# Orta Ölçekli Trafik Ağlarının Geliştirilen Bir Yazılım ile Sümülasyonu ve Analizi

**Ercüment YILMAZ[1], Cemal KÖSE[2]**

[1] Karadeniz Teknik Üniversitesi Enformatik Bölümü, Trabzon

[2] Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ercument@ktu.edu.tr, ckose@ktu.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada karayollarındaki trafik akışını modelleyerek bu modelin bilgisayar ortamında simülasyonunu gerçekleştiren bir yazılımın üretilmesi hedeflenmiştir. Trafik sistemlerindeki araç akışlarını iyileştirmek amacı ile değişik trafik mühendisliği çözüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu çözüm teknikleri, geliştirilen trafik simülasyon yazılımları aracılığı ile zaman, maliyet ve iş gücü kaybı olmaksızın, mevcut trafik şebekeleri üzerine test edilebilmektedir. Geliştirdiğimiz yazılımda simülasyonlar için kullanılan çözüm üretim yöntemlerinden mikroskobik ya da diğer adıyla ayrık-sürekli yaklaşım esas alınmıştır. Çalışmada, simülasyonda hedef olarak orta ölçekli trafik şebekeleri modellenmiş ve verilen farklı test ve sinyalizasyon parametreleri yardımı ile simülasyondan elde edilen sonuçların karşılaştırılması sağlanmıştır. Bu sonuçların karşılaştırılması sayesinde orta ölçekli trafik şebekeleri için trafik sıkışmalarını önleyecek uygun çözümlerin bulunması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Trafik Simülasyonu, Mikroskobik Simülasyon Yaklaşımı, Sinyalizasyon

**Simulation and Analysis of Medium Scale Traffic Networks By A Developed Computer Software**

**Abstract:** In this study, an implementation of simulation software for modeling of highway traffic flow is presented. This traffic simulation software is implemented to improve vehicle flows and test traffic engineering solutions on a traffic system. This software enables to measure applicability of the solutions that can be applied on recent traffic network without waste of time, financial and labor force loss. The developed software is based on one of the traffic problem solving methods that is namely microscopic or discrete-continuous approach. A medium scale traffic network is modeled as simulation target and some results are obtained by using different test and signaling parameters. For the medium scale traffic networks, these results are compared to discover acceptability of solutions on traffic congestions.

**Keywords:** Traffic Simulation, Microscopic Simulation Approach, Signaling

## 1. Giriş

Birçok şehrin yol şebekesinde nüfus yoğunluğuna bağlı olarak trafik sıkışıklıkları, ortaya çıkmaktadır. Bu sıkışıklıklar, trafik akış modelleri ve çözüm yazılımları kullanılarak yapılan tahminler ile önlenebilir. Günümüzde bu problemi çözmek için birçok simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bunlara TRANSIMS, TRANSYT, NETSIM, URTRAN, TRACSS ve MITRAM örnek olarak verilebilir. Bu yazılım paketleri hâlihazırda gerçekçi sonuçlar üretmektedirler. Geliştirilen bu özel teknikler kullanarak, trafik durumları bilgisayar üzerinde makul bir maliyetle ve risk almaksızın simüle edilebilmektedir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan trafik simülasyonu sistemleri genele çok az hitap etmekte ve birçoğu belirli bir sınıfa ait problemleri adreslemeye yöneliktir (Örneğin otoyollardaki geçiş noktalarındaki ışıklandırma tasarımı için kullanılan trafik yönetim sistemleri). Bu nedenle farklı trafik modellerinin kullanıldığı, trafik simülasyonu yazılımları, belli bir alana ait problemleri çözmek için tasarlanmıştırlar. Bu tip yazılımlarda kontrol bileşenleri ve sonuçların görselleştirilmesi ve analizi için gereken özellikleri barındıran simülasyon ekranları yer almaktadırlar.

Bu çalışmada, orta ölçekli bir trafik ağının farklı parametreler ile simülasyonunu gerçekleştirecek bir yazılım üretilmesi amaçlanmıştır. Bu yazılım ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile en uygun trafik mühendisliği çözümünün tespit edilmesi hedeflenmiştir. Özellikle sabit zamanlı sinyalizasyon, yeşil dalga sinyalizasyonu ve adaptif sinyalizasyon modelleri aynı yol modelleri üzerinde ayrı ayrı test edilerek, trafik sıkışıklıklarını gerçek hayatta en aza indirecek ve trafik akışını rahatlatacak sinyalizasyon modelinin de belirlenmesine çalışılmıştır [1].

## 2. Simülasyon Yazılımı

Geliştirilen yazılım nesne tabanlı (object oriented) olarak tasarlanmıştır. Mikroskobik simülasyon modelini temel alan yaklaşımı benimsediğimiz için, sistemde yer alacak olan her bir objenin verisi diğer bütün objelerden ayrı tutulmuştur.

Hazırladığımız sistem karayolu trafik simülasyonunu için kullanılacak tüm objelerin simülasyon alanı üzerine uygulanması ve birbirleri ile otomatik olarak ilişkilendirilmelerini mümkün kılacak şekilde dizayn edilmiştir. Benzer sistemlerde olduğu gibi uygulama ekranının bir bölümü menüler, düğmeler ve gerekli simülasyon parametrelerinin verilebilmesini sağlayan bilgi giriş elemanları ile donatılmıştır. Uygulama ekranının büyük bir kısmı görsel çizim ve simülasyon anını izlemeye yarayan bölüme ayrılmıştır. OpenGL [5] API kütüphanesinin özelliklerinden faydalanılarak, bu alan üzerinde değişik trafik elemanları çizilebilmektedir.

### 2.1. Çizim İşlemleri

EA (Electronic Arts) firmasının sürekli geliştirdiği kent simülasyonu oyunu olan Sim City' de [6] kullanılan yol ve kavşak gibi elamanların çizim teknikleri simülasyon yazılımında yapmak istediğimiz çizim yöntemlerine örnek teşkil etmiştir (Şekil1).

Seyahatin bir noktadan bir başka noktaya doğru gerçekleşebilmesi için o istikamette uygun bir yol tesisinin inşa edilmesi gerekmektedir. İşte bu noktada trafik simülasyon yazılımı dahilinde tek şeritli, çift şeritli ve üç şeritli, gidiş ve geliş istikametleri bulunan yol tesislerinin çizimine ve kullanımına imkân sağlanmıştır.

Yolun temel özellikleri olan eğim bilgisi ve sürtünme katsayısının ayarlanması sayesinde, simülasyon anındaki araç seyirleri ve elde edilecek sonuçlar bu parametrelere göre değişebilmektedir. Mevcut trafik sistemlerinin oluşturulmasında çevresel faktörler göz önüne alındığında araziye de bağlı olarak yol eğimleri ve araç ile kaplama arasındaki sürtünme kuvvetini belirleyen sürtünme katsayısı parametreleri değişmektedir. Bu değişkenliğin simülasyon içerisinde de oluşturulabilmesi gereklidir.

Yolların çizimi esnasında kesişim noktalarındaki trafik tesisleri olan kavşaklar otomatik olarak oluşturulmaktadırlar. Kavşaklar çakışan kol sayısına bağlı olarak iki kollu, üç kollu veyahut dört kollu kavşaklar biçiminde otomatik olarak oluşturulurlar. Kullanıcı çizim esnasında kavşağın fiziksel özelliklerini belirlemek için uğraşması gerekmez. Bazı

**Şekil 1.** Sim City 4 çizim araçları ve ekran görüntüsü

noktalarda bulunan dörtlü kavşaklar sonradan dönel kavşak olarak değiştirilebilirler. İki kollu kavşak, yolun istenilen noktasına sonradan eklenilebilir.

### 2.2. Çizimler Üzerindeki İşlemler

Kimi zaman yapılan çizim işlemleri üzerinde bazı değişiklikler yapma ihtiyacı hissedilebilir. Çizim işlemi kullanıcının el hassasiyetine dayandığı için yanlış veya eksik çizimlerin bertaraf edilmesi gereklidir.

Çizilen herhangi bir trafik tesisi (yol, kavşak, tünel, yaya geçidi) üzerinde tıklanıldığı zaman bu öğeyi ve ona bağlı özellikleri çizim alanından kaldırmaya yarayacak bir silme aracı hazırlanmıştır. Benzer yazılımlarda da olduğu gibi, çizim alanını sağa sola hareket ettirerek çizimin daha geniş alanlara yayılmasına imkân sağlayan bir başka araç yine araç düğmeleri arasındaki yerini almıştır. Aynı zamanda, çizim ekranını 360 derece döndürmeye ve çizim ekranına farklı açılardan bakmayı sağlayan bir de döndürme aracı eklenmiştir. Çizim ekranına farklı mesafelerden bakmayı mümkün kılan büyüteç özelliği de sistemde mevcuttur

### 2.3. Kullanılan Nesnelerin Özellikleri

Simülasyonun gerçekleşmesini sağlayan bütün nesnelerin kendilerine has bazı özellikleri önceden tanımlanmıştır. Tanımlanan bu özelliklerin kullanılması ile simülasyon yazılımı nesne tabanlı bir uygulama haline gelmiş ve sistem dahilindeki bütün nesnelerin birbirleri ile olan ilişkileri, objelere ait değişkenlerde tutulan değerler aracılığı ile belirlenebilmiştir. Ayrıca, bilinen bu nesneye özel değerler aracılığı ile simülasyon sonuçlarında kullanılan

bazı ortalama verileri içeren değişkenlerin hesaplanabilmesi mümkün olmuştur.

**2.3. Sinyalizasyon**

Gerçekleştirilecek simülasyonlardaki ölçümlere seçilecek olan sinyalizasyon tipi önemli ölçü de etki edecektir. Simülasyonun çalıştırılmasından önce veyahut çalıştırılması esnasında sinyalizasyon tipini belirlemeye yarayan üç seçenek kullanıcıya sunulmaktadır. Bu seçenekler, "sabit zamanlı sinyalizasyon", "yeşil dalga sinyalizasyonu" ve "adaptif sinyalizasyon" olarak belirlenebilmektedir [3].

**2.4. Simülasyonun Çalıştırılması**

Çizim işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve gerekli bütün parametrelerin belirlenmesinin ardından simülasyon çalıştırılarak kurulan modelin test edilmesi sağlanır. Test işlemi esnasında araçların başlangıç noktalarından doğuş anları ve simülasyon ekranındaki hareketleri görsel olarak rahatça izlenebilmektedir (Şekil 2).

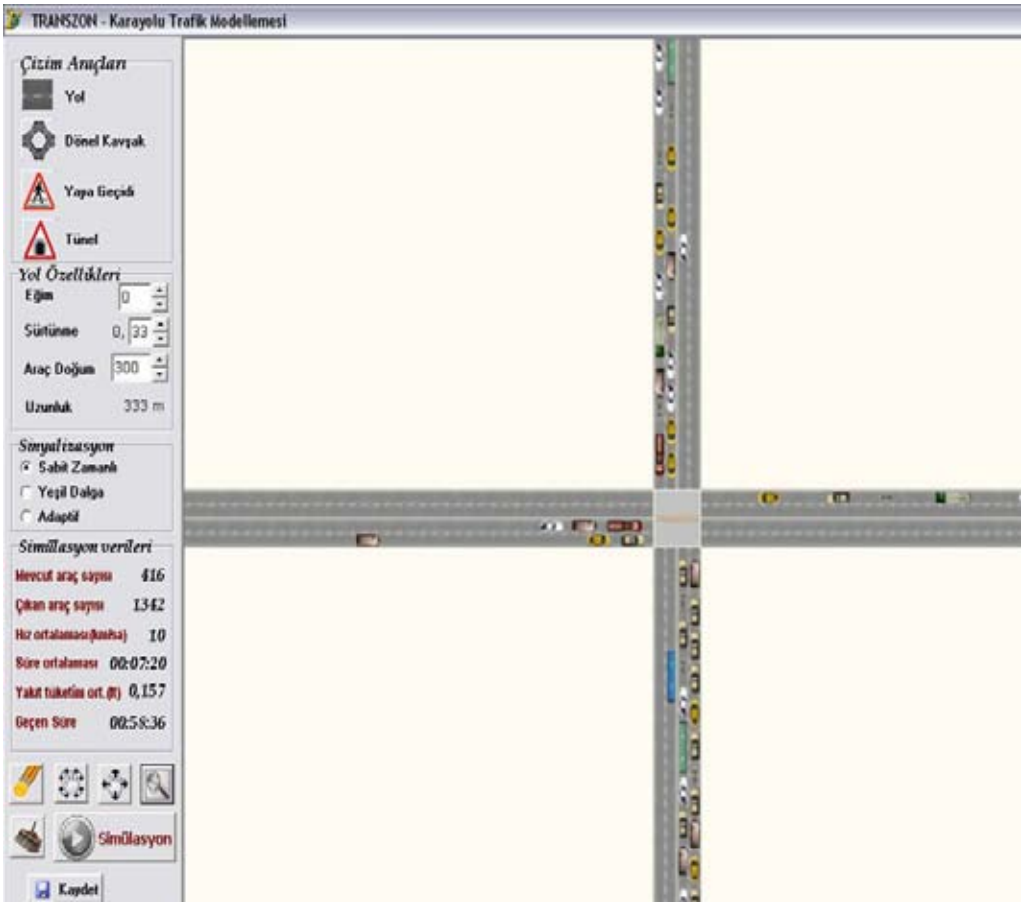
Ayrıca, simülasyon yazılım penceresinin solunda yer alan bölümde simülasyona ait birtakım verilerin sürekli güncellenerek gösterilmesi sağlanmaktadır.

Simülasyonun çalışması esnasında aşağıdaki işlemler gerçekleşmektedir.

- Araçlar çizilen yolların boş uçlarından o yolun araç doğum oranına bağlı olarak belirli aralıklar ile sisteme dahil olurlar.
- Araçların o anki hızlarına bağlı olarak her simülasyon adımında yol kesimi üzerinde belli bir mesafeyi kat ederler.
- Araçların hareketleri esnasında fren mesafeleri (frenleme sonrası durmak için kat edilmesi gereken mesafe) hesaplanarak bu mesafe içerisinde önlerinde başka bir araç, kavşak, yaya geçidi olup olmadığı test edilir (1). Eğer araçların önlerinde bu saydıklarımızdan herhangi birisi var ise hızları azaltılır [1].

$$d_b = \frac{V_i^{\,2} - V_f^{\,2}}{254(f \pm g)} \qquad (1)$$

- Hız, ylun sürtünme ve eğim katsayılarına bağlı olarak, yavaşlama ivmesi oranında azaltılabilir.
- Araçlar rasgele hızlanma gerçekleştirecekler ise, her araç tipine bağlı olarak değişkenlik gösteren hızlanma ivmesi oranınca hız artışı gerçekleştirilir.
- Araçların kavşaklara geldikleri zaman olabildiğince yavaşlarlar. Eğer gittikleri yön için kavşakta yeşil ışık yanıyorsa rasgele bir yön seçerek kavşak boyunca ilerleme hareketlerini devam ettirirler. Gittikleri yön için kavşakta kırmızı ışık yanıyor ise, o yönde yeşil ışık aktif olana kadar beklerler.
- Araçlar tünel kesimlerine geldikleri zaman yavaşlarlar ve bu bölümde şerit sayısı bir eksilerek yollarına daha sıkışık bir akış ile devam ederler.
- Araçların bütün hareketleri için ilgili simülasyon adımları içerisinde hız, süre, ortalama hız, yakıt bilgileri hesaplanıp sürekli güncellenir.
- Araçlar bir yol kesiminin boş olan ucuna ulaştıkları anda sistemden çıkarılırlar. Bu esnada araçların o anki verileri simülasyon verilerinin ortalamasına katılır ve obje ortadan kaldırılır.
- Ekrandan takip edilebilen simülasyon verileri belli periyotlar ile (5 dakikada bir) kayıt edilir. Kayıt edilen veriler daha sonradan istatistiksel grafiklerin çizdirilmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi amacı ile bir dosyada saklanılabilmektedir.




**Şekil 2.** Simülasyon ekranı

## 3. Bir Simülasyon Uygulaması

Geliştirilen simülasyon yazılımını kullanarak üzerinde bulunan üç adet dönel, bir adet dörtlü kavşak ve bağlantı yollarını içeren yaklaşık 2,5-3 km lik bir kara yolunun kesiminin simülasyonu nu gerçekleştirmeyi hedefledik [2].

### 3.1. Simülasyon Parametreleri

- Simülasyon P4 1600 Ghz işlemcili, 1 GB RD ram a ve 128 MB GeForce ekran kartına sahip bir bilgisayar sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir.
- Simülasyonlar yirmi dört saatlik ayrı zaman zarfları içerisinde yapılmıştır.
- Her yirmi dört saatlik simülasyonda sabit zamanlı sinyalizasyon, yeşil dalga sinyalizasyonu ve adaptif sinyalizasyon teknikleri ayrı ayrı denenmiştir.
- Kavşakta kesişen yol parçası uzunlukları ortalama olarak 500-1000 er metre olarak verilmiştir.
- Kavşakta birleşen yolların eğimleri sıfır kabul edilmiş, sürtünme katsayıları da 0,28 ve 0,33 değer aralığında verilmiştir.

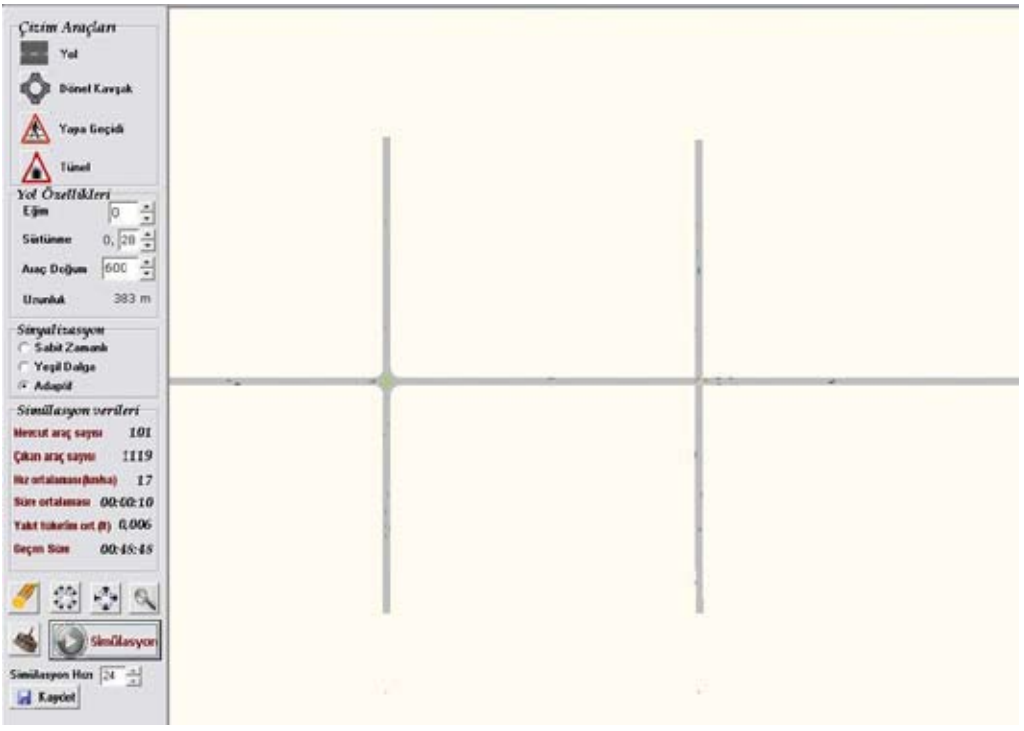
• Kavşak kollarından doğan araç sayıları üç sinyalizasyonda ayrı olarak her bir şerit için en trafiğin en yoğun olduğu bölümlerde saat başına sırası ile 600, 400, 200 olarak üç farklı simülasyonda kullanılmıştır.

• Yirmi dört saatlik simülasyonda araç yoğunlukları farklı zaman dilimlerinde farklı yüzdelerle oranlanarak yeniden hesaplanmıştır.

• Farklı sinyalizasyon tipleri ve farklı araç doğum parametreleri kullanıldığı için toplam dokuz simülasyon gerçekleştirilmiştir.

• Doğacak araç tipleri rasgele olarak belirlenmiştir.

• Simülasyonda sadece ana yol üzerinden trafik ağına giriş yapan araçların bilgileri hesaplamaya dahil edilmiştir. Yan yollardan gelen araçlara ait veriler genel simülasyon verilerinin hesaplanmasında kullanılmamıştır.




**Şekil 3.** Dört kavşağa sahip yol simülasyonu esnasındaki ekran görüntüsü

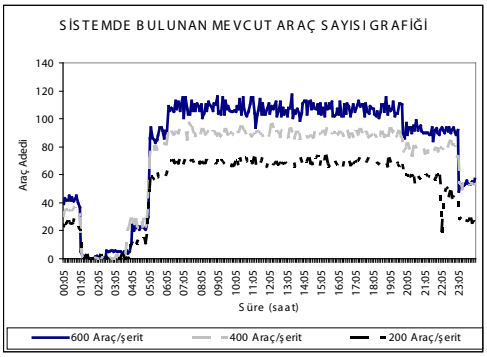
### 3.2 Elde Edilen Sonuçlar

Gerçekleştirilen uygulamalar ile elde edilen veriler, dokuz ayrı simülasyonda kurulan modeller arasındaki farkları grafiksel ortaya koymaktadır.

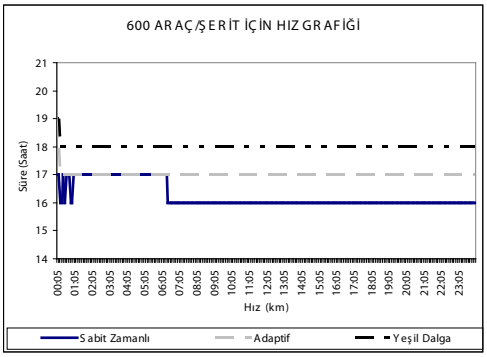
Elde edilen grafikler incelendiğinde, aynı şartlar altında yeşil dalga sinyalizasyonu ile gerçekleştirilen dört kavşağa sahip bir yolun simülasyonu, sabit zamanlı sinyalizasyon ve adaptif sinyalizasyonuna göre trafik sıkışmalarını daha aza indirdiği ve trafik akışını rahatlattığı görülmektedir.

Çizilen hız grafiklerinde aracın durma anındaki hızı olan 0 km/sa dahil olmak üzere, sistemde geçirdiği süre boyunca elde edilen hızlarının ortalaması esas alınmıştır

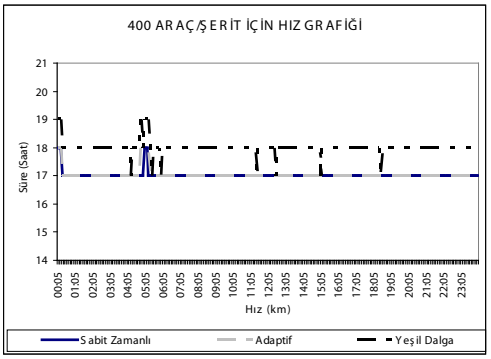
Burada, adaptif dalga sinyalizasyonu karakteristiği gereği, trafiğin sıkışık olduğu kavşak kollarına öncelik vermesinden dolayı ana yoldaki trafik akışını yeşil dalgaya nazaran yavaşlatmaktadır.



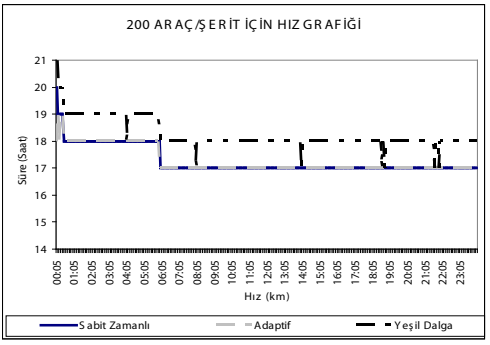

**Şekil 4.** Simülasyon anında ana yoldan giriş yapmış aktif araç sayısı




**Şekil 5.** 600 araç/şerit için hız ortalaması grafiği




**Şekil 6.** 400 araç/şerit için hız ortalaması grafiği




**Şekil 7.** 200 araç/şerit için hız ortalaması grafiği

## 4. Sonuç

Orta ölçekli trafik ağları için gerçekleştirilecek çözümler, sadece yazılımın geliştirilmesine yapılan harcama ile bilgisayar ortamında denenerek uygun görülmeleri durumunda hayata geçirilebilirler.

Giriş metninde bahsedilen TRANSIMS [4] adlı yazılımın Portland şehrinin trafik ağının yeniden yapılandırılmasında önemli bir rolü olduğu söylenilebilir. TRANSIMS'in 8 yılda önemli bir bütçe desteği ve proje ekibi ile büyük ölçekli trafik ağlarının modellenmesi için geliştirilen bir yazılım olduğunu göz önüne alırsak, bu tür bir yazılımın son kullanıcılara önemli bir maliyeti olduğu ortaya çıkmaktadır.

İşte bu noktada konumuz olan çalışma daha az maliyetle orta ölçekli trafik ağlarını modelleme ve simüle etmeye yarayan bir yazılım olarak görülebilir

Orta ölçekli bir trafik ağı için gerçekleştirdiğimiz örnek modelleme ve simülasyona göre, trafik mühendisliğince bilinen, ancak yazılım tarafından da bir kez daha göz önüne serilen ana sonuçları şöyle sıralayabiliriz.

- Oluşturulacak trafik sistemlerinde adaptif sinyalizasyonun kullanılması halinde trafik

sıkışıklıkları en aza inecektir. Maliyetler göz önüne alındığında, kavşağa bağlanan akımları belli noktalardan itibaren takip edecek sensor sayaçların trafiğin yoğunlaştığı kritik noktalara yerleştirilmesi ve bu sayaçlara bağlı bir sinyal zamanlama sisteminin kurulması trafik akımını olumlu yönde etkileyecektir.

- Trafik akımının yoğun olduğu noktalarda ve anayollarda trafik akışının belli bir hızda seyretmesine bağlı olarak kesiksiz sürmesine yardımcı olacak yeşil dalga sinyalizasyon modeli kullanılabilir.

- Trafik akımlarında ağır vasıtaların belli noktalarda trafikte seyretmeleri sağlanarak trafik akışındaki kesilmelerin önüne geçilmelidir.

**5. Kaynaklar**

[1] Tunç, A. "Trafik Mühendisliği Uygulamaları", 1. Baskı, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 2003

[2] Yılmaz E., Köse C., "Dört Kavşağa Sahip Bir Karayolu Bölümünün Bilgisayar Ortamında Simülasyonu", 12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi ve Fuarı, 15.11.2007, Eskişehir

[3] ,Spall, J.C., Chin, D.C. ve Smith, R.H., "A System-Wide Approach to Adaptive Traffic Control", Intelligent Vehicles '95 Symposium , (1995) 442–447

[4] TRANSIMS, http://www.transims.net/pg04_transims_framework.html

[5] OpenGL, http://www.opengl.org/documentation/red_book/

[6] SIM CITY, http://simcity.ea.com/