapımı tamamlanıp işletmeye açılan bir kavşakta işletme sırasında meydana gelen maliyetler de bulunmaktadır. Bunlar da bakım – işletme maliyeti adı altında toplanmaktadır. Bakım – işletme maliyetleri de şu alt başlıklar altında incelenmektedir:

- Kaplama Bakım Onarım Maliyetleri
  - ~ Yarma– Dolgu Yapılması
  - ~ Temele–Alttemel onarımı yapılması
  - ~ Yaya Kaldırımı Onarımı
- Sinyalizasyon Elektrik Sarfıyatı Maliyeti
- Peyzaj Bakım Maliyetleri
- Yatay ve Düşey Trafik İşaretleme Bakım – Onarım Maliyetleri

## III. KGM MODELİ YAZILIMI

Araştırmaya konu edilen KGM modelinin erişimini ve kullanımını kolaylaştırmak, veri depolamaya imkan sağlamak ve veri güvenliğini sağlayacak ortam yaratmak amaçlarıyla Web üzerinde çalışan yazılım oluşturulmuştur.

Web tabanlı olarak tasarlanan yazılım, internet üzerinde çalışabilecek şekilde düzenlenmiş

*Çalışma Sistemi:*

Yazılım, çalışılan tüm kavşaklara ait verileri depolama, geriye dönük inceleme veya değişiklik yapma ve yapılan çalışmalar arasında mukayeseye imkan verecek şekilde tasarlanmıştır. Hangi kullanıcının ne zaman, ne kayıt yaptığını kronolojik sırada görülmektedir.

Bu güvenlik önlemi sebebiyle yazılım ilk açıldığında ekrana bir yönetim paneli giriş formu gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 2. Giriş Ekranı

Girişin ardından yazılımın “Yönetim paneli ekranına” ulaşılır. Bu aşamada sayfanın üst kısmında bulunan menü kullanılarak şu işlemler yapılabilir;



- Sisteme yeni proje eklenmesi
- Değişiklik ve ilave yapmak için mevcut proje sayfalarına ulaşılması.

Yeni eklenen projeye ilgili olarak projenin adı, projenin üzerinde yapıldığı yol tipi ve yol adı, coğrafi pozisyon bilgileri Google Map'den sisteme tanıtılır, (Şekil 3.). Bundan sonraki tüm çalışmalar uydu haritası olarak verilen coğrafi pozisyon bilgi görseli üzerinde çalışılabilir.

Şekil 3. Proje Bilgileri Girişi

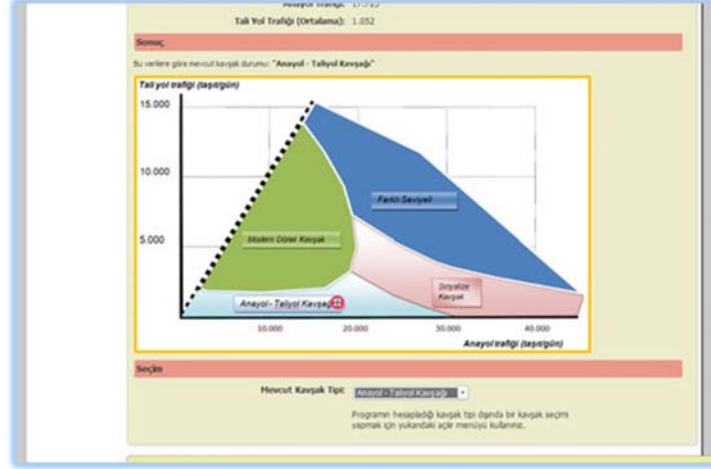
Bu aşamadan sonra, güvenlik ve maliyet modelini oluşturan güvenlik ve kapasite parametrelerine göre projeye veri girişi yapılır. Kavşak yapılacak yol kesimine ait YOGT değerlerinin sisteme tanımlanması gerekmektedir. Söz konusu değerler bu çalışmada kavşağa özel olarak girilmektedir. KGM modeli programına Türkiye'nin il, devlet ve otoyol YOGT değerlerinin girilmesi sonucunda Türkiye dâhilindeki kavşakların değerlendirilmesi daha kolay ve uygun yapılacaktır. Karayolları Genel Müdürlüğünde mevcut olan bu verilerin programa bir alt eklemeye dahil edilmesi mümkündür. Bu çalışma dâhilinde söz konusu ekleme yapılmamıştır.

Mevcut durumda YOGT değerleri giriş ekranı aşağıdaki gibidir.(Şekil 4).

Şekil 4. YOGT Giriş Ekranı

Girilen Anayol ve Tali yol YOGT değerlerine göre Çizelge 1'in yardımıyla Şekil 4.'te görülen veri analiz tablosundan kavşak tipi belirlenmektedir. Söz konusu tablo SweRoad "Karayolu Tasarımı Raporu Ek-1'de verilen kavşak tipi seçimi ile ilgili olarak öneriler esaslar" dâhilinde Karayolları Genel Müdürlüğüne "Road Improvement and Traffic Safety, Turkey" çalışması dahilinde önerilmiştir [12]. SweRoad tarafından Türkiye karayolları koşullarına uyarlanmış olan bu grafik bu çalışma dâhilinde

kullanılmıştır. Ancak kapasite, güvenlik ve maliyet parametreleri bir platformda değerlendirilmemiştir. Söz konusu değerlendirme için kullanılan grafikte anayol YOGT değerleri 50.000 ve taliyol YOGT değerleri 15.000 ile sınırlanmış olmasına rağmen programda bu üst değerler içinde sonuç alınabilmektedir (Şekil 5.).



Şekil 5. Kavşak Tipi Belirlenmesi

Sistemin belirlediği kavşak tipini ekranda göstermekle beraber, talep edilmesi durumunda YOGT değerlerine rağmen mevcut kavşak tipi başka ise, o kavşağın seçilmesine de olanak verecek şekilde tasarlanmıştır.

Belirlenen kavşak tipinin sistem üzerindeki kesin kaydı yapıldıktan sonra modeldeki kapasite parametresinin ikinci adımı olan “Yeterlilik Süresi” belirlenir. Kavşak tipi belirlendikten sonra Şekil 6’deki gibi yıllık artış oranına göre kavşağa ait daha üst seviye bir kavşak ihtiyacının hangi yılda doğacağı belirlenir. 1 ile 20 yıl süre arası bu artış incelenebilmektedir.



Şekil 6. Yeterlilik Süresi penceresi

Kapasiteden sonra modeldeki ikinci parametre olan güvenlik adımına geçilir. Sistem sıradaki işlem için kullanıcıyı yönlendirir.

Güvenlik ekranına geçtiğimizde güvenlik parametreleri kullanıcı tarafından girilir. Girilen veriler güvenlik puanı olarak değerlendirilir ve veri tabanına kaydedilir.

Kapasite ve güvenlik parametresi girilmesinden sonra değerlendirme yapılması sonucu kavşağın kapasite ve güvenlik bölümlerinden aldıkları puanlar ayrı ayrı gösterilir ve toplam proje puanı ekrana yansıtılmaktadır.

Sistem bu toplam puan üzerinden modelde belirlenen şekilde kavşak yapılıp yapılmayacağı ile ilgili tespit ve sonucu vermektedir. Çıkan bu sonuca göre de kavşak yapımı için maliyet hesabına yönlendirme yapılmaktadır.

Kapasite ve güvenlik değerlendirmesi 40'ın altında kalması durumunda üst seviyedeki kavşak önerilecektir. Önerilen kavşak için yapım maliyeti belirlenecektir. Değerlendirme 40-60 arasında kalması durumunda üst seviye kavşak yapım maliyeti ile mevcut kavşağın Bakım-İşletme maliyeti karşılaştırılması yapılarak karar vermek mümkündür. Bakım-İşletme maliyeti yıllara sari olarak artırılarak yapım maliyeti ile karşılaştırılmaktadır. Yıllara sari değerlendirme sonucu, Bakım-İşletme maliyetinin yüksek olması durumunda, bir üst seviye kavşak tercih edilebilir. Değerlendirme 60'ın üzerinde ise yeni kavşak yapımına gerek yoktur. Bakım-İşletme maliyeti yıllara sari olarak hesaplanmaktadır.

Yapım maliyetleri ve Bakım-İşletme maliyetleri parametreleri gerek görülmesi durumunda detaylandırılarak Poz işlenmesi yapılabilir. Gerek görülmesi halinde Poz değerleri yıllara göre işlenmesi de mümkündür.

#### IV. SONUÇ

Kavşak seçimi ulaşım konforu ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmayla,

- KGM açısından şehirlerarası kavşakların kontrol sistemi bulunmamaktadır. Bu çalışma ile kavşaklara kontrol sistemi getirilmektedir. Her yerden kavşakların KGM analizi yapılması mümkün olmaktadır.
- Hali hazırda mevcut kavşak tipi belirlenmesi için kapasite, güvenlik ve maliyet değişkenlerini bir arada değerlendiren herhangi bir teknik bulunmamaktadır.
- Kapasite analiz bileşenleri, yol güvenliği analiz bileşenleri ve maliyet bileşenleri bu çalışma dahilinde geliştirilmiştir.
- Kavşaklara ait bir veri tabanı oluşturmak mümkündür. Bu sayede yetkin olan her kişinin bu veri tabanından yararlanması, bilgi ilave etmesi ve trafik planlamasında ileriye dönük kapasite, güvenlik, maliyet analizi yapılabilmesi imkanı sunmaktadır.
- Güvenlik ve kapasite parametrelerini aynı platformda değerlendirilmesi bu çalışmayla mümkün olmuştur. KGM modelinin geliştirilmesi ve bilgisayar programı haline getirilmiştir.
- KGM program sayesinde mevcut kavşakların yeterlilik süresi hesaplanmakta ve KGM parametrelerine bağlı olarak kapasitesini ne zaman dolduracağı tespit edilebilmektedir. Bu da ileriye dönük planlama yapılmasında önemli bir unsurdur.
- YOGT verilerine göre kapasite açısından gerekli kavşağın tipi belirlenmektedir. Belirlenen kavşak tipinin, mevcut kavşak tipinden altında kalması durumunda öncelikli olarak kavşak tipinin değiştirilmesi programca önerilmektedir. Aksi takdirde kavşak kapasite yetersizliği nedeniyle güvenlik ve konfor açısından da yetersiz kalmaktadır.
- Güvenlik parametrelerinde 1. madde de, kavşak kaza kara noktası olması durumunda veya 5. madde de kavşak da yatay, düşey kurp olması durumunda programca değerlendirilmeye alınmasına rağmen kullanıcıya bir ikaz amaçlı uyarı vermektedir.

- Anlık ve yıllara sari planlama yapılmayan, analiz edilemeyen kavşaklardan kaynaklanan maddi ve manevi zarar, yazılımın uygulanması ile en az seviyeye indirilebilmesi mümkündür.
- Kavşakların KGM verileri yazılım ile online kayıt altına alınmakta ve girilen bütün veriler saklanmakta, değiştirilebilmekte, istenildiğinde müdahale edilebilmektedir.
- Kavşak planlanması ve yatırımlarının tüm değişkenleri içermesi kalıcı, güvenilir ve ekonomik olmasını sağlayacaktır.

#### Öneriler :

- KGM programına Türkiye'nin İl, Devlet ve Otoyol YOGT değerlerinin girilmesi sonucunda Türkiye çapında kavşakların KGM denetimini yapmak mümkün gözükmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü'nde mevcut olan bu verilerin girilmesi ve programa alt ekleme yapılması gereklidir. Ancak bu çalışmaya dahil edilememiştir.
- Kapasite analiz bileşenleri, yol güvenliği analiz bileşenleri ve maliyet bileşenleri bu çalışma dahilinde geliştirilmiştir. Bu bileşenlerde ve değerlendirme planlamasında gerek görüldüğünde iyileştirmeye de gitmek mümkündür.
- Maliyet parametresi de bu çalışmada dikkate alınmıştır, ancak yıllara göre değişen imalat ve bakım pozlarının da yazılımı ilave edilme zorunluluğu vardır.
- Program internet ortamında [www.denizyildiz.net/kgm](http://www.denizyildiz.net/kgm) adresinden kullanılabilir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] Anonim, *Ulaştırma Strateji Raporu*, Ulaştırma Bakanlığı, Ankara-Türkiye, 23-30 (2004).
- [2] Anonim, *Roundabouts: An Informational Guide ( FHWA-RD-00-067 )*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Virginia- USA, 2-181, (2000).
- [3] B. Bostancı, *Trafik Adalarının Geometrik Dizayını*, **2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, İstanbul-Türkiye, (2005), 2.
- [4] Anonim, *Design Manual, Chapter 915*, Washigton State Department of Transportation, Washington- USA, 1-27 , (2005).
- [5] F.F. Mendels, *The Journal of Economic History*, Cambridge-ABD, 269, (1971)
- [6] Anonim, *Karayolu Tasarım El Kitabı*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, 127, (2005).
- [7] C. Uzunkaya, *Türkiye'de Karayolu Ulaşımı Ve Geleceği*, **Karayolu 1. Ulusal Kongresi**, Ankara-Türkiye, 1,1, (2008)
- [8] Anonim, *European Road Statistics 2011*, European Union Road Federation, Brussels-Belçika, 16, (2011).
- [9] Anonim, *European Road Statistics 2004*, European Union Road Federation, Brussels-Belçika, 64, (2004).
- [10] Anonim, *Trafik Kazaları Özeti 2011*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, 1,16, (2011).
- [11] Anonim, *Road Safety Annual Report*, International Traffic Safety Data and Analysis Group, 2011, Paris-Fransa, 9-22, (2011).
- [12] Anonim, *Sweroad Raporu, Ek-1 Kavşak Tipi Seçimi ile İlgili Olarak Önerilen Esaslar*, Karayolu Tasarımı Raporu, Ankara-Türkiye, 3-15, (2000).
- [13] M. Niederhauser, *Maryland State Highway Administration Takoma Park*, Intersection Feasibility Study, Maryland- USA, (2008)

- [14] R. Aydar, *Karayolu Kavşaklarının Tipine Karar Verme Sürecinde Kapasite, Güvenlik ve Maliyet (KGM) Parametrelerini Optimize Eden Bir Modelin Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara-Türkiye, (2011).
- [15] Anonim, *Sweroad Raporu, Ek-2 Modern Dönel Kavşaklar İçin Önerilen Tasarım Esasları*, Karayolu Tasarımı Raporu, Ankara-Türkiye, 2-10, (2000).
- [16] M.K. Çubuk, *Köprülü Kavşak Tiplerinin Avantaj ve Dezavantajları*, **2. Ulaşım ve Trafik Kongresi**, Ankara-Türkiye, (1999) 105-110.
- [17] K. Kayacı, Sehtiyancı, O., Kalaycı, A. S., *Hemzemin Kavşakların Kapasite, Güvenlik ve Uygulanabilirliğinin İncelenmesi, Dönel Kavşakların Önemi, Avrupa Birliği ve Dünyadaki Örneklerine Genel Bakış*, **3. Trafik ve Yol Güvenliği Ulusal Kongre ve Sergisi**, Ankara, (2005) 72-86.
- [18] Anonim, *Modern Dönel Kavşaklar, Karayolları Genel Müdürlüğü*, Stratejik Planlama Şubesi Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, (2009).
- [19] Anonim, *Highway Capacity Manual, Proposed Draft Chapter 17, Part C*, Transportation Research Board, Washingto-USA, (2006), 51-58.
- [20] Anonim, *KTK Kapasite Ders Yayınları*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Stratejik Planlama Şubesi Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, (2011), 35-36.
- [21] B.W. Rodergersdts, L.A. Rodegerdts, *Capacity and Performance of Roundabouts: A Summary of Recommendations in the FHWA Roundabout Guide*, **Fourth International Symposium on Highway Capacity**, Maui-Hawaii, (2000), 422-433.
- [22] Anonim, *Trafik Güvenliği Kontrolü (Safety Audit) El Kitabı 2001*, Karayolları Genel Müdürlüğü , Ankara-Türkiye, (2011), 1-17.
- [23] Anonim, *Trafik Güvenliği 2011*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, (2011), 1-24.
- [24] S. Turner, A. Roozenburg, *Roundabout Safety – Influence of Speed, Visibility and Design*, Road Safety Research 2005, Wellington-New Zeland, (2006), 4.
- [25] Anonim, *İçişleri Bakanlığından: Karayolları Trafik Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik madde15*, **T.C.Resmî Gazete**, No:28918, Tarih:19/02/2014
- [26] D.P. Overkamp, W. Wijk, *Roundabouts Application and design, A practical manual*, Ministry of Transport, **Public Works and Water Management**, The Netherlands, (2009), 75.
- [27] Anonim, *Insurance Institute For Highway Safety*, Status Report, Arlington-USA, (2001), 36 (7): 3.