



## Sürücüsüz Araç Trafığı ile Sürücü Davranışı İyileştirmeye Yönelik Bir Oyun: OKANOM

### OKANOM: A Game Aimed at The Improvement of Drivers' Attitudes with Using The Autonomous Vehicle Traffic

Kutay Ata ŞEN<sup>1</sup>, Kader NİKBAY<sup>1</sup>, B. Tevfik AKGÜN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

OKAN Üniversitesi

kutayatasen@gmail.com, kader.nikbay@okan.edu.tr, tevfik.akgun@okan.edu.tr

#### Özet

*Bu çalışmada, bir 3 boyutlu oyun ortamı oluşturularak sürücüsüz araçların varlığı ile zenginleştirilmiş bir sanal trafikte sürüş deneyimleri ile sürücü davranışlarını ölçülmesi ve iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çok-kullanıcı ciddi oyun için sürücülü ve sürücüsüz araç modelleri, yollar ve binalar içeren yerleşkeler geliştirilmiştir. Bu bildiride, çalışmanın gerçekleştirilmesi, simülasyon sistemleri ve oyunlar, araç/sürüş/trafik simülasyon sistemleri ve simülatörleri ve oyun seviyeleri özetlenmiştir.*

#### Abstract

*In this work, the measurement and improvement of drivers' attitudes are aimed by using driving experiences in virtual traffic which is created by the 3D game platform and is enriched by including autonomous vehicles. For this multi-user serious game, vehicles for drivers, driverless vehicles, roads and locations including buildings are developed. In this paper, development of work, simulation systems and games, simulation systems and simulators of vehicle/driving/traffic and levels of game are summarized.*

#### 1. Giriş

Bu çalışmada 3 boyutlu bir oyun kullanarak; sürücülü ve sürücüsüz (otonom) araçların birlikte bulunduğu bir sanal trafik ortamında sürücülerin (oyuncuların) verilen hedefleri gerçekleştirmesi sırasındaki sürücü davranışlarının incelenmesi ve iyileştirilmesi hedeflenmektedir. OKANOM olarak adlandırılan oyun çok oyunculu bir yapıda tasarlanmıştır. OKANOM ortamında oyuncular kendilerine atanan hedeflere (yerleşkelere) ulaşırken yaratılan bir trafikte yer almaktadır. Bu trafikte diğer oyuncuların denetlediği araçların yanı sıra sürücüsüz araçlar da yer almaktadır. Sürücüsüz araçlar kurallara uygun hareket etmektedirler. Sürücüsüz araçların varlığının ve sayısının mevcut trafiği ne derece etkilediği ve sürücülerin sürücüsüz araçlara ve diğer sürücülü araçlara olan davranışlarının nasıl değiştiği araştırılacaktır. Beklenen ya da istenen sonuç; trafikte kurallara uygun seyreten sürücüsüz araçların sayısının belli bir oranda artmasının trafiğin daha iyi akmasına ve kullanıcı davranışlarının gelişmesine destek

vermesidir. Ancak sürücülerin sürücüsüz araç davranışlarını öğrendikçe bunları kendi lehlerine istismar etmeleri de mümkündür. Örnek olarak arkasındaki sürücülü aracı görmeden bir sürücüsüz aracı kavşakta zorlayan bir sürücünün kaldığı durumların ve trafikte kendisine benzer şekilde davranan sürücülerin karşılıklı yarattıkları durumlar oluşabilir. Oyunda taksiler sarı renkteki sürücüsüz araçlardır. Oyuncular kendilerine sunulan model ve renklerdeki araçlar ile farklılaşma sağlamaktadır. Burada, gerçek hayattaki aksine düşünülen taksilerin kurallı davranışları ile trafiğe olumlu katkısının olması fikri özellikle seçilmiştir.

Çalışmanın eğitim ve araştırma amaçlı bir ciddi oyun olarak tasarlanmasının temel amaçları: oyun biçiminde sunulan proje hedeflerinin kullanıcılar tarafından benimsenmesini kolaylaştırması ve gerçekleştirmeyi destekleyen oyun motorlarının varlığıdır. Çalışmanın bir oyun olarak tasarlanmasının olumsuz yönü oyuncuların düzgün araç kullanma konusunda özenli olmayabilecekleridir. Oyunun ödüllendirilerek özendirilmesi ya da kötü puanlanmanın oyuncuya olumsuz geri dönüşü bu oyunun belli bir sorumlulukla oynanmasını sağlayabilir. Çalışmanın yararının deney grupları üzerinde ölçülmesi hedeflenmektedir.

Trafik ve sürücü simülasyonları ve araç simülatörleri; ekipman ve gerekse araç ve ortam modelleri, ışıklar, trafik yönetim sistemi varlığı gibi içeriği açısından gerçek yaşama oldukça yaklaşabilir. Hedefimiz konunun bir oyun olarak ele alınması ile yaygınca kullanılması olduğundan özel ekipmanlardan ve güçlü bilgisayar gereksinimlerinden uzak durulmuştur. Bunun işlem gücü gereksinimine bir yansıması olarak gerek trafik yönetimi, ışıklar ve gerekse sanal araç model çeşitliliği ve karmaşık yapıları trafik düzenlemelerinden de kaçınılmıştır. Bu bağlamda otonom araç modelinde bir araç simülasyon sisteminde görülebilecek düzeyde karmaşık yapıları sensörler ya da üst düzeyde bilgilendirme yer almamakta ve gerçek bir araca yüklendiğinde çalışacak düzeyde model tanımlamaları, araç denetim yazılımları ve senaryoların tamamı gibi hedefler de bulunmamaktadır. Bu indirgemenin diğer bir nedeni geliştirilen oyunun mobil aygıtlarda oynanabilirliğini ve dolayısı ile oynanma oranını arttırmaktır. Oyun geliştirme platformu olarak seçilen Unity3D oyun motoru, geliştirilen bir uygulamanın farklı mobil işletim

sistemleri için sürümlerini üretme konusunda önemli bir destek vermektedir.

Türkiye’de trafik kazalarının %70 ve fazlasının kavşaklarda olduğu belirtilmektedir. Özellikle trafik ışıklarının olmadığı kavşaklardaki araç önceliklerinin sadece kurallarla yönetilir olması ve bu kuralların doğru uygulanmaması sonucunda yalın kavşaklardaki kaza artışına neden olmaktadır. Ayrıca kavşak dönüşlerinde bina, bitki, şehir mobilyası ya da diğer engelleyicilerin varlığı hızla girilen kavşaklarda önemli görüş sorunları kaynağı oluşturmaktadır. OKANOM oyunu geliştirilmesinin ilk aşamasında trafik ışıklarının yer almadığı kavşaklar konu edilmekte, ikinci aşamada ise yine trafik ışıkları yer almadan yaya geçitleri ve yayalar eklenmesi planlanmaktadır. Otonom ya da sürücü destekli araçlardaki üstün özellikler ve desteklerden, bu oyunda sürücüye verilmesi zor olmamasına rağmen, amaç sürücü becerisi geliştirmek olduğundan özellikle kaçınılmıştır. Oyunun oynanmasını sağlamak üzere, sürücüye sadece güzergahı yönlendiren basit yön okları ile bir navigasyon desteği verilmiştir. Bu navigasyonda harita üzerinde güzergah gösterme desteği yine aynı düşüncelerle verilmemiştir.

OKANOM oyununun birden fazla özelliklere göre düzenlemiş seviyeleri mevcuttur. Birinci seviye grubu oyunun amacına yönelik olarak araç sayısı ve araç sınıflarına (sürücülü ve sürücüsüz) ile yaratılır (Bölüm 6). Birinci seviye grubunun alt seviyeleri ise ikinci seviye olarak adlandırılır. Burada aşama aşama basit trafik düzeninden daha zor trafik düzenine geçilmesi oyun seviyelerini oluşturur. İkinci tür seviyeler, verilen görevlerin geçtiği güzergah üzerindeki kavşak türleri ve yerleşke türleri ile yaratılır. Yerleşke türünde kavşakların köşelerinde görüşü engelleyecek elemanların varlığı ile zorluk dereceleri oluşturulmaktadır. Güzergah üzerinde kavşak türlerinin varlık sayısı da bir zorluk derecesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın konusu oyun bir öğrenci projesi olarak başlamış ve geliştirme süreci devam etmektedir. Bildirinin hazırlandığı tarihlerde geliştirmenin ilk evresi olarak araç modeli, otonom araç denetimi, sürücü denetimi, ortam gerçekleştirme ve temel kavşak senaryoları gibi konular tamamlanmış ve oyun seviyelendirme çalışmaları başlamıştır. OKANOM Oyun Projesi, Okan Üniversitesi’nin Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Ulaştırma Teknolojileri ve Akıllı Otomotiv Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından desteklenmektedir.

## 2. Simülasyon Yazılımları ve Oyun Motorları

Bu bölümde genel olarak 3 boyutlu simülasyon yazılımları ve oyun motorları hakkında kısaca karşılaştırmalı bilgi verilecek ve kullanılan oyun motoru Unity3D tanıtılacaktır. Sürüş ve trafik simülasyon sistemleri/simülatörleri ise bir sonraki bölümde konu edilmiştir.

3B simülasyon yazılımları ile 3B oyun motorlarının temel hedefleri ayrı olsa da kullanıcıya sunulan grafik ürünlerinin gerçek zamanda üretilmesi konusunda birleşirler. Buradaki gerçek zaman tanımlı kullanıcının algılayabileceği zaman dilimleri içinde anlamlı ekran görüntülerinin üretilmesini kapsar. 3 boyutlu nesnelere bilgisayar ve kullanıcı denetimi

uyarınca ekranda gösterilmesi alt düzey programlama (örneğin C dili kullanarak) ile erişilen donanım grafik alt sistemini yöneten kütüphaneler (OpenGL, DirectX) üzerinden yapılır. Grafik kütüphaneleri 3 boyutlu simülasyon/oyun nesnesini doğrudan desteklemekte sadece nokta, çizgi ve çokgen üzerinde çalışmaktadır[1]. Çeşitli firmalar belli alanlara yönelik karmaşık yapı grafik uygulamalarına yönelik ortam ve nesnelere üretilmesi ve denetlenmesini sağlayan simülasyon yazılım paketleri/oyun motorları üretmiştir. Bunları sadece grafik üretimi ile sınırlı kalmayıp çoklu ortam bileşenlerine de (ses, efekt, müzik, video vb.) destek vermesi beklenir.

3B simülasyon sistemlerinin bilgisayar oyunlarının aksine ele aldığı konuya sahici yaklaşması ve daha kesin hesaplamalar yapılması gerekir. Dolayısı ile bu sahiciliği sağlamak için önemli işlem gücüne gereksinim duyulur. Bilgisayar oyunlarının temel amacı ise yaratılmak istenen hayalin içine oyuncuyu çekebilme. Bunu gerçek zamanda sağlamak için gerçekleştirilmede görsel kandırmacaları da kapsayan hileler kullanılır. Gelişim süreci göz önüne alındığında gerek donanımların pahalı olması ve gerekse özel olarak üretilmesi gereken yazılımların çokluğu simülasyon sistemleri etkin örneklerinin daha önce çıkmasına neden olmuştur. Bu ürünlerin talep sayısı az olmasına rağmen gerek duyan firmalar tarafından yüksek bedellerle satın alınması sonucunda konu üzerinde bilgi ve yazılım birikimi sağlamıştır. Kütüphanelerin ve yazılım paketlerinin, üzerinde çalışması gereken donanım sistemi maliyetleri nedeni ile yaygınlaşması başlangıçta mümkün olmamıştır. Bilgisayar oyunlarını talep eden kitlenin büyüklüğü ve ödemeye hazır oldukları bedeller sonuçta hem grafik donanım/bilgisayar maliyetlerini düşürmüştü ve hem de performansı yüksek oyun motorlarını ortaya çıkarmıştır. Günümüzde ise oyun motorların simülasyon sistemlerinin de önemli bir parçası olmaya başladığını gözlemlemekteyiz.

Yapılan araştırma sonucunda oyun motoru olarak Unity3D kullanılmaya karar verilmiştir. Unity3D’nin tercih edilmesinin başlıca sebepleri: betik dili ile programlanabilir olması, kendisinin çeşitli işletim sistemlerinde çalışmasını yanı sıra kendisi ile üretilen oyunların yine çeşitli işletim sistemlerinde çalıştırılır sürümlerinin üretilmesinin kolay olmasıdır. Geliştirme aşamasında yeterli olacak özelliklerde ücretsiz bir öğrenci/deneme sürümüne sahiptir. Temel özellikleri arasında; hızlı uygulama geliştirmeyi destekleyen kolaylıkları, arayüzleri sayesinde değişkenlerin değerlerinin rahatlıkla değiştirilmesi ile ayarlama kolaylığı, web sitesinde yer alan mağaza üzerinden birçok ücretli ve ücretsiz örnek program parçacıkları ve eklentilere, grafik nesnesi ya da 3B model kaynaklarına aynı yerden ulaşma kolaylığı sayılabilir [2]. Ağ desteği ile birden fazla kullanıcının oyunu kullanmasına izin verir. Ücretsiz eklentisi sayesinde hiçbir kurulum işlemi olmadan web tarayıcı üzerinden çalışabilir. Java Script, C# ve Boo gibi üç farklı betik dili ile programlama mümkündür. Geniş bir doküman kütüphanesi mevcuttur. Ayrıca Unity3D kullanan geliştirici sayısı fazla olduğu için bunların ürettikleri çok sayıda dokümanları ve eğitim videolarını internet üzerinden ücretsiz edinmek mümkündür.

## 3. Sürüş ve Trafik Simülasyon Sistemleri

Bir sürüş simülatörün önemli bölümleri 3B grafik yazılımı, konuya yönelik simülasyon, modelleme ve hesaplama

yazılımları ve mekanik teçhizatıdır. Bu bölümde bazı sürüş ve trafik simülasyon sistemleri tanıtılmıştır. Proje konusunu yakın olarak içerdikleri için bu örnekler seçilmiştir. Çoğu kez ürün olarak satılan bir simülasyon yazılım paketi yeni bir tasarımda tümüyle yeterli olmamakta; örneğin araç dinamikleri modelleme ve gerçekleştirme gibi konularda diğer yazılımlar/paketleri kullanarak yeni üretimler yapılması ve bu üretimlerin simülasyon sistemine eklenmesi gerekmektedir. Giriş bölümünde belirtildiği gibi çalışmada sunulan projenin amacı ürün gerçekleştirme maliyetleri ve bu ürünün çalıştırıldığı bilgisayar gereklilikleri konusunda farklılık yaratmaktadır. Proje amacının bu bölümde tanıtılan sistemler üzerinde geliştirilmesinin hem maliyeti yüksek olacaktır ve hem de uygulamanın çalıştırılacağı bilgisayarın istenilen ve lisans maliyetleri ile yaygın kullanımının da sağlanması kolay olmayacaktır.

### 3.1. SUMO

Alman Havacılık ve Uzay Merkezi Ulaşım Sistemleri Enstitüsü çalışanları tarafından, geniş yol ağlarını işlemek için tasarlanmış bir simülasyon paketidir. GPL altında lisanslı ve açık kaynak kodlu bir yazılımdır [3][4].

### 3.2. Carnetsoft

Hollanda'da geliştirilmiş simülasyon sistemidir. Sürücülerin trafikte çıkmadan önce oluşturulan sanal trafik ortamı içerisinde eğitimlerini amaçlar. Masaüstü simülasyon ve kokpit simülasyon türleri vardır [5].

### 3.3. City Car Driving

Rusya'da kullanılan üç boyutlu eğitim simülasyonudur. Amacı kullanıcılara trafik kurallarını benimsetmek ve trafikte sürüş pratiği kazandırmaktır [6].

### 3.4. Traffic Talent

*Traffic Talent* sürüş simülasyonunda kullanıcıya verilen farklı görevlerin tamamlanması istenir. Bu görevler genel olarak verilen hedeflere kaza yapmadan, verilen süre zarfında ve trafik kurallarına uyarak varmak şeklindedir [7].

### 3.5. Ohio State Üniversitesi Sürücü Simülasyonu

Sistem denetimi ve sürücü senaryoları oluşturmada *Realtime Technologies Inc. (RTI)* firmasının *SimCreator* ve *SimVista* yazılım sistemleri kullanılmıştır. Çoklu gövde dinamik yazılımı ile hareket denetimi geliştirilmiştir. Simülasyon; altı eklemlili platform üzerine yerleşmiş bir araç kaportası, denetimleri kapsayan mekanik teçhizat ve 260° görüşlü silindirik bir ekran ile donatılmıştır [8][9].

### 3.6. Yonsei Üniversitesi Simülasyonu

Yonsei üniversitesi tarafından geliştirilmiş otonom araca ait testleri öncelikle bilgisayar ortamında gerçekleştirmek için oluşturulan bir simülasyonudur. GPL lisansı ile OpenCarSimManager kullanan açık kaynaklı bir projedir [10].

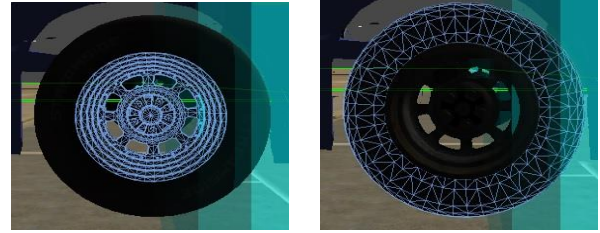
## 4. Oyunun Gerçeklenmesi

Bu bölümde oyunun önemli gerçekleştirme bölümleri olarak 3 temel bölüm ele alınabilir. Araç modeli alt bölümünde; araç katı cisim oluşturma, araç modelinin dinamik ve sensör özellikleri ile bazı önemli parametreler yer alır. Yerleşke modeli alt bölümünde ise; yol ve kavşakların oluşturulması ve sürücüsüz araçların belirlenen güzergah üzerinde gitmesi

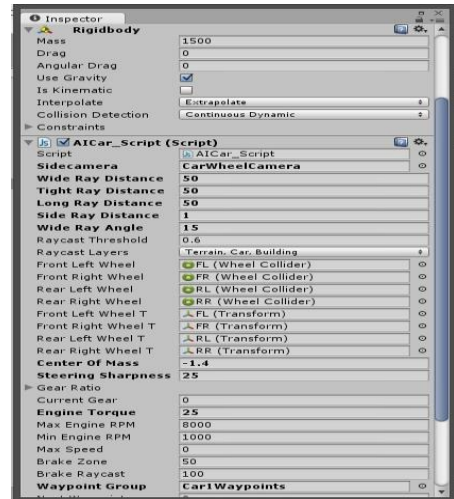
açıklanır. Son olarak kullanıcı arayüzü alt bölümünde, sürücülü araç için kullanıcıya sunulan denetim ve yönlendirme tanıtılır. Senaryolar ise sonraki bölümün konusudur.

### 4.1. Araç modeli

Araç modeli geliştirme aşamasında yapılmış Smart AI Car gibi örnekler incelenmiş, açık kaynak özellikleri olanlardan yararlanılmış ve uygulamanın gerektirdiği yeterlilikte bir araç modeli geliştirilmiştir [11]. Bu araç modeli, kapının oyuncu tarafından açılması gibi bir arabanın tüm mekanik özelliklerinin karşılayan bir model değildir. Unity3D de bir nesne modeli 3 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; katı cisim modeli, dönüşüm modeli, çarpışma modelidir. Bir karmaşık yapıyı oyun nesnesi oluşturmak için parçalardan bütüne doğru bir tasarım aşaması uygulanır. Bu yöntemde, oyun nesnesinin tüm bileşenleri teker teker oluşturulur daha sonra bu bileşenler birbiri ile ilişkilendirilir. Örnek olarak arabanın bir alt bileşeni olarak gerçekleştirilen tekerleklerin yine aynı yöntemle kendisinin oluşturulmasını gösterirsek; bir tekerleğin öncelikle iç bileşenleri yani mekanik kısmı katı cisim olarak gerçekleştirilir, daha sonra dış bileşeni yani lastiğin kaplanması aşaması gerçekleştirilir (Şekil 1). Oluşturulan bu tekerlek için tasarlanan dönüşüm modeli (tekerleğin dönerek yol alması) ile yukarıda tanıtılan katı cisim modeli birleştirilerek bir oyun nesnesi oluşturulmaktadır. Bu nesne diğer bir nesne ile çarpıştığında davranışı programlanarak işlem tamamlanır.



Şekil 1: İç ve dış bileşenler



Şekil 2: Araç modelinin nesne özellikleri

Oyun nesnesi oluşturulduktan sonra nesnenin katı cisim modeli ile özelliklerinin atanması yapılır. Araç nesnesi için katı cisim modelinde fiziksel özellikler, arabanın kütlesi, sürtünme katsayısı, yerçekimi, hızı gibi atamalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 2)

Otonom araçlarda kullanılan sensörlerden biri olan LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) sensörü sayesinde tanımlanmış bölge içinde var olan diğer nesnelere varlığı ve bunların araçtan uzaklığı belirlenir [12][13]. Projede ise bu yöntemin daha az ışın kullanarak benzeri olarak ışın kesme nesnelere (sensörleri) ile bir engel sezme yeteneği oluşturuldu. Projede aracın yanlarında ve önünde olmak üzere ışın kesme sensörleri yaratıldı. Böylelikle sürücüsüz araç belirlenen mesafede olan nesnelere algılayabilmektedir. Sürücüsüz araç geliştirilen senaryolar yardımı ile örneğin önünde bir engel var ise hızını yavaşlatıp manevralar yaparak engeli geçebilir ya da tüm hareket alanını engelliyor ise engel önünden kalkana kadar durabilir.

Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) tarafından oluşturulan Route Network Definition File (RNDP) ve Mission Data File (MDF) benzeri bir yapı kullanılarak hedef ve bu hedefe ulaşılabilmesi için gidilebilecek rota bilgilerinin otonom araca aktarılması sağlandı[14].

#### 4.2. Yerleşke modeli

Sahneye yerleştirilen düzlem proje için tasarlanan yol modeli eklendi. Buradaki en büyük sorun sürücüsüz aracın yolu tanımasını sağlanması ile yol çizgilerini takip edip hareketi boyunca yolun dışına çıkmamasıdır. Kullanılan basit yöntemlerde araç hareketini güzergah üzerine (ayrılan şeridin ortasına) konulan işaret noktalarına (waypoint) göre gerçekleştirir. Yerleştirilen işaret noktaları her ne kadar yolun üzerinde dahi olsa araç virajlardan dönerken aldığı momentle hareketini gerçekleştirirken ya da bir engelle karşılaştığında o engeli geçerken yolun dışına çıkabilir. Genelde, binalar ve diğer görünür engeller yoldan çıkılmaması için kullanılır. Bunların olmadığı durumlarda ise sorunu çözmek için yol kenarlarına sadece sürücüsüz araçlarının etkilendiği görünmez engeller eklendi (Şekil 3). Araç, ışın kesme sensörü sayesinde yol kenarında ki engeli algılayarak yolun dışına çıkmamasını sağlayacak hız denetimlerini dinamik olarak yapar.



Şekil 3: Güzergah işaretleme ve yol kenarı engelleri

#### 4.3. Kullanıcı arayüzü

Kullanıcıya basit bir arayüz sunulmaktadır. Farklı ortamlarda yaygın kullanılması düşünüldüğünden oyun denetimlerinin basit tutulması istenmiştir. Ayrıca mobil ortamlar düşünüldüğünde tek ekranın kullanılması söz konusudur. Bu nedenle ekranın araç göstergeleri ile donatılmasına yerine mümkün olduğunda yol görüntüsüne ayrılması planlanmıştır (Şekil 4). Normal bir sürücünün sadece yola bakması durumu yaratılmıştır. Sürücüye hedeflerin atanması ve sürücünün güzergahta yolunu bulması için basit bir navigasyon olarak kavşak öncesi yön okları çıkmaktadır.

Oyunda kullanılan tuş kombinasyonları; “Q” ve “E” tuşları sürücülü aracın sinyal ışıklarını yakıp söndürme, “Space” tuşu sürücülü araç için el freni, “A” ve “Z” otonom araçların hızının artırılıp azaltılması, “yukarı yön” tuşu sürücülü araç için gaz, “aşağı yön” tuşu ise sürücülü aracın hızının azaltılması ve geri vites, “sağ” ve “sol” yön tuşları aracın yönünü değiştirme, “C” tuşu otonom araçların kameralar arası geçişi ve “Esc” tuşu ise oyunun bitirilmesini sağlayan tuş atamalarıdır. Mobil aygıtlar için tıklanabilir sanal tuşlar oluşturulacaktır.



Şekil 4: Tasarım aşamasında sahnenin genel görünümü

### 5. Senaryolar

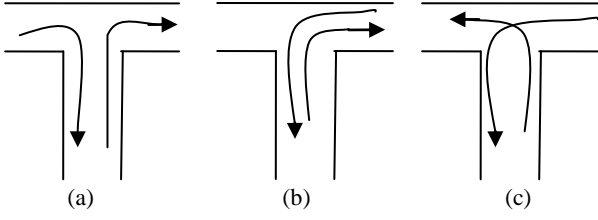
Otonom araç sürme 2 aşamada ele alınabilir. İlki temel sürüşün sağlanması diğeri ise normal olanın dışındaki bir durumda aracın nasıl davranacağını belirlenmesi. Çoğu kez temel bir eylem senaryosu aykırı durumlarının kapsanması ile karmaşık yapıya bürünmektedir [15]. Proje kavşak tabanlı olduğundan bu bölümde örnek bir kavşak senaryosu problemleri tanıtılacaktır. Genel olarak sürüş senaryoları arasında şunlar sayılabilir: trafik engelsiz yol sürüşü, hareketli aracı geçme, duran bir engeli ya da aracı geçme, kavşak geçişleri, trafiği yoğun yola girme/yoldan çıkma, trafik nedeni ile yolda duraksama ve devam etme. Bu senaryolarda örneğin bir kavşakta 2 sürücüsüz aracın geçişlerinin başarılmasının sağlanmasının yanı sıra sürücüsüz aracın araçlardan birinin sürücülü olduğu durumda da kurallarının üretilmesi gerekir. Bu durumda sürücünün kurallara uygun davrandığında hata yapılmamasının ve kurallara uygun davranmadığında ise mümkün olduğunca sürücüsüz aracın kaza olmasını engelleyecek uygun davranışlarda bulunmasının sağlanması söz konusudur.

Kavşaklarda yolun şerit sayısına göre senaryolarda çeşitlendirmeler olacaktır. Kavşak senaryoları bir sonlu durum makinesi olarak modellenir ve gerçekleşir [15].

#### 5.1. T kavşak senaryoları

T kavşak senaryosunun türevleri Şekil 5’de gösterilmektedir. Birinci senaryo adımında (Şekil-5a) iki aracın bir T kavşakta karşılaşarak farklı yönlerde doğru hareketleri söz konusudur. Buradaki hedef araçların sorunsuz şekilde kendi mevcut şeritlerini takip ederek birbirlerini çarpmadan ilgili yönlere yönelmeleridir. Bu senaryoda temel sorun geçiş sırasında araçlar birbirine çarpmamasına rağmen tam köşede geçiş sırasında çok yaklaşmaları nedeni birbirlerini engellemeleridir. Araçlardan biri sürücülü ise sürücü bu durumdan kendini kurtarabilir. Ancak 2 otonom araç birbirini

kilitleyecektir. Senaryoda iki aracın karşılıklı durumunu bilmesi şüphesiz kurtulmayı kolaylaştıracaktır. Ancak senaryo gerçekleştirilmede bu tür bilgilerden kaçınmaya özen göstereceğiz.



Şekil 5: T kavşakta geçiş türleri

Şekil-5b’de gösterilen senaryoda, T kavşakta iki aracın da aynı dönüş noktasını kullanarak diğerinin geldiği yöne doğru hareketinin sağlanmasıdır. Buradaki sorun önceki örnekteki karşılıklı engelleme sorunun tüm geçiş boyunca yer almasıdır. Kavşak geçişlerinde uygun ışın kesme açıları kullanılarak sorunun giderilmesine çalışılır. Şekil-5c’de ise araçların geçiş şeritleri kesişmektedir. Yola önce girenin geçiş üstünlüğünü alarak kaza ve karşılıklı engellenme olmaması sağlanmalıdır.

## 6. Oyunun Genel Yapısı

Gerçeklenen çalışmanın birincil hedefi bir ciddi oyun olarak eğitimi kapsamıdır. Bu amaca ne kadar yaklaşıldığını ölçmek için deney gruplarına aşağıdaki düzende oyun seviyeleri uygulanması planlanmıştır. Oyuncuların farklı başarımlar ölçütlerine ilişkin topladığı puanlar sonraki bir araştırmanın verisini oluşturacaktır. Oyunlarda; oyuncunun oynama süresini arttırma amacına yönelik ilgisinin sürekli kılınması için genelde basitten karmaşık yapılara göre seviye tasarımları yapılır. Seviye içinde oyun mekanikleri ile bir oynama düzeni kurulur. Çalışmamızda ise oyuncunun edinebileceği tecrübenin geliştirilmesi ve bu gelişimin ölçülmesi de hedeflendiğinden oyun mekanikleri buna göre tasarlanmıştır.

Tasarlanan oyun seviyeleri şu şekilde sıralanabilir: Araç denetime alıştırma turları, boş ve bir veya iki sürücüsüz araç bulunan yollarda serbest gezinme, sadece sürücülü araç trafiğinde verilen güzergahları tamamlama, sadece sürücüsüz araç trafiğinde bir sürücüsüz aracı takip ederek verilen güzergahları tamamlama, sadece sürücüsüz araç trafiğinde verilen güzergahları tamamlama, sürücü ve sürücüsüz araç trafiğinde verilen güzergahları tamamlama ve son olarak 3. adımda yapılan sürücülü araç trafiğinde verilen güzergahları tamamlama. 3. Seviye ile son seviye gelişimi karşılaştırma amacı için kullanılır. Burada tanımlanan seviyelerin kendi içinde az kavşaklı, zor kavşaklı gibi önceki bölümlerde anlatılan alt seviyeleri olacaktır. Çok sürücülü ortamlarda diğer sürücülerin çalışmasının aksatılmaması ya da amaç dışı davranışları engellemek için belli sayıda ya da türde hata yapan sürücünün denetimi elinden alınır ve aracı sürücüsüz bir araç olarak başlangıç yerleşkesine gönderilir ve oyuncu bu sürüşü izler ve o seviyeye yeniden başlar.

## 7. Sonuçlar

Bu çalışmada araç ve trafik simülasyonunun bir ciddi oyun olarak uygulanmasındaki aşamalar irdelenmiştir. Bir oyun hedefi belirlenerek ve bu hedef doğrultusunda simülasyon gereksinimleri azaltılarak seçilen bir oyun motoru ile gerçekleştirilmenin ilk aşamaları başarılıdır. Bundan sonraki genişletme olarak sırası ile yayaaların, trafik levhalarının, trafik ışıklarının ve bir trafik yönetim sisteminin sisteme eklenmesi gözetilebilir. Bu genişletmelerinin oyun hedefi üzerinde ve sistem gereksinimlerinin artması nedeni ile oynanma yaygınlığı üzerinde olumlu olumsuz etkileri olacaktır. Ele alınan problemin, bu çalışmadaki sunulan seviyesinde dahi, istenen detayda ve işlev kalitesinde gerçekleştirilmesi önemli güçlükleri barındırmaktadır. Çalışmada simülasyon karşılığı istenilen karşılanmış ve gerçekleştirilmiştir. Simülasyon yönü ile ele aldığımızda özellikle senaryo tabanında çalışmaların genişletilmesi sağlanacaktır. Çalışmanın deney grupları üzerinde denenmesi ve sonuçların irdelenmesi hedeflenmektedir. Diğer bir aşama olarak, çalışmanın bir oyun olarak kabul edilmesini sağlayacak yeteneklerini ve yaygınlığını arttıracak özelliklerle genişletmek hedeflerin arasında vardır.

## 8. Kaynaklar

- [1] Bayarri, S., Fernandez, M., Perez, M. “Virtual reality for driving simulation.” *ACM 39*, 1996, 72-76
- [2] <http://unity3d.com/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [3] Pursula, M. “Simulation of traffic systems-an overview.” *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 1999, 1-8.
- [4] <http://sumo-sim.org/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [5] <http://www.carnetsoft.com/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [6] <http://citycardriving.com/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [7] <http://www.unity3dgames.eu/traffic-talent.html> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [8] <http://drivesim.osu.edu/about/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [9] [http://citr.osu.edu/CrIS/?page\\_id=362](http://citr.osu.edu/CrIS/?page_id=362) (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [10] Lee, S., Cho, J., and Young Ju, D. “Autonomous Vehicle Simulation Project.” *International Journal of Software Engineering and Its Applications Vol.7*, 2013, 393-402
- [11] <http://u3d.as/content/bone-cracker-games/smart-ai-car-2-1/6gu> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [12] <http://www.sick.com/> (Ziyaret tarihi Temmuz 2014)
- [13] Akgün, T., Koç, Z., Güner, Ş., Öztürk, B., Özkan, B., Üstün, Ö., Tuncay, N., Özgüner, Ü., “A Study on Autonomous Vehicle Development Process at Okan University”, *2012 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety*, 2012, 369-374
- [14] DARPA Urban Challenge Route Network Definition File and Mission Data File Formats, 2007, 1-14
- [15] Özgüner, Ü., Acarman, T., Redmill, K., *Autonomous Ground Vehicles*, Artech House, USA, 2011