

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**KENT İÇİ RAYLI SİSTEM ULAŞIMINDA
MAKİNİST EĞİTİMİ İÇİN BİR SİMÜLATÖR
TASARIMI**

Yüksek Lisans Tezi

ŞENOL PEHLİVAN

İSTANBUL, 2013

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

**KENTİÇİ RAYLI SİSTEM ULAŞIMINDA
MAKİNİST EĞİTİMİ İÇİN BİR SİMÜLATÖR
TASARIMI**

Yüksek Lisans Tezi

ŞENOL PEHLİVAN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Kentiçi Raylı Sistem Ulaşımında Makinist Eğitimi İçin Bir Simülator
Tasarımı

Öğrencinin Adı Soyadı: Şenol Pehlivan

Tez Savunma Tarihi: 02.09.2013

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen
Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Doç. Dr. Tunç Bozbura
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu
onaylarım.

Program Koordinatörü
Prof. Dr. Mustafa Ilıcalı
İmza

Jüri Üyeleri

İmza

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

TEŐEKKÜR

Bu tezi yazmamda bana yol gösteren Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a, emeklerini esirgemededen yardım eden çalışma arkadaşlarım Barbaros ERDURAN ve Yavuz VARLI'ya teŐekkürlerimi borç bilirim.

ÖZET

KENTİÇİ RAYLI SİSTEM ULAŞIMINDA MAKİNİST EĞİTİMİ İÇİN BİR SİMÜLATÖR TASARIMI

Şenol Pehlivan

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Eylül 2013, 65 Sayfa

Kent içi ulaşım sistemlerinden en etkin, en verimli olanı demiryolu ulaşımı yani raylı sistemdir. Raylı sistemleri kullanan makinistlerin eğitimi uzun, zahmetli ve yoğun uygulamalar gerektiren bir süreçtir. Bu süreçte verilen eğitim, geleneksel eğitim metotları ile yapıldığında süreç daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle makinist eğitimleri için simülatörlerin kullanıldığı düzeneklerden yararlanılmalıdır.

Bilgisayar ve yazılım teknolojisinin gelişimi ile birlikte araştırma, eğlence, vb. gibi birçok alanlarda simülatör kullanımı yaygınlaşmıştır. Simülatörün makinist eğitimlerinde de kullanılması ile eğitimin kalitesi artmaktadır. Özellikle pratik eğitimleri daha güvenli hale getirmektedir.

Bu çalışmada, makinist eğitimlerinde kullanılmak üzere M1A Aksaray-Havalimanı ve M1B Aksaray-Kirazlı Hafif Metro Hatlarında kullanılan aracın simülatörü tasarlanmıştır. Tasarım, Autodesk 3D'S Max ve Quest3D programları ile yapılmıştır. Yapılan tasarımda makinist eğitiminde aracın üzerinde müdahale edilmesi gereken konuların bir çoğu sanal bir ortamda gerçekleştirilebilmektedir. Makinist yalnızca operatör panelinde değil sahada yani kabin dışında da birtakım denetimler yapmaktadır. Simülasyon sürecinde gerçekleşen çözünürlük değerleri en hareketli durumda dahi saniyede 35'ten aşağı düşmemektedir. Bu da tasarlanan benzer simülatörlere göre tasarlanan simülatörün performansının daha iyi olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Simülatör, Raylı Sistemler, Makinist Eğitimi, Simülatör Tasarımı.

ABSTRACT

A SIMULATOR DESIGN URBAN RAIL SYSTEM FOR MACHINIST TRAINING

Şenol Pehlivan

Urban Systems and Transportation Management

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

September 2013, pages 65

Rail transportation system is the most efficient of the urban transportation systems. Training the machinists in rail systems use a long, laborious process requiring intensive applications. The training process is made more difficult with traditional training methods. Therefore, the embodiments uses simulators for machinist training wherever possible.

With the development of computer and software technology, research, entertainment, and so on. widespread in many areas, such as the use of the simulator. Using the simulators increases the quality of education and training. However, from time to time there might be some health problems make it even more secure, especially practical training.

In this study, a simulator design has been completed for machinist training the M1A Aksaray-Airport and M1B Aksaray-Kirazlı Light Rail Line trains. Design has been made by using the Autodesk 3D'S Max and Quest3D programs. The design machinist education, many of the issues that need to intervene on the vehicle is carried out in a virtual environment. Machinist had not only on the operator panel controls that operate outside the cabin. Even if the motion is in the process of simulation of actual resolution values does not fall down to 35 resolution. This is similar to the simulators are designed according to the intended performance of the simulator is better than the show.

Keywords: Simulator, Rail Transportation Systems, Machinist Training, Simulator Design.

İÇİNDEKİLER

TABLolar	Viii
ŞEKİLLER	ix
KISALTMALAR	xı
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER.....	4
2.1 DÜNYADA KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ	4
2.2 TÜRKİYE'DE KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ	5
2.3 İSTANBUL'DA KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ	9
3. RAYLI SİSTEMLER İÇİN MAKİNİST EĞİTİMİ VE SİMÜLATÖRLER ..	16
3.1 MAKİNİST ADAYI BELİRLEME KRİTERLERİ	17
3.2 SİMÜLATÖRSÜZ MAKİNİST EĞİTİMİ.....	20
3.3 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMİ.....	21
3.4 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMLERİNİN AVANTAJLARI	22
3.5 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMLERİNİN	
DEZAVANTAJLARI	23
3.6 SİMÜLATÖRLERİN GELİŞİMİ VE YAPISI	24
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	33

4.1 UYGULAMALAR	33
4.2 AUTODESK 3D'S MAX	35
4.3 QUEST3D	45
4.4 SİMÜLATÖR KULLANIMI	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKÇA	62
EKLER.....	65

TABLÖLÄR

Tablo 2. 1: Türkiye'deki kent içi raylı sistem durumu	8
Tablo 2. 2: İstanbul'daki mevcut raylı sistemler	14
Tablo 2. 3: İstanbul'da yapımı devam eden hatlar	14

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1: Ankara metrosu haritası	7
Şekil 2. 2: Atlı tramvaylar	9
Şekil 2. 3: Elektrikli tramvay	10
Şekil 2. 4: Tramvayın son seferi	11
Şekil 2. 5: Rayların söküm işlemi	12
Şekil 2. 6: İstanbul raylı sistem haritası	15
Şekil 3. 1: Türkiye'deki şehirler arası raylı sistem durumu.....	16
Şekil 3. 2: RET simülatörü.....	22
Şekil 3. 3: Birinci dünya savaşı'nda kullanılan at simülatörü	25
Şekil 3. 4: Uçak simülatörü.....	25
Şekil 3. 5: Alt düzey simülatör.....	27
Şekil 3. 6: Orta düzey simülatör.....	27
Şekil 3. 7: Yüksek düzey simülatör	28
Şekil 3. 9: İlk 6 DOF'lu Stewart platformu	29
Şekil 3. 10: Serbestlik derecesi	30
Şekil 3. 11: Hareket platformlu simülatörün mimarisi.....	31
Şekil 3. 12: Makinist eğitiminde kullanılan hareket platformlu simülatör	32
Şekil 4. 1: ABB aracı	33
Şekil 4. 2: 3D'S Max programından genel görünümü.....	35
Şekil 4. 3: Standard Primitives menüsü	36
Şekil 4. 4: Edit Poly menüsü	37
Şekil 4. 5: Material Editor menüsü	38
Şekil 4. 6: Bogi.....	39
Şekil 4. 7: Kuplaj	40
Şekil 4. 8: Pantograf.....	41
Şekil 4. 9: Makinist kabini	42
Şekil 4. 10: Yolcu bölümü	42
Şekil 4. 11: İç ve dış kaporta.....	43

Şekil 4. 12: 3D'S Max programında ABB aracı görünümü	44
Şekil 4. 13: Export menüsü	45
Şekil 4. 14: Import menüsü	46
Şekil 4. 15: Quest3D programında ABB aracı görünümü	46
Şekil 4. 16: Quest3D programından genel görünüm.....	47
Şekil 4. 17: Channel Graph arayüzü ve Channels menüsü	48
Şekil 4. 18:Animation arayüzü.....	48
Şekil 4. 19: ChannelSwitch kanalı	49
Şekil 4. 20: Expression Value kanalı – matematik	50
Şekil 4. 21: Expression Value - formül yazma	51
Şekil 4. 22: Expression Value – mantık	52
Şekil 4. 23: UserInput kanalı.....	53
Şekil 4. 24: Trigger kanalı.....	53
Şekil 4. 25: Mp3 Player kanalı.....	54
Şekil 4. 26: Camera kanalı	55
Şekil 4. 27: 3D Text kanalı	55
Şekil 4. 28: ForLoop kanalı.....	56
Şekil 4. 29: If kanalı	56
Şekil 4. 30: IfElse kanalı	57
Şekil 4. 31: Value kanalı	57
Şekil 4. 32: Publish	58

KISALTMALAR

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
CAD	:	Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım
DOF	:	Degrees of Freedom (Serbestlik Derecesi)
EKG	:	Elektrokardiyografi
FBE	:	Fen Bilimleri Enstitüsü
FPS	:	Frame Per Second (Saniyedeki Çerçeve Sayısı)
Hz	:	Hertz (Frekans Birimi)
İETT	:	İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel
İSG	:	İş Sağlığı ve Güvenliği
İUAŞ	:	İstanbul Ulaşım Anonim Şirketi
M1A	:	Aksaray - Havalimanı Hafif Metro Hattı
M1B	:	Aksaray - Kirazlı Hafif Metro Hattı
MYK	:	Mesleki Yeterlilik Kurumu
PI	:	Pi Sayısı
r	:	Yarıçap
RET	:	Rotterdam Toplu Taşıma İşletmeciliği
RGS	:	Railway Group Standards
RSSB	:	Rail Safety and Standards Board
TCDD	:	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları

1. GİRİŞ VE AMAÇ

19. yüzyıla kadar yük ve yolcu taşımacılığı hayvanların yardımı ile sağlanıyordu. Sanayi Devrimine yol açan buhar teknolojisinin doğan yeni ulaşım türü demiryollarında kullanılmıştır. Buhar teknolojisi sayesinde lokomotiflerin hareketi sağlanmaktaydı. Bu harekete yön veren bir başka unsur da makinist idi. Makinistler; lokomotifleri sürer, durdurur, bakımını yapar yani 19. yüzyıldaki bu trenlerin tüm kontrolleri makinistlerin sorumluluğundadır. Bu nedenle bu yüzyılda makinistlerin eğitimi zorlu bir süreçtir ve usta-çırak ilişkisi ile gerçekleşmektedir.

20. yüzyılın başlarında elektriğin yaygınlaşması, teknolojinin gelişmesi trenlere de yansır ve makinistlerin çalışma şartları daha iyileşir. Kent içindeki raylı sistemlerde çalışan makinistlerin treni sürmenin yanı sıra yayalara, lastik tekerlekli araçlara da dikkat etmeleri gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesi, makinistlerin sorumluluğunu azaltmamaktadır fakat çalışma şartlarını daha iyi hale getirerek insan faktöründen dolayı oluşabilecek kaza ihtimallerini en aza indirmektedir. Bu nedenle teknoloji gelişse dahi makinistlerin eğitimleri raylı sistem ulaşımında çok önemli bir yere sahiptir.

Makinist eğitimlerinde makinistin karşılaşılabileceği tüm senaryolar işlenmektedir. Olağan durumlardan bahsedildiği gibi olağandışı durumlar, trende ya da hatta oluşabilecek teknik arızalarda dahi ne yapması gerektiği aktarılmaktadır. Bu olağandışı durumlar tren üzerinde yapıldığından eğitimlerde aksaklıklar oluşabilmektedir. Bu durumda eğitimin kalitesini düşürebilmektedir.

Simülatorsüz makinist eğitimlerinde araç üzerinde yapılması gereken birçok uygulama gece eğitimlerinde yapılmaktadır. Gece eğitimleri, yolculu işletme sonrası ve ertesi gün yolculu işletmeye kadar olan zaman diliminde yapılmaktadır. Bu zaman dilimi çalışılan

raylı sistem hattına göre değişmekle beraber genellikle bu süre 4.5 - 5 saat civarındadır. Bunun yanı sıra hattın bazı bakımlarının gece yolculu işletme sonrası enerjisiz gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı makinist eğitimlerinin gece bölümleri verimsiz geçebilmektedir. Simülatörler eğitimlerin zamandan bağımsız gerçekleşmesini sağlamaktadır ve tasarlanan bu simülatörler sayesinde gece eğitimlerinin süresini azaltılabilir hatta tamamen kaldırılabilir.

Makinist eğitimlerinde, gerçek araç üzerinde yapılması gereken tüm uygulamalarda hattın ve aracın enerjili olmasından dolayı elektrik çarpma tehlikesi bulunmaktadır. Eğitimlerde simülatör kullanılması durumunda bu risk bertaraf edilmektedir ve bu sayede hem eğitimcilerin hem de katılımcı makinist adaylarının hayati tehlikesi ortadan kaldırılarak emniyetli bir eğitim ortamı sağlanabilir.

Simülatörsüz makinist eğitimlerinde yapılan uygulamalarda gerçek arızalar meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra eğitimlerde simülatör kullanılması durumunda gerçek araç kullanılmayacaktır ya da daha az kullanılacaktır. Simülatörsüz makinist eğitimlerinde kullanılan araca, simülatör kullanılması durumunda gerçek araca ihtiyaç duyulmayacağı için daha az kilometre yapacaktır ve aracın ekipmanları daha az yıpranacaktır. Bu durumda aracın bakım maliyetlerinde azalmaya neden olacaktır.

Bu tez çalışmasında, makinist eğitimlerinde simülatör kullanılması durumunda makinist eğitimlerinin nasıl daha kaliteli olabileceği ele alınmıştır. Bölüm 2'de, kent içi raylı sistemlerin dünyada, ülkemizde ve İstanbul'daki gelişimi anlatılmıştır. Bölüm 3'te; makinist seçimindeki kriterler, makinist eğitimleri, simülatörlü ve simülatörsüz makinist eğitimleri arasındaki farklar, simülatörlerin gelişimi ve yapısından bahsedilmiştir. Bölüm 4'te ise, yapılan simülatörün nasıl tasarlandığı anlatılmıştır.

Simülatörlü makinist eğitiminin elzem bir ihtiyaç olduğu görülmüş olup bu çalışmada bir simülatör tasarımının ilk teşebbüsü olarak bu yüksek lisans tezi olarak yapılması öngörülmüştür. Yapılan bu tasarım, gelişmelere ve güncellemelere açıktır ve ilerleyen zamanlarda tüm raylı sistem araçlarına da yapılmasının ilk adımını teşkil etmektedir.

2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER

2.1 DÜNYADA KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

Dünyada sanayi devriminin başlaması ile birlikte köylerden kentlere başlayan yoğun göçle kentler büyümeye ve kentlerde yaşayan insanların ulaşımını bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Sanayi devriminin yol açtığı bu sorunu buhar makinesinin bulunması ile gene sanayi devrimi çözecekti. Buhar gücü ile çalıştırılan ilk lokomotif 1804 yılında Richard Trevithick adındaki İngiliz mucit tarafından yapılmıştır. Sürekli değişime uğrayan lokomotif, 1829 tarihinde George Stephenson'un "Fusee" isimli lokomotifi üzerinde 12924 kilogramlık yük ile saatte 24 km hızla giderek Rainhill yarışmasında zamanının en modern lokomotifi unvanını kazanmıştır (Larousse, 1986).

Demiryollarının asıl çıkış noktası taşımacılıktır. Üretilmek için getirilmesi gereken hammaddeler, getirilen hammaddelerin fabrikalarda işlenmesi ve üretilen ürünün pazara götürülecek olması nedeni ile taşımacılıkta demiryolları kullanımını artmaya başlar.

Raylı sistemin kent içindeki ilk örneği 1832 yılında ABD'nin New York şehrinde atlı tramvaylarla başlar ve ancak 22 yıl sonra 1854 tarihinde Paris'e ayak basar. Paris şehri Avrupa'daki ilk atlı tramvayın kullanıldığı şehirdir. Kentlerin büyümesi ile hayvanlar yardımı ile yapılan toplu taşıma yerini 1873 yılında San Francisco'da buhar gücü ile çalışan raylı sistemlere devretmeye başlar. Elektriğin de yaygınlaşması ile kent içi raylı sistemlerde buhar gücü yerini elektriğe bırakır. İlk elektrikli tramvay 1886 tarihinde saatte maksimum 9,7 kilometrelik hızla ABD'de Montgomery şehrinde devreye alınmıştır (Aslan, 2005).

Demiryollarının yapımı hızla artarken bir yandan da gelişmeye devam eder. Yer üstünde kullanılan tramvaylardan sonra yer altındaki ilk demiryolu örneği; Londra'da 1843 tarihinde yayaların kullandığı Thames Tünel'ine raylar döşenmeye başlanır ve 1870 tarihinde yer altındaki ilk metro işletmeye açılır. İlk elektrikli metro ise 1890 yılında gene Londra şehrinde işletmeye açılır.

2.2 TÜRKİYE'DE KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

Ülkemizde demiryollarının ilk yapımı Osmanlı Devleti döneminde başlar. Devlet bütünlüğü korumak, ekonomik kalkınmaya katkı sağlamak, isyanlara zamanında müdahale gibi avantajlardan dolayı buhar gücü ile çalışan lokomotifli trenler öncelikle şehirlerarasında kullanılmaya başlanır. İlk demiryolunun yapımına İzmir - Aydın arasında 1856 yılında İngiliz şirketine verilen imtiyaz ile başlanır ve hat 1866 tarihinde işletmeye açılır. 1856 yılında Osmanlı Devleti döneminde başlayan bu ilerleme 1922 yılına kadar toplam 8619 kilometre demiryolu ile sonlanmıştır. Osmanlı Devleti'nin çökmesi ve cumhuriyetin ilanı ile beraber 8619 kilometrenin yaklaşık olarak 4000 kilometresi milli sınırlar içinde kalmıştır. Yabancı şirketlerin yapıp işlettiği bu hatlar Cumhuriyet döneminde millileştirilir. Cumhuriyetin ilk yıllarında demiryolu, milli savunmanın ve ülke bütünlüğünü korumanın en gerekli aracını demiryolu olarak görüyorlardı ve bu politika sayesinde 1927 - 1937 tarihleri arasında işletme uzunluğunda yüzde 191, tren sayısında yüzde 304, yolcu sayısında yüzde 203, yolcu gelirinde yüzde 155 oranında artış olmuştur (Leyla, 2003).

Türkiye'de kent içindeki raylı sistemlerin öncü şehri İstanbul olmuştur. İstanbul'da başlayan atlı tramvaylar daha sonra Osmanlı Devleti'nin diğer büyük şehirlerinden olan Selanik, Şam, Bağdat, İzmir ve Konya'da da hizmete alınır. Atlı tramvaylardan sonra İstanbul'da 1873 tarihine kadar Avrupa Yakası'nda Sirkeci - Halkalı, Anadolu Yakası'nda ise Haydarpaşa - Gebze istasyonları arasında toplam 72 kilometrelik banliyö hatları hizmete alınır. İstanbul'da tramvayların kaldırıldığı 1966 tarihine kadar 150

kilometrelik raylı sistem hattı bulunuyordu. 1989 tarihinde tekrar başlayan raylı sistem atılımı ile günümüzdeki toplam hat uzunluğu 125 kilometreye ulaşır.

Anadolu'daki ilk kent içi elektrikli tramvay hareketi 1989 tarihinde Konya'da başlar ve 24 kilometrelik raylı sistem hattı devreye alınır (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2013).

Adana'daki 14 kilometrelik güzergaha sahip hafif metro 2010 yılının Mayıs ayında açılır ve 9.3 kilometrelik ilave hat yapılması planlan hat ile toplam raylı sistem uzunluğunun 21.3 kilometre olması planlanmaktadır (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2013).

Gaziantep'te 2009 tarihinde açılan 9 kilometrelik tramvay hattına 6 kilometre daha ilave edilir. Ayrıca mevcut hatta 2013 yılı sonlarında 12 kilometrelik tramvay hattı daha eklenerek hizmet vermeye başlayacaktır (Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2013).

Bursa ilimizde "Burulaş" adı altında raylı sistem işletmeciliği yapan firmanın aşamalı olarak inşası tamamlayıp açtığı 31 kilometre uzunluğunda raylı sistemi bulunmaktadır ve ilaveten 8 kilometrelik hattın inşası devam etmektedir. Ayrıca nostalji amaçlı 2.2 kilometrelik tramvay ile hizmet vermektedirler (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2013).

Eskişehir'de bulunan "EsTram" 2004 yılının sonlarında 15 kilometre uzunluğunda hizmete açılır ve bu hattın uzatılması gündemdedir (EsTram, 2013).

İlk yolcu taşımacılığını 2000 yılında yapmaya başlayan İzmir Metrosunun toplam uzunluğu 15.5 kilometre uzunluğundadır. Bu metro sistemine ilave olarak 3.5 kilometre uzatılma işlemleri yapılmaktadır. Buca, Karşıyaka ve Konak bölgelerine de toplam 35 kilometrelik tramvay yapılması gündemdedir (İzmir Metrosu, 2013). Ayrıca İzmir

Antalya'da 2010 tarihinde açılan "AntRay" raylı sistemi 11 kilometre uzunluğundadır ve şehrin 5 kilometre uzunluğunda nostalji amaçlı tramvayı bulunmaktadır (Antalya Ulaşım A.Ş., 2013).

Samsun ilimizde 10 Ekim 2010 tarihinde yolcu taşımaya başlayan tramvay hattı 16 kilometre uzunluğundadır (Samulaş A.Ş., 2013).

Kayseri şehrindeki tramvay 18 kilometre uzunluğunda olup 1 Ağustos 2009 tarihinde açılmıştır ve bu hatta 16.5 kilometrelik tramvay hattı ekleme çalışmaları devam etmektedir (Kayseri Ulaşım A.Ş., 2013).

Tablo 2. 1: Türkiye'deki kent içi raylı sistem durumu

SAYI	İL ADI	MEVCUT KM	YAPIMI DEVAM EDEN KM
1	İSTANBUL	125	98
2	BURSA	33.2	8
3	İZMİR	95.5	38.5
4	ESKİŞEHİR	15	
5	ANKARA	60.5	42
6	KONYA	24	
7	ANTALYA	16	
8	ADANA	14	9.3
9	SAMSUN	16	
10	KAYSERİ	18	16.5
11	GAZİANTEP	15	12
TOPLAM		432.2	224.3

Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş., Samulaş A.Ş., Kayseri Ulaşım A.Ş., Antalya Ulaşım A.Ş., İzmir Metrosu, İZBAN, Bursa Büyükşehir Belediyesi, EsTram, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, Adana Büyükşehir Belediyesi, Konya Büyükşehir Belediyesi, EGO.

Ülkemizde hali hazırda 11 ilimizde kent içi raylı sistem olduğu, illerimizin kaç kilometrelik raylı sisteme sahip oldukları ve inşası devam eden raylı sistem uzunlukları tablo 2.1'de gösterilmiştir. Bu tablodaki veriler 2013 yılının ortaları itibariyle güncellenmiş rakamları yansıtmaktadır.

2.3 İSTANBUL'DA KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

İstanbul'daki kent içi raylı sistemlerin 1869 yılında Dersaadet Tramvay Şirketi'nin kurulması ile başlar ve şirketin kurulmasından sonra ilk yolcu taşımacılığı 31 Temmuz 1871 tarihinde Şekil 2.2'de görüldüğü gibi atlı tramvaylar ile Azapkapı – Beşiktaş arasında yapılır.

Şekil 2. 2: Atlı tramvaylar



Kaynak: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=22887&start=20>

Atlı tramvayların yanı sıra İstanbul'un bir diğere raylı sistem aracı da Tünel'dir. Buhar gücü ile çalışan ve Dünya'nın ikinci metrosu olma özelliğini taşıyan Tünel, 18 Ocak 1875 tarihinde işletmeye açılır.

Anadolu Yakası'nda 1873 yılına kadar aşamalı olarak yapımı tamamlanan 44,2 kilometrelik Haydarpaşa - Gebze banliyö hattı hizmet vermeye başlar. Avrupa Yakası'nda ise 1872 tarihinde 27,6 kilometrelik Sirkeci - Halkalı banliyö hattı açılır.

1912 ve 1913 yıllarında gerçekleşen Balkan Savaşları için İstanbul'da kent içi ulaşımı sağlayan atlar savaşa götürülür ve bir süre İstanbul'un kent içi ulaşımı aksamaya uğramıştır. 1913 yılında Silahtarağa'da ilk elektrik fabrikasının kurulumu ile İstanbul kent içi ulaşımında ilk defa Şekil 2.3'de görüldüğü gibi 20 Şubat 1914 tarihinde Karaköy-Ortaköy arasında elektrikli tramvaylar hizmet vermeye başlar.

Şekil 2. 3: Elektrikli tramvay



Kaynak: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=22887&start=20>

1950'li yıllarda İstanbul'da kent içi raylı sistem uzunluğu 150 kilometreyi bulur. Daha sonra bu 150 kilometre boyunca seferlerine devam eden hatlar, törenlerle Şekil 2.4'te görüldüğü gibi Avrupa Yakası'nda 1961 yılında, Anadolu Yakası'nda ise 1966 yılında son seferlerini yaparlar.

Şekil 2. 4: Tramvayın son seferi



Kaynak: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=22887&start=20>

Seferler bittikten sonra İstanbul içerisinde bulunan raylar Şekil 2.5'teki gibi sökülür ve raylı sistem adına yalnızca Karaköy - Pera arasında hizmet veren Tünel işletmeye açık kalır.

Şekil 2. 5: Rayların söküm işlemi



Kaynak: <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=22887&start=20>

1960'lı yıllarda İstanbul'da tamamen kaldırılan tramvayların ardından 1980'li yıllara gelindiğinde artık karayolu ve denizyolu taşımacılığının şehir içindeki ulaşımaya çare olmadığı görülür ve raylı sisteme dönüş başlar. Bu konudaki ilk hamle 3 Eylül 1989 tarihinde yapılır ve Emniyet (Fatih) - Kocatepe istasyonları arasında ilk raylı sistem hizmet vermeye başlar. 2000 yılına gelindiğinde bu hat Aksaray - Havalimanı istasyonları arasında İstanbul halkına hizmet eder.

29 Aralık 1990 tarihinde nostalji amaçlı Taksim - Tünel arası tramvay hattı açılır. 13 Haziran 1992 tarihinde Aksaray - Beyazıt arasında tekrar tramvay seferleri yapılmaya

başlanır. 11 Nisan 1993 tarihinde İstanbul'un ilk teleferik hattı Maçka - Taşkılla arasında hizmet vermeye başlar. 16 Eylül 2000 tarihinde Taksim - 4. Levent istasyonları arasında İstanbul Metrosu devreye alınır. 01 Kasım 2003 tarihinde ise şehrin ikinci nostalji tramvayı Kadıköy - Moda arası devreye alınır. 30 Kasım 2005 tarihinde Eyüp - Piyerloti istasyonları arasında İstanbul'un ikinci teleferik hattı açılır.

1875 tarihinde açılan Tünel'den sonra tam 121 yıl sonra ikinci füniküler hattı 29 Haziran 2006 tarihinde Taksim metro istasyonu ile Kabataş tramvay istasyonu arasında entegrasyonunu sağlamak maksadı ile İstanbul halkına hizmet vermeye başlar. Edirnekapı - Mescidi Selam istasyonları arasında 12 Eylül 2007 tarihinde tramvay hizmete alınır.

Anadolu Yakası'nın ilk metrosu 17 Ağustos 2012 tarihinde Kadıköy - Kartal arasında açılır. 14 Haziran 2013 tarihinde ise Kirazlı - Başakşehir - Olimpiyatköy metro hattı hizmet vermeye başlar ve bu tarih itibarı ile İstanbul'da İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin işlettiği raylı sistem hat uzunluğu 120 kilometredir. Şekil 2.6'da işletilen 120 kilometrelik raylı sistem hatlarının İstanbul şehri içerisindeki dağılımı gösterilmektedir. TCDD'nin Marmaray çalışmaları kapsamında rehabilite edilen Haydarpaşa - Gebze ve Sirkeci - Halkalı hatlarının toplam uzunluğu 72 kilometredir.

Tablo 2.2'de, İstanbul'daki halihazırda işletilen raylı sistem hatları ve uzunlukları kilometre cinsinden yer almaktadır. Ayrıca raylı sistem hatlarının hangi firma tarafından işletildiği bilgisi de yer almaktadır. Tablo 2.3'de de, inşası devam eden raylı sistem hatları ve uzunlukları bilgisi verilmektedir. Bu tablolardaki veriler 2013 yılının ortaları itibarıyla güncellenmiş rakamları yansıtmaktadır (İstanbul Ulaşım A.Ş., 2013).

Tablo 2. 2: İstanbul'daki mevcut raylı sistemler

SAYI	KOD	HAT	UZUNLUK KM	İŞLETEN FİRMA
1	M1A M1B	AKSARAY-HAVALİMANI AKSARAY-KİRAZLI	30	İUAŞ
2	M2	ŞİŞHANE-HACIOSMAN	16.5	İUAŞ
3	M3	KİRAZLI-BAŞAKŞEHİR OLİMPİYATKÖY	16	İUAŞ
4	M4	KADIKÖY-KARTAL	21,7	İUAŞ
5	T1	BAĞCILAR-KABATAŞ	19	İUAŞ
6	T3	KADIKÖY-MODA	2.6	İUAŞ
7	T4	HABİPLER-TOPKAPI	15.3	İUAŞ
8	F1	TAKSİM-KABATAŞ	0.6	İUAŞ
9	TE1	MAÇKA-TAŞKIŞLA	0.35	İUAŞ
10	TE2	EYÜP-PIYERLOTİ	0.4	İUAŞ
11		TAKSİM-TÜNEL	1.9	İETT
12		TÜNEL	0.6	İETT
TOPLAM			125	

Kaynak: www.istanbul-ulasim.com.tr, www.iETT.gov.tr

Tablo 2. 3: İstanbul'da yapımı devam eden hatlar

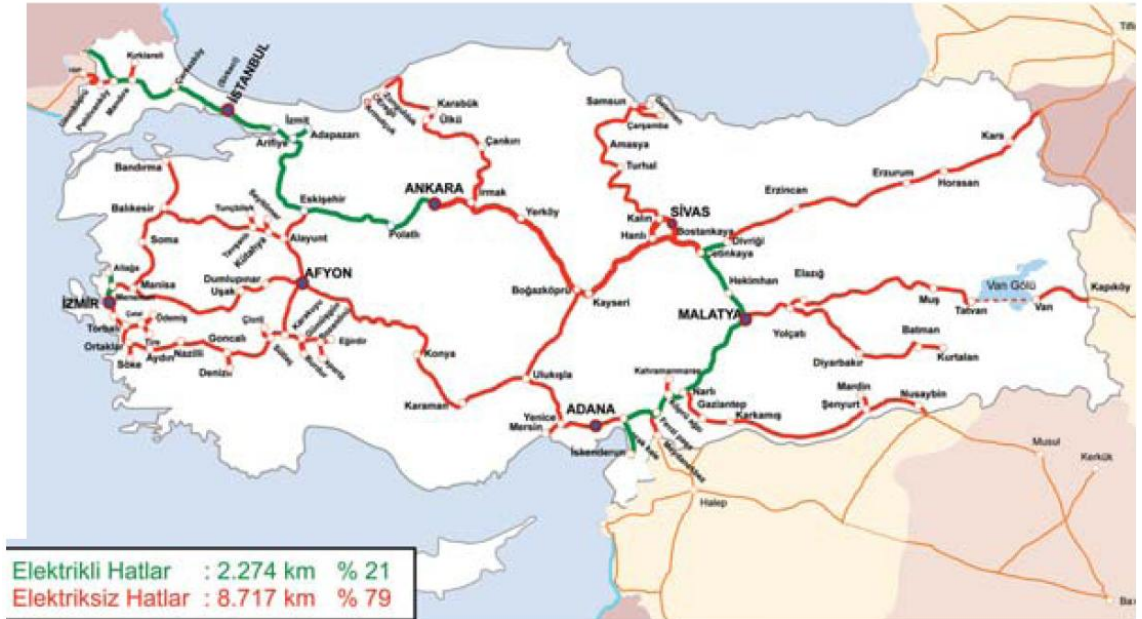
SAYI	KOD	HAT	UZUNLUK KM	İŞLETECEK FİRMA
1	M1	AKSARAY-YENİKAPI	0.8	İUAŞ
2	M2	ŞİŞHANE-YENİKAPI	4.7	İUAŞ
3	M5	ÜSKÜDAR-ÇEKMEKÖY	17	İUAŞ
4	M6	LEVENT-HİSARÜSTÜ	3.5	İUAŞ
5		MARMARAY	72	TCDD
TOPLAM			98	

Kaynak: www.istanbul-ulasim.com.tr, www.tcdd.gov.tr

3. RAYLI SİSTEMLER İÇİN MAKİNİST EĞİTİMİ VE SİMÜLATÖRLER

Lokomotiflerin ilk enerji temini buhar gücü ile sağlanır ve buhar gücü ile çalışan lokomotiflerde makinistin uzun süreli seyahati, araçları sürmenin yanı sıra bakım yapma gerekliliğinden dolayı makinist eğitimleri uzun, plansız ve usta-çırak ilişkisine göre yürütülmekte idi. Bu gibi olumsuz durumların yanı sıra çalışma ortamının kirli, tozlu olması sebebi ile makinistler güç şartlarda çalışmakta idi. Elektrikğin keşfi ve yaygınlaşması lokomotiflere de olumlu yansımıştır. Elektrikli ve dizel lokomotiflerin kullanılmaya başlanması ile birlikte lokomotifler daha dar fakat temiz ve rahat çalışma ortamı ortaya çıkmıştır. Günümüzde ülkemizde buhar gücü ile çalışan lokomotif kalmamıştır, ulaştırma hizmeti Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi dizel ve elektrikli lokomotiflerle sağlanmaktadır. Bu araçların farklılığından dolayı makinist eğitimlerinin sürenin uzaması, maliyetinin artması, vb. olumsuz yönde etkilenmektedir.

Şekil 3. 1: Türkiye'deki şehirler arası raylı sistem durumu



Kaynak: www.tcdd.gov.tr

Makinist olarak görev yapması belirlenen bir kişinin kesinlikle eğitim alması ve eğitimden başarı ile ayrılması gerekmektedir. Bu eğitimin niteliği, süresi gibi değişkenler eğitimi verecek kişi yada kuruma göre değişebilmektedir. Bu farklılıkların yanı sıra eğitimden başarı ile ayrılmış bir makinistin; verimliliğinde oluşabilecek düşüşler, çalışırken oluşabilecek teknik aksaklıkların ender gerçekleşmesinden dolayı makinistin belirli periyotlarla sürekli eğitim almasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Makinist eğitimlerinde günlük normal işletim eğitimleri verildiği gibi acil veya teknik bir sorunla karşı karşıya kalındığında yapılması gerekenler de anlatılmaktadır. Oluşabilecek en kötü senaryo da dahi stres altında bozulmaya maruz olduğu bilinen bilişsel becerilerini doğru kullanabilmelidir.

3.1 MAKİNİST ADAYI BELİRLEME KRİTERLERİ

İngiltere'de demiryollarının var olmasından 1850 yılına kadar makinistlerde aranan kriterler; okuma-yazma yeteneği, okuduğunu anlama ve hatırlamaları idi (RSSB, 2005)

İngiltere'de 2002 yılının Ekim ayında hazırlanan Railway Group Standard'ında yer alan makinist olacak kişilerin yaşının en az 21, en fazla 40 olarak belirlenmiştir. Yaş kriterini sağlayan makinist adayının sağlık şartlarını da sağlaması gerekmektedir. Bu şartlar;

- a. Renk körlüğü,
- b. Göz ve/veya görme kaybı,
- c. İşitme kaybı,
- d. Denge ve/veya koordinasyon bozukluğu,
- e. Kalıcı psikolojik rahatsızlık,

- f. Beden kitle endeksinin¹ en fazla 33 olması,
- g. EKG² sonuçları.

Sağlık şartlarının sağlanmasının ardından psikoteknik³ yeterliliği de ölçülmektedir. Tüm bu aşamalardan geçen makinist adayı eğitime tabi tutulmaktadır. Bu eğitim üç ana başlıkta toplanmaktadır:

- a. Teknik Bilgi,
- b. Kabin İçi Eğitim,
- c. Pratik Eğitim.

Eğitimlerden başarı ile ayrılan makinistler, iki yılda bir tekrar eğitimlerine girerek almış oldukları sertifikaları güncellemek zorundadırlar (RGS, 2002).

TCDD'nin hazırladığı Mesleki Yeterlilik Kurumu'nun onayladığı Tren Makinisti mesleğinin standartlarına göre bir makinist adayının makinistlik eğitimi alabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir:

- a. En az ortaöğretim kurumlarının elektrik, elektronik, motor veya makine bölümlerinden mezun olmak,
- b. 20 yaşını tamamlamış olmak,
- c. Psikoteknik yeterliliğine sahip olmak,
- d. Sağlık Bakanlığının İkyardım Yönetmeliği'ne göre "İlkyardımcı Sertifika"sına sahip olmak,
- e. Sağlık koşullarını sağlamak,

¹ Beden Kitle Endeksi; beden ağırlığı ve boy ölçülerinin belirli bir matematiksel hesabı ile ortaya çıkan bir orandır. Çıkan değere göre zayıf, normal, fazla kilolu, obez 1. sınıf, obez 2. sınıf, obez 3. sınıf şeklinde sınıflandırma yapılmaktadır.

² EKG (Elektrokardiyografi); kalbin elektriksel aktivitesi anlamına gelmektedir.

³ Psikoteknik; makinistin zihinsel özelliklerinin, psikomotor yetenek ve becerilerinin, tutum-davranış, alışkanlık ve kişisel özelliklerinin ölçülmesi ve makinistlik açısından uygunluğu-yeterliliği hakkında bir sonuca varılmasıdır.

- i. Düzeltilemeyecek bir göz kaybı,
- ii. Renk körlüğü,
- iii. Düzeltilemeyecek bir işitme kaybı,
- iv. İç organlarda orta ve/veya yüksek kayıplar,
- v. Eklemler sağlam olmalı,
- vi. Kişilik bozukluğu/Dürtü kontrol bozukluğu, antisosyal davranış,

Tüm bu şartları sağlayan makinist adayları makinistlik eğitimine dahil olabilirler. 540 saat teorik, 420 saatlik pratik eğitim alan makinist adayının eğitim sonunda şu yeterlilikleri edinmesi gerekmektedir:

- a. Temel ve Mesleki İSG
- b. Etkili İletişim
- c. Stres ve Kriz Yönetimi
- d. Çevre ve Yangın Güvenliği,
- e. Mesleki Terimler,
- f. Elektrifikasyon Sistemleri,
- g. Sinyalizasyon Sistemleri,
- h. Yol Alt ve Üst Yapısı,
- i. Treni Sefere Hazırlama,
- j. Makinist Kabini ve Fonksiyonları,
- k. Tren Kullanma,
- l. Tren İşletmeciliği,
- m. Olağandışı Durumlarda Yapılacak İşlemler (MYK, 2011)

İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin 2009 yılında hazırlamış olduğu "Makinist Seçme, Değerlendirme, Eğitim, Sertifikalandırılması ve Denetlenmesi Yönetmeliği" uyarınca makinist adayının en az 20 yaşından gün almış, en fazla ise 35 yaşından gün almamış ve en az ortaöğretim kurumlarının elektrik, elektronik, motor veya makine bölümlerinden birinden mezun olma şartı aranmaktadır. Sağlık ve psikoteknik testlerinden de başarı ile ayrılan makinist adayı makinist eğitimine dahil olmaya hak kazanır.

- a. En az 165 cm. boy olmalıdır,
- b. Beden Kitle Endeksi'nin en az 17, en fazla 29 olmalıdır,
- c. Kalıcı işitme problemi olmamalıdır,
- d. Renk körlüğü olmamalıdır,
- e. Düzeltilemeyecek göz kaybı olmamalıdır,
- f. Kalıcı iç hastalığı olmamalıdır,
- g. İşini aksatacak ortopedik bir rahatsızlığı olmamalıdır,
- h. Psikolojik ve/veya sinirsel rahatsızlığı olmamalıdır.

3.2 SİMÜLATÖRSÜZ MAKİNİST EĞİTİMİ

İstanbul Ulaşım A.Ş.'de halihazırda uygulanmakta olan simülatorsüz makinist eğitimi yaklaşık olarak 10 hafta sürmektedir. Eğitime katılan makinist aday sayısı, pratik eğitime katılan araç sayılarına göre bu süre artıp azalabilmektedir. Eğitime katılan makinist adaylarına öncelikle genel demiryolu bilgisi ve demiryolu terimlerinin anlatıldığı 1 gün süren bir ders verilmektedir. Tüm makinist adaylarının alması gereken bu dersin ardından genel eğitimlerden olan "İlkyardım Eğitimi (2 Gün)" ve "Sistem Emniyet ve İSG Eğitimleri (2 Gün)" de makinist adaylarına verilmektedir. Bu genel eğitimlerinin de tamamlaması ile makinist adayının çalışacağı hatta özel teknik eğitimleri alması gerekmektedir. Bu teknik eğitimler;

- a. Elektrik (Güç Temini) (1 Gün),
- b. Elektronik (Sinyal) (1 Gün),
- c. Hat (1 Gün),
- d. Araç Elektrik Bilgisi (2,5 Gün),
- e. Araç Mekanik Bilgisi (2,5 Gün).

Bu eğitimlerden sonra yazılı sınav yapılmaktadır ve en az 100 üzerinden 70 alan makinist aday başarılı olmaktadır. Bu sınavlardan başarı ile ayrılan makinist aday, trenin işletimine dayalı; aşağıda belirtilen eğitimleri almaktadır.

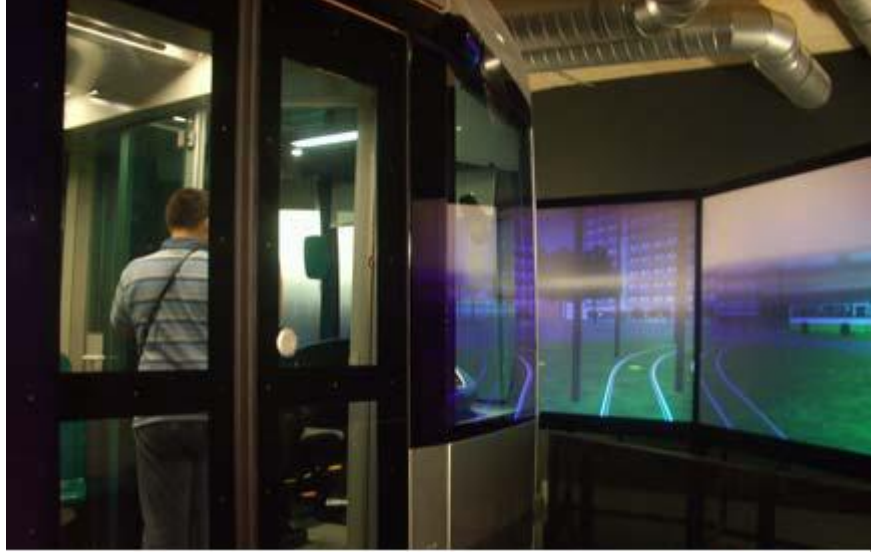
- a. Araç Tanıtımı (5 Gün),
- b. Sürüş Alıştırmaları (5 Gün),
- c. Arıza Bulma – Giderme Eğitimi (5 Gün),
- d. Arızalı Sürüş Eğitimi (15 Gün) (Gece)

Yukarıda yazılan eğitimlerin alınmasının ardından “İşletme Sınavı” adında yazılı sınav yapılmaktadır. Yapılan tüm sınavlardan 100 üzerinden 70’in altında not alan makinist adayına bir kereliğine telafi hakkı tanınmaktadır ve yapılan bu telafi sınavından kalan makinist adayı eğitim sürecini tamamlayamadan iş akdine son verilir. Tüm yazılı sınavlardan başarılı olan makinist adayı eğitim sürecinin sonunda oluşturulan sınav komisyonu tarafından uygulamalı sınava alınır ve bu uygulama sınavında da başarı oranı yüzde 70’dir. Uygulama sınavından başarılı olan makinist adayı makinist olmaya hak kazanmıştır ve 2 haftalık stajının ardından mesul makinist olarak çalışmaya başlar.

3.3 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMİ

1999 yılından itibaren makinist eğitimlerinde simülatör kullanmaya başlayan RET (Rotterdam Toplu Taşıma İşletmeciliği, Hollanda); 21 gün simülatör destekli teorik eğitim, 24 gün araç üzerinde pratik ve staj eğitimleri ile beraber toplam 45 iş günü temel makinist eğitimi vermektedirler. RET’in makinist eğitimlerinde kullandığı simülatör Şekil 3.2’deki gibidir.

Şekil 3. 2: RET simülatörü



Almanya Hükümeti'nin 2000'li yıllarda aldığı karara göre; kamyon, tır, otobüs, tramvay gibi nakliye ve yolcu taşımacılığı yapan araç sürücüleri için simülatör eğitimi alma zorunluluğu getirilmiş ve bu eğitimin 5 yılda bir tekrarlanma şartı bulunmaktadır.

3.4 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMLERİNİN AVANTAJLARI

- a. Eğitimin kalitesini artırmak,
- b. Bilgiyi kolay algılama ortamı sağlamak,
- c. Dinamik ve interaktif bir eğitim ortamı sağlamak,
- d. Eğitim süresini kısaltmak,
- e. Her an kullanılabilir olması,
- f. Enerji tüketimini azaltmak,
- g. Geçmiş eğitimlerdeki uygulama örnekleri görme imkanına sahip olmak,
- h. İlk defa araç kullanma durumundaki riskleri bertaraf etmek,
- i. Reel şartlarda yapılması güç risk durumlarını simule edebilmek (Pieter, tarih yok),

- j. Simülâtör kullanımı sonrasında kullanıcının raporunun objektif olmasını sağlamak,
- k. Ekonomik sürüşü sağlamak,
- l. Maliyetlerin azalmasını sağlamak,
- m. Anlaşılamayan konu üzerinde tekrar yapma imkanı olmak,
- n. Emniyetli bir eğitim ortamını sağlamak,
- o. Kullanıcının yapacağı hataları doğru ve eksiksiz tespit etmek,
- p. Gerçek araçlarda gerçekleştirilecek eğitimlerde oluşabilecek gerçek arızaları azaltmak,
- q. Gerçek araçlardaki ekipmanlardaki yıpranma payını azaltmak,
- r. Oluşturulabilecek senaryo sayısı ve çeşidinin sınırsız olması,
- s. Öğrenme sürecinin daha iyi izlenmesi,
- t. Zorluk, kolaylık derecesi isteğe bağlı ayarlanabilir.
- u. 7/24 çalıştırılabilir olması,

3.5 SİMÜLATÖRLÜ MAKİNİST EĞİTİMLERİNİN DEZAVANTAJLARI

- a. İlk maliyetinin fazla olması,
- b. Güncelleme ihtiyacının olması,
- c. Simülâtörü yapmak ve yaptıktan sonraki bakım veya güncelleme ihtiyaçları için uzman personele ihtiyaç duymak,
- d. Simülâtör ve yan ekipmanlarının bulunduğu ortamın sıcaklık değerinin sabit olması,
- e. Hareketli platformlarının pahalı olması,
- f. Kullanıcılarda sağlık problemlerinin yaşanmasına neden olabilir:
 - Bulanık görme,
 - Soğuk terleme,
 - Uyku hali,
 - Solukluk,
 - Mide bulantısı,

- Konsantrasyon güçlüğü,
 - Göz yorgunluğu,
 - Kusma,
-
- Simulatörlerin sağlık problemlerine yol açtığı iddiası ile yapılan bir araştırmada katılımcıların yüzde 91,7'sinde sağlık problemi yaşanmamıştır. Yüzde 2,8'inde kusma hissi geldiği rapor edilmiştir (Allen, 2003).
 - Yapılan araştırmalarda bu tarz rahatsızlıkların bayanlarda daha sık olduğu gözlemlenmiştir (Rinalducci, 2002).
 - Bu sağlık değişimlerini etkileyen faktörler arasında yaş, cinsiyet, kalıcı hastalık, ırk, vb. gibi etkenler de yer almaktadır (Viola, 2000)

Bu sağlık problemlerinin yaşanması; görüş alanının ayarlanması, görüntü yenileme süresinin düşürülmesi, parlaklığın ayarlanması, ekrandaki titremenin engellenmesi, görsel ve hareket platformları arasındaki senkronizasyonunun ayarlanması ile araştırmalar bu konuda düşüş olduğunu göstermektedir (Johansson-Nordin, 2002)

3.6 SİMÜLATÖRLERİN GELİŞİMİ VE YAPISI

Simulatörler, gerçek yada gerçeğe yakın simüle edilmiş bir ortamda öğrenmesi istenen davranışları kullanıcıya öğretmeyi amaçlayan mekatronik sistemlerdir. Simulatörler önceleri askeri alanda eğitim amaçlı, savaşta verilecek kayıpları asgariye indirmek ve askerleri savaşta daha donanımlı olmalarını sağlamak maksadı ile kullanılmaya başlanılmıştır. Teknolojinin yetersiz olması nedeni ile geçmişteki simulatörler Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de görüldüğü gibi mekanik yapılardan oluşuyordu.

Şekil 3. 3: Birinci dünya savaşında kullanılan at simülatorü



Kaynak: <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulator>

Şekil 3. 4: Uçak simülatorü



Kaynak: Slob J. J., 2008, State of the Art Driving Simulators, Eindhoven University of Technology Department

20. yüzyılın sonlarına doğru yazılım ve bilgisayar teknolojisinin genişlemesi ile bilgisayar tabanlı simülatörler ortaya çıkmaya başladı. Bu sayede personellerin eğitim, hazırlık ve analizinde kullanılacak çözümler ortaya çıkmaya başladı. Çıkan bu ilk ürünler gene askeri amaçlı havacılık alanında pilotlara uçuş eğitimi vermek için kullanıldı.

Simülatörlerin kullanım alanları teknolojinin yaygınlaşması ile askeri alandan çıkıp tüm sektörlerde kendine yer edinmeye başladı. Bugünlerde simülatörler çok farklı sektörlerde genellikle eğitim, eğlence, araştırma ve bir süreci izleme/tespit amaçlı kullanılmaktadır. Simülatörlerin kullanıldığı sektörleri; oyun, sağlık, kimya, otomotiv, uzay bilimleri, biyoloji, lojistik, tıp, fizik, yer bilimleri, ulaştırma gibi sıralayabiliriz. Tüm bu sektörlerde simülatörlerin kullanım nedenleri;

- a. Kullanıcılarda yapacakları işte farkındalığı yaratabilmek,
- b. Kullanıcılarda problem çözme kabiliyetini geliştirebilmek,
- c. Birden fazla kullanıcının olduğu simülatörlerde ekip çalışmasının önemini vurgulayabilmek,
- d. Kullanıcılarda zamanı iyi değerlendirebilmesini sağlayabilmek,

Simülatörler kullanım amaçlarına göre üçe ayrılmaktadırlar:

- a. **Alt Düzey Simülatörler:** Kişisel bilgisayarlara pedal ve/veya direksiyon ilave edilerek eğlence amaçlı olarak kullanılacak Şekil 3.5'te de görüldüğü gibi hareketli platforma sahip olmayan maliyeti en düşük simülatörlerdir.

Şekil 3. 5: Alt düzey simülâtör



*Kaynak: Allen R. ve Park G., tarih yok, Notice Driver Training Results and Experience
With a Pc Based Simulator*

- b. **Orta Düzey Simülâtörler:** Birden fazla ekranda görüntüye sahip olabilen, hareket platforma sahip olan/olmayan Şekil 3.6'daki gibi alt düzeye göre daha fazla gelişmiş simülâtörlerdir.

Şekil 3. 6: Orta düzey simülâtör



*Kaynak: Allen R. ve Park G., tarih yok, Notice Driver Training
Results and Experience With a Pc Based Simulator*

- c. **Yüksek Düzey Simülörler:** Şekil 3.7’de görüldüğü gibi sahip olduğu hareketli platformu ile hidrolik hareket edip sürülen aracın tüm hareketlerini aktarabilen, kullanıcının edindiğı davranışları ölçüp değerlendirebilen, profesyonel olarak tasarlanmış simülörlerdir (Dennis, tarih yok).

Şekil 3. 7: Yüksek düzey simülör



Kaynak: Mevlütođlu A., tarih yok, Uçuş Eğitiminde Simülörler, Mühendis ve Makina, 54 (636), ss. 17-21

Simülörler yapısal olarak elektrik/elektronik, bilgisayar, mekanik gibi üç ana bileşenden oluşmaktadır:

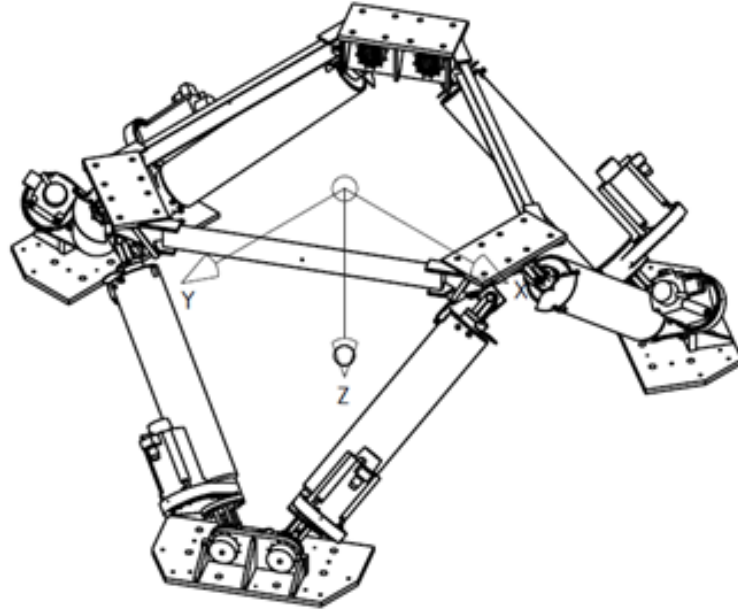
- a. **Elektrik/Elektronik:** Simülörün kurulu gücü ve simülör kabini ile eğitmen, öğrenci istasyonları arasındaki haberleşmeyi sağlayan kısım.
- b. **Bilgisayar:** Simüle edilen ortam ve/veya aracın bulunduğu kısım.

- c. **Mekanik:** Pnömatik sistemler, görüntü sistemleri ve eğer var ise hareketli platformun bulunduğu kısım.

Hareket Platformu:

1948 yılında Gough tarafından paralel manipülatör geliştirdi ve D. Stewart Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'daki gibi 6 aktüatörlü 6 DOF serbestli derecesi inşa etti. Bu hareketli platformun ilk defa pratik olarak ortaya çıkmasını ifade etmekteydi.

Şekil 3. 8: İlk 6 DOF'lu Stewart platformu



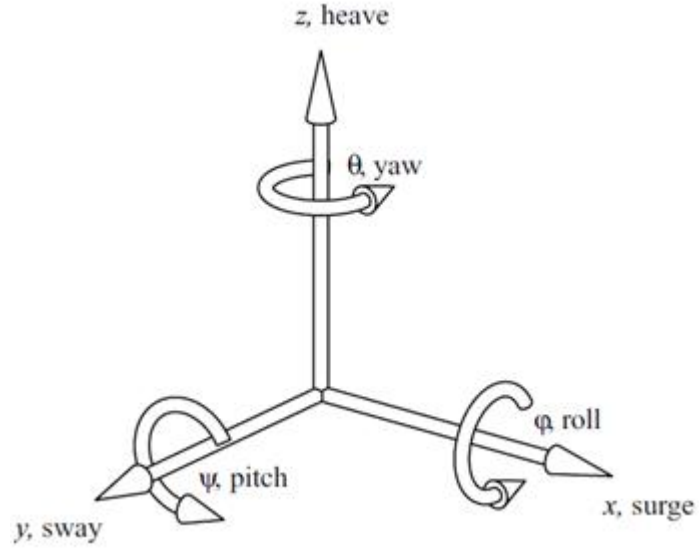
Kaynak: Slob J. J., 2008, State of the Art Driving Simulators, Eindhoven

University of Technology Department

1970'lerin başında Volkswagen tarafından 3 DOF, 1985 yılında Mazda, 1990'lı yıllar boyunca da Volkswagen, Daimler-Benz, Ford, Renault gibi araba firmaları 6 DOF'lu hareket platformu ile çalışan simülatörler yaptılar. Bu yapılan tüm platformlar pnömatik

çalışma mantığına göre çalışmaktaydı ve elektrikli servo teknolojisinin gelişmesi ile beraber hareket platformuna sahip simülatorlerde sürüşler daha gerçekçi hale gelmeye başladı.

Şekil 3. 9: Serbestlik derecesi



Kaynak: Slob J. J., 2008, State of the Art Driving Simulators,

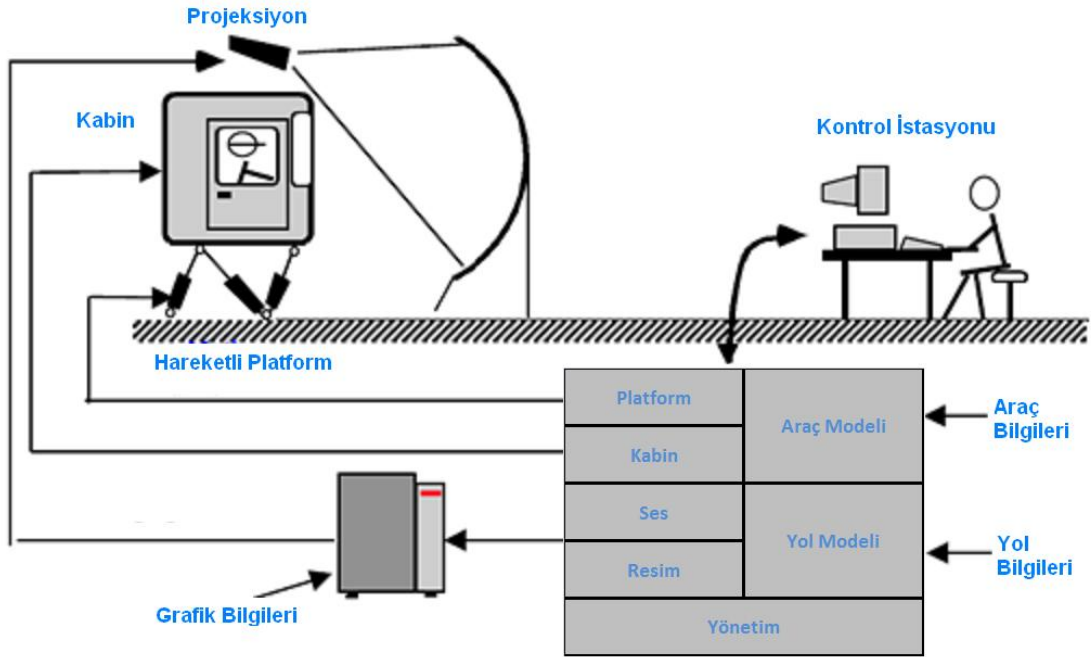
Eindhoven University of Technology Department

Hareketli Platformun Avantajları, Dezavantajları:

Şekil 3.11’de hareketli platforma sahip simülatorün mimari yapısı yer almaktadır. Şerit değiştirme, slalom, vb. manevralarda ve ani ivmeleme, frenleme durumlarında hareketli platform simülatörlü sürüşlere büyük katkı sağlamaktadır. Bu nedenle uçuş simülatorlerinde kesinlikle hareketli platform kullanılmalıdır.

Maliyetinin ve bakımının pahalı olması, görsel ve hareketli kısımlar arasındaki oluşabilecek asenkron durumlarda kullanıcıda hastalığa yol açabilmektedir (Slob, 2008).

Şekil 3. 10: Hareket platformlu simülâtörün mimarisi



Kaynak: Kemeny A, tarih yok, Simulation and Perception, Direction de la Recherche - Research Division Technocentre Renault

Görüntü sistemleri tarafından oluşturulan görüntünün gerçek zamanlı olması ve frekansının da bir sürekliliği olmalıdır. Bunun yanı sıra göz sağlığını bozmaması, görsel konforu sağlaması ve kullanıcılardaki hız algısını olumsuz yönde etkilememek için frekansın 30 ile 60 Hz arasında ayarlanmalıdır (Kemeny, tarih yok).

Renk çözünürlüğü için en az 24 bit olması gerekmektedir. Simülasyondaki görüntüler arasındaki koordinasyonu en aza indirmek için görüntü yenileme süresinin en az 10 milisaniye olması gerekmektedir (Kemeny, tarih yok).

Şekil 3.12’de makinist eğitimlerinde kullanılan hareketli platforma sahip bir simülâtör bulunmaktadır. Bu simülâtörde makinistin kabin dışıında oluşabilecek arızalara müdahale edebilmesi için simülâtörün arka kısmında yolcu bölümü de eklenmiştir.

Şekil 3. 11: Makinist eğitiminde kullanılan hareket platformlu simülâtör



4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 UYGULAMALAR

Tasarlanan bu simülatördeki tren 1989 tarihinden bu yana İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin işletmesini yaptığı M1A Aksaray-Havalimanı ve M1B Aksaray-Kirazlı Hafif Metro Hatları'nda Şekil 4.1'de resmi bulunan ABB marka hafif raylı metro aracı kullanılmaktadır. 1988 tarihinde yapımına başlanan hatta ilk yolculu sürüş 18 Mart 1989 tarihinde Emniyet-Kocatepe istasyonları arasında bu trenlerle yapılmıştır.

Şekil 4. 1: ABB aracı



Bugün 105 adet ABB marka araçla M1A Aksaray-Havalimanı ve M1B Aksaray-Kirazlı istasyonları arasında hizmet veren bu hattımız günlük ortalama 250 bin yolcu taşımaktadır. Yenikapı istasyonunun devreye girmesi ile M1A Yenikapı-Havalimanı Hafif Metro Hattı ve M1B Yenikapı-Kirazlı Hafif Metro Hattı olarak seferlerine devam edecektir.

Simülatorün tasarlanabilmesi için öncelikle aracın üç boyutlu çizimi gerekmektedir ve bu çizim için düşünülen CAD⁴ programları Autodesk AutoCAD, Autodesk 3D'S Max, CATIA, SolidWorks olmuştur. AutoCAD programının 3 boyuttan ziyade daha çok 2 boyutlu uygulamalarda kullanılmasından dolayı, CATIA programının ücretli olmasından dolayı ve Solidworks programının süreli kullanımına izin verildiğinden dolayı tercih edilmemiştir. Autodesk 3D'S Max programı, öğrenci statüsünde internet sitesinden ücretsiz olarak tedarik edilmektedir ve süresiz kullanıma açıktır. Bu nedenlerden dolayı aracın çiziminde Autodesk 3D'S Max programı tercih edilmiştir. Bu program vasıtası ile aracın yüzlerce objesi 3 boyutlu olarak çizilmiştir ve her obje ayrı ayrı export⁵ edilmiştir.

Üç boyutlu olarak modellenen aracın hareketini sağlayabilmek için simule edilmesi gerekmektedir ve bu simule işlemi için yazılım programları Unity3D ve Quest3D programları olmuştur. Unity3D programı kod yazarak kullanılmaktadır. Quest3D programında ise kanallar kullanılmaktadır ve bu kanallar kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Unity3D programının daha çok oyun programlama kullanılması, Quest3D programının ise gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılması Quest3D programının seçilmesindeki etkenlerdendir. Bunun yanı sıra Quest3D programında aydınlatma, doğal çevre gibi gerçekçi uygulamalarda daha başarılı olduğu görülmüştür (Pieter Pauwels, 2011). Bu program vasıtası ile aracın hareketine yönelik simülasyon işlemleri yapılmıştır.

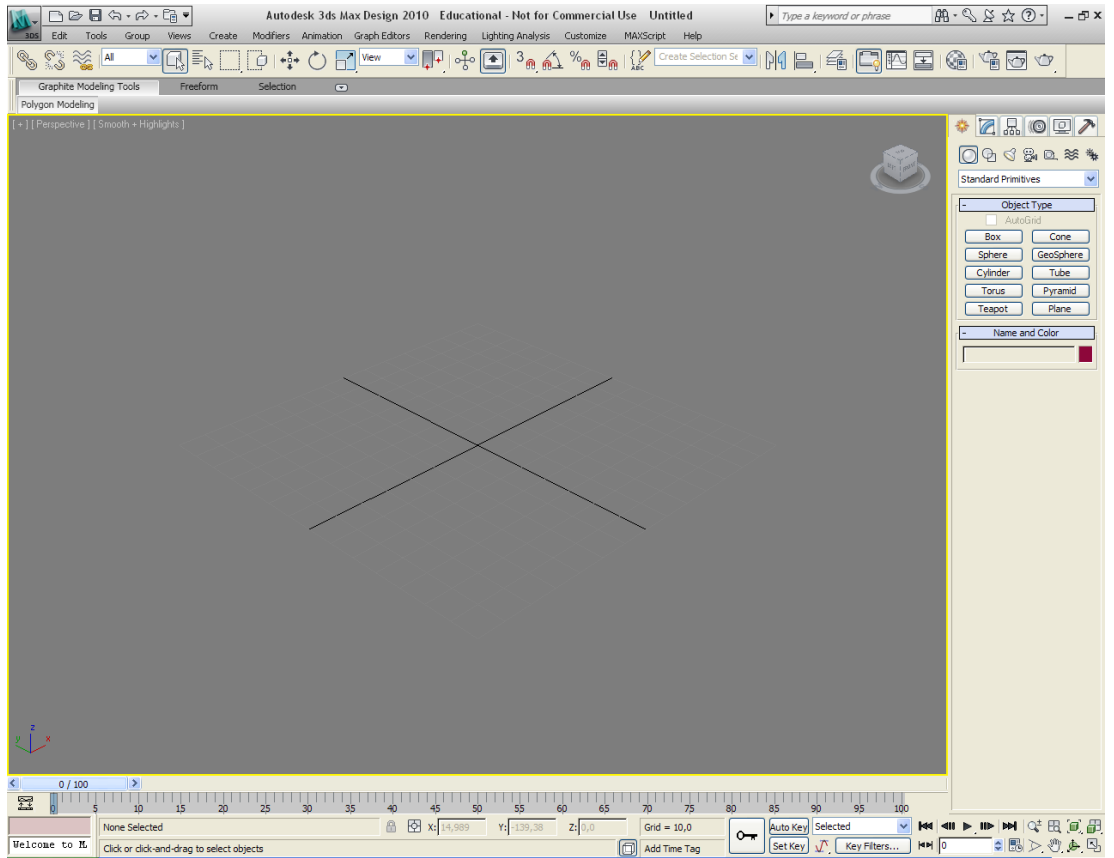
⁴ Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım

⁵ İhraç - Transfer

4.2 AUTODESK 3D'S MAX

Simülâtörü tasarlamadan önce yapılması gereken ilk iş eğitimi verilecek olan ABB marka trenin 3 boyutlu çizilmesi gerekmektedir ve bu çizimi Şekil 4.2'de genel görünümü yer alan Autodesk 3D'S Max programı olduğuna karar verilmiştir.

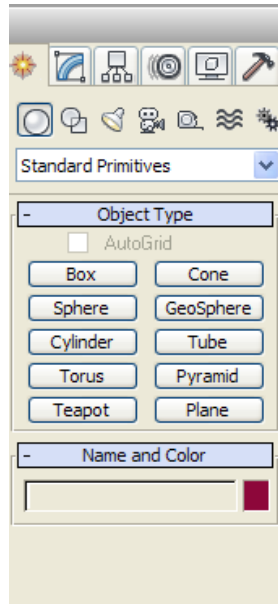
Şekil 4. 2: 3D'S Max programından genel görünümü



3D'S Max çizim programında kullanılan komut, modifiye ve bahsedilecektir. 3D'S Max'in içinde araçta bulunan tüm ekipmanların modellenmesi ve ham kaplaması yapılmıştır.

Programın sağ tarafında konuşlanmış olan menü ile aracı çizmemize yarayan şekil 4.3’de yer alan “Standard Primitives” menüsünden “Box”, “Cylinder”, “Tube”, “Plane”, vb. nesnelere seçerek aracımızın yüzlerce objesi çizilmiştir.

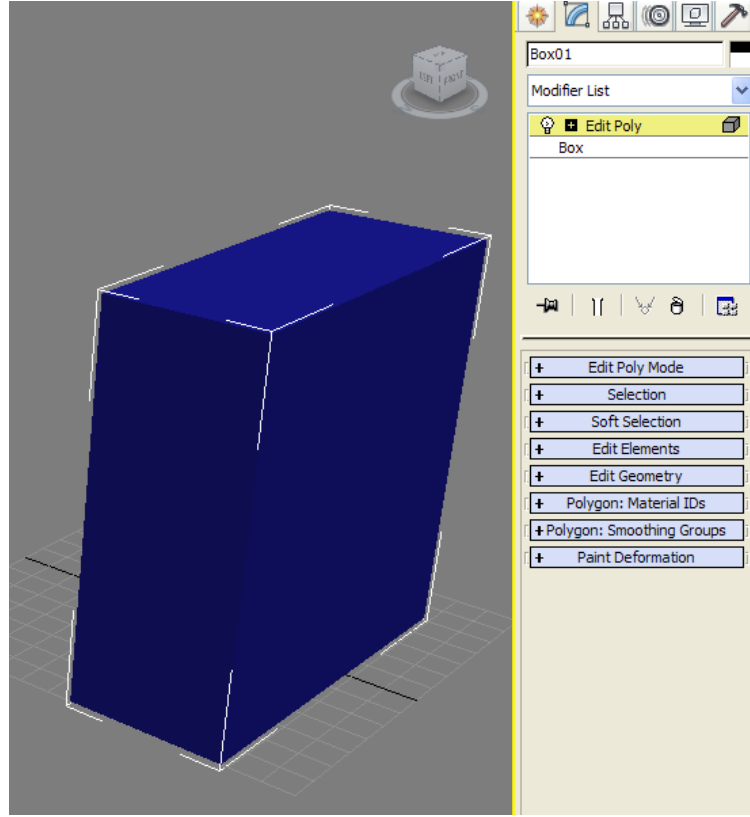
şekil 4. 3: Standard Primitives menüsü



“Standard Primitives” bölümünden seçilen objeleri çizdiğimiz ABB aracının bölümlerine benzetebilmek için “Modify” bölümünden modifiye komutları kullanılır. Bu program içerisinde en önemli olan ve bizim de en fazla kullandığımız modifiye komutlarından “Edit Poly”den bahsedilecektir.

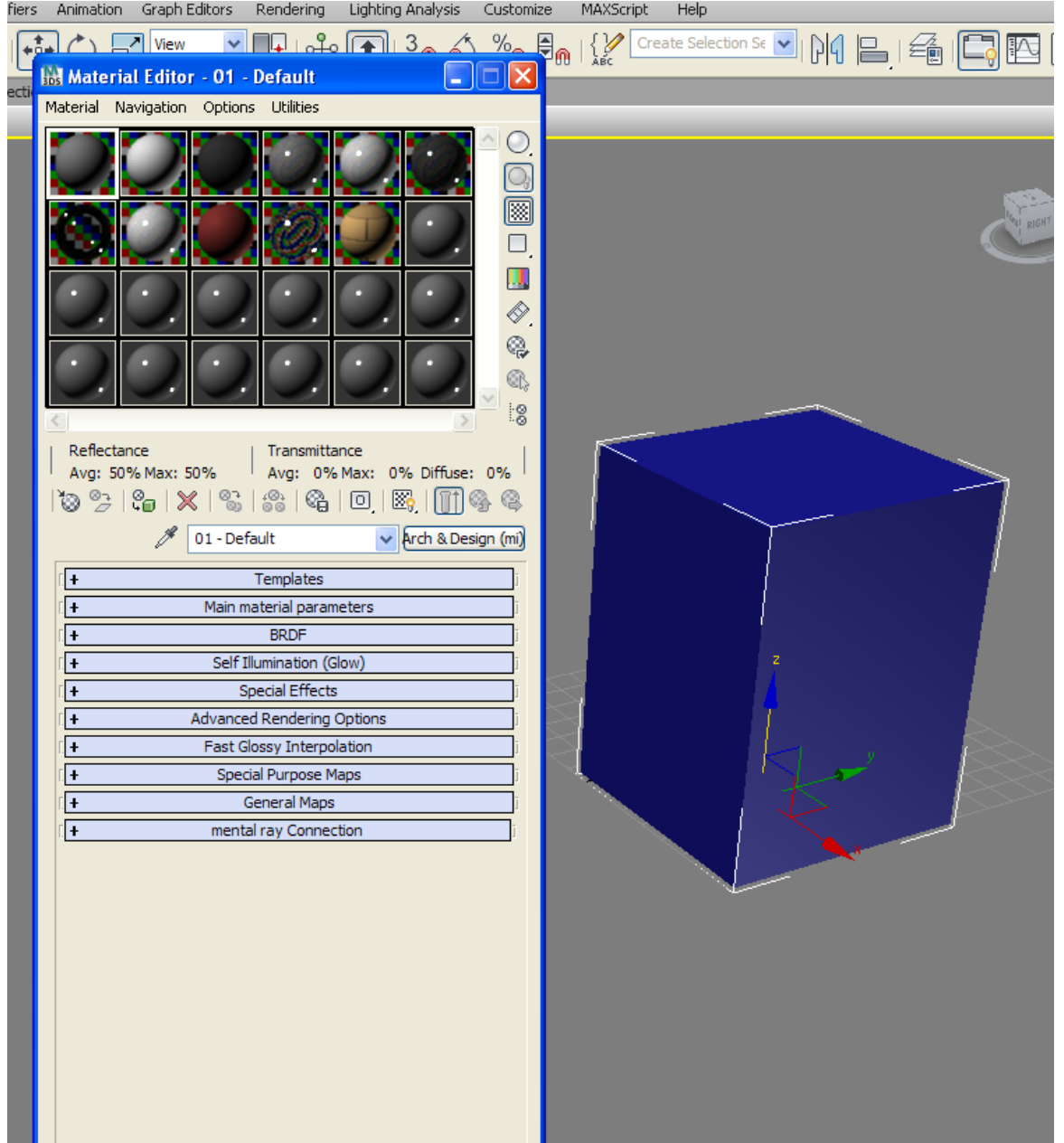
Edit Poly: Nesneyi oluşturan bileşenleri düzenlememize yaramaktadır. Bu düzenlemeler arasında; nesneyi kesme, nesne ekleme, rengini değiştirme, köşeleri yuvarlama, vb. gibi işlemler yapılabilmektedir. Nesnelere üzerinde yapılabilecek her türlü modifiyeyi şekil 4.4’te bulunan “Edit Poly” menüsünden yapabildiğimiz için başka modifiye komutu kullanmadım. Bu modifiyenin uygulanabilmesi için nesnenin seçilmesi gerekmektedir.

Şekil 4. 4: Edit Poly menüsü



Nesneler çizildikten ve modifiyesi yapıldıktan sonra gerçeğe yakın bir şekilde aracın kaplamasının yapılması gerekmektedir. Kaplamalar, Şekil 4.5'te bulunan "Material Editor" menüsünden yapılmaktadır. "Material Editor" menüsüne programın üst kısmında yer alan "Show Menü Bar" menüsünde bulunan "Rendering" sekmesinden ulaşılmaktadır.

Şekil 4. 5: Material Editor menüsü



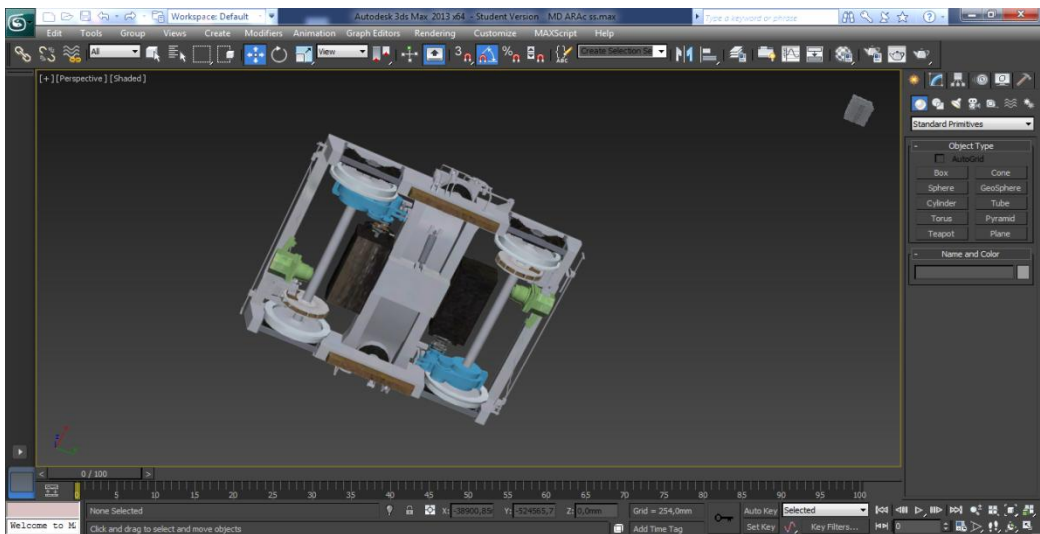
Çizilmesi gereken aracın 2 boyutlu ölçülerini İstanbul Ulaşım A.Ş.'deki ilgili birimden tedarik edildi. Bu çizimlerin yanı sıra depo sahasından bulunan aracın fotoğrafları çekildi. Bu iki veri kaynağı sayesinde aracı 3D'S Max programında çizilmesinde büyük faydası olmaktadır ve yaklaşık olarak 2 aylık çalışmanın neticesinde ABB marka trenin

3 boyutlu halini çizildi. Bu süreçte treni oluşturan yüzlerce obje modellenmiştir. Bu objelerde kendi içerisinde bir ekipman grubunu oluşturmaktadır. Bu ekipman gruplarını;

- a. Bogi,
- b. Kuplaj,
- c. Pantograf,
- d. Makinist Kabini,
- e. Yolcu Bölümü,

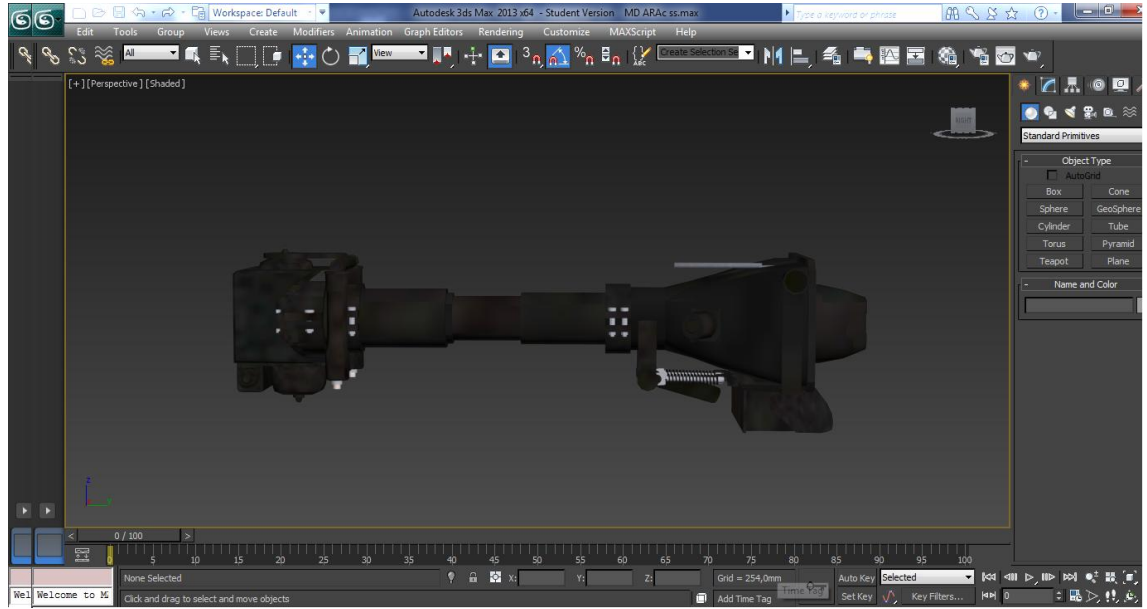
Bogi, trenin hareketini sağlayan cer motorlarının bulunduğu ve tren kaportasının üzerine oturtulduğu çoğunlukla mekanik elemanların bulunduğu bir aksamdır. Şekil 4.6'daki gibi çizilen ABB aracının bir bogisinin içerisinde 2 adet cer motoru, 4 adet tekerlek, 4 adet çevron, 2 adet aks, 2 adet fren silindiri, 2 adet ray freni, 2 adet dişli çevrim kutusu, 2 adet purhor kolu, yatay ve dikey damperler, dengeleme valfi, dengeleme valfi çubuğu, vb. gibi ekipmanlar bulunmaktadır. Bogi, trenin altında yer almaktadır ve bir vagona üç adet bulunmaktadır. Bu üç bogiden iki tanesi motorlu olduğu için motorlu bogi, bir tanesinde motor bulunmadığı için motorsuz bogi adı verilmektedir. 3 bogiden motorsuz olanı ortada, diğer iki adet motorlu bogi ise vagonun baş kısımlarının altında yer almaktadır.

Şekil 4. 6: Bogi



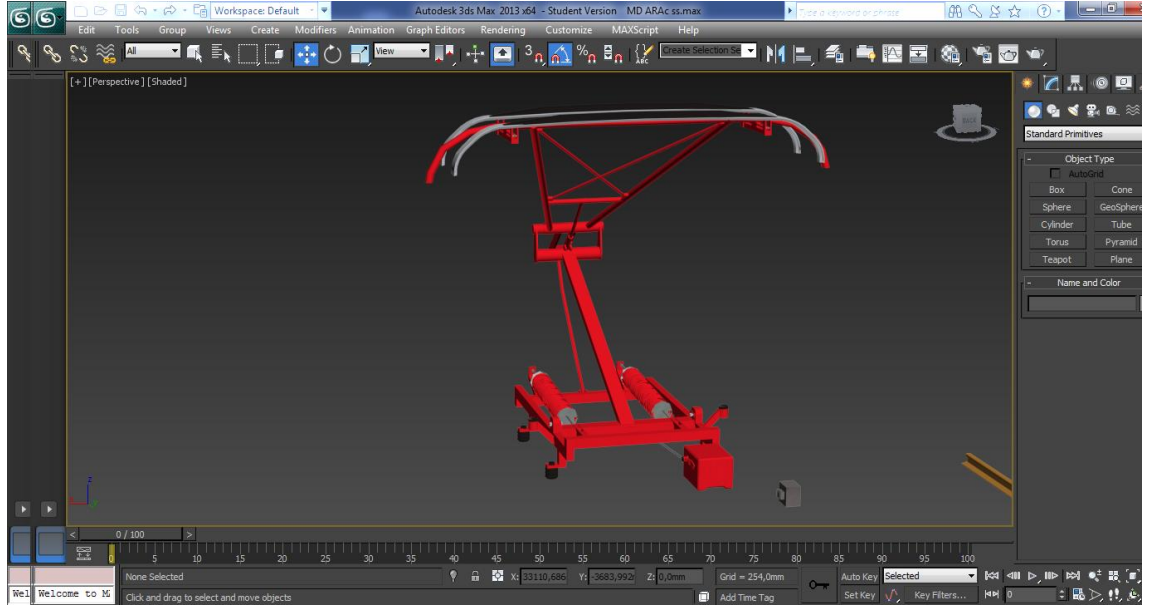
Kuplaj, en az iki aracı birbirine mekaniksel olarak bağlayan ve batarya geriliminin beslediği elektrikli pimler vasıtası ile araçlar arasındaki haberleşmeyi sağlayan aksamdır. Şekil 4.7'deki gibi çizilen ABB aracının bir kuplajının içerisinde deformasyon tüpü, iki aracı birbirine bağlayan mekaniksel ve elektrikselsel başlar, bu iki başın istenildiğinde manuel olarak hareketini sağlayan iki adet kol bulunmaktadır.

Şekil 4. 7: Kuplaj



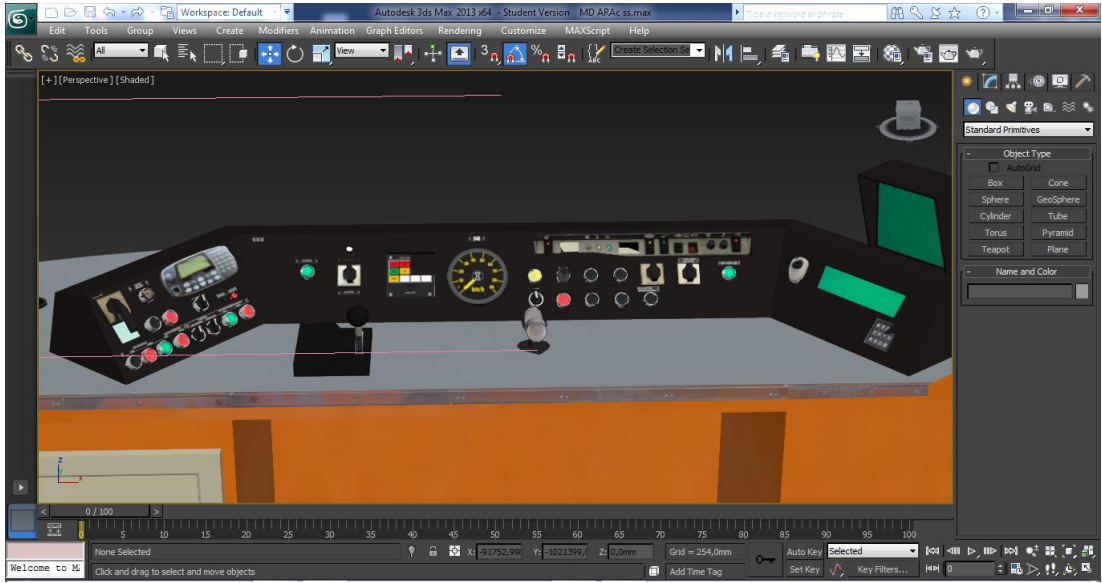
Pantograf, hat boyunca yerleştirilmiş elektrifikasyon sisteminden çizilen ABB aracına enerji aktarımını sağlayan ekipmandır. Enerji aktarımı, Şekil 4.8'de görüldüğü gibi pantografin üst kısmında yer alan kömür vasıtası ile gerçekleşmektedir. Makinist kabininde yer alan "Pantograf Yukarı" ve "Pantograf Aşağı" butonlarının kontrol ettiği bir motor vasıtası ile pantograf indirilip kaldırılmaktadır.

Şekil 4. 8: Pantograf



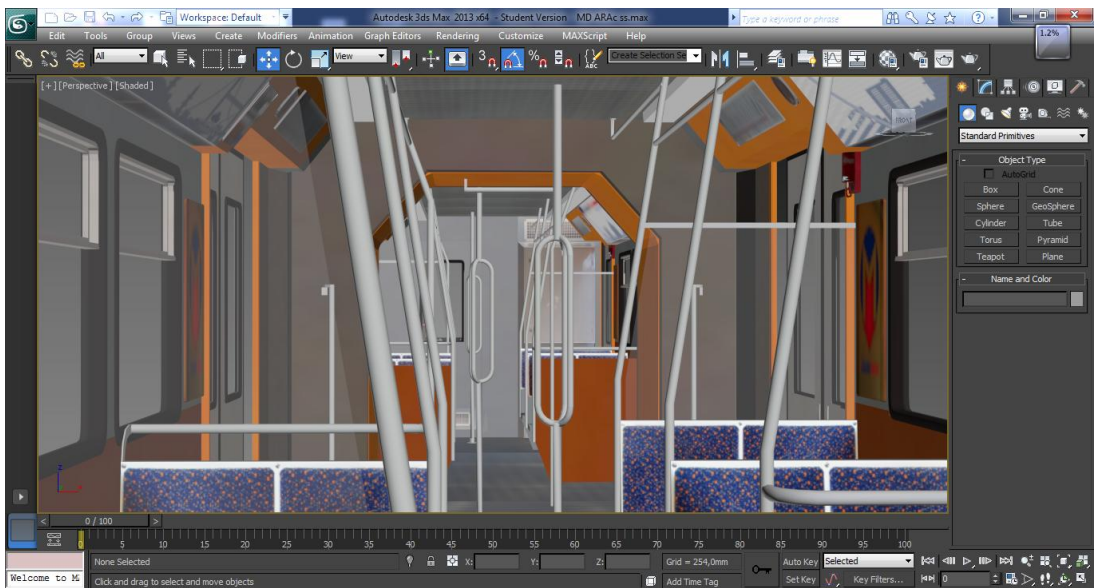
Makinist kabininde makinistin müdahalede bulunduğu butonlar, şalterler, ivme kolu, telsiz, kontak, mikrofon, arıza işaret paneli, hız göstergesi, totman (ayak pedalı), lamba testinin bulunduğu yerdeki lambalar modellenmiştir. Buton ve buton kenarlıkları ayrı ayrı modellenmiştir. Çünkü butona basıldığında yalnızca butonda bir hareket gerçekleşmektedir, buton kenarının konumu değişmediğinden dolayı bu iki obje ayrı ayrı modellenmiştir. Modellenen tüm objeler Şekil 4.9'daki görüldüğü gibi birleştirilmiştir. Kabinde P8, P9 ve P10 adlarında üç farklı panel bulunmaktadır. Sol tarafta bulunan ekipman grubuna P8 Paneli adı verilmektedir. Sağ tarafta yer alan "Arıza İşaret Paneli"nin bulunduğu panele P10 Paneli ve son olarak kabinin orta kısmında yer alan diğer buton, şalterlerin bulunduğu ekipman grubuna P9 Paneli denilmektedir.

Şekil 4. 9: Makinist kabini



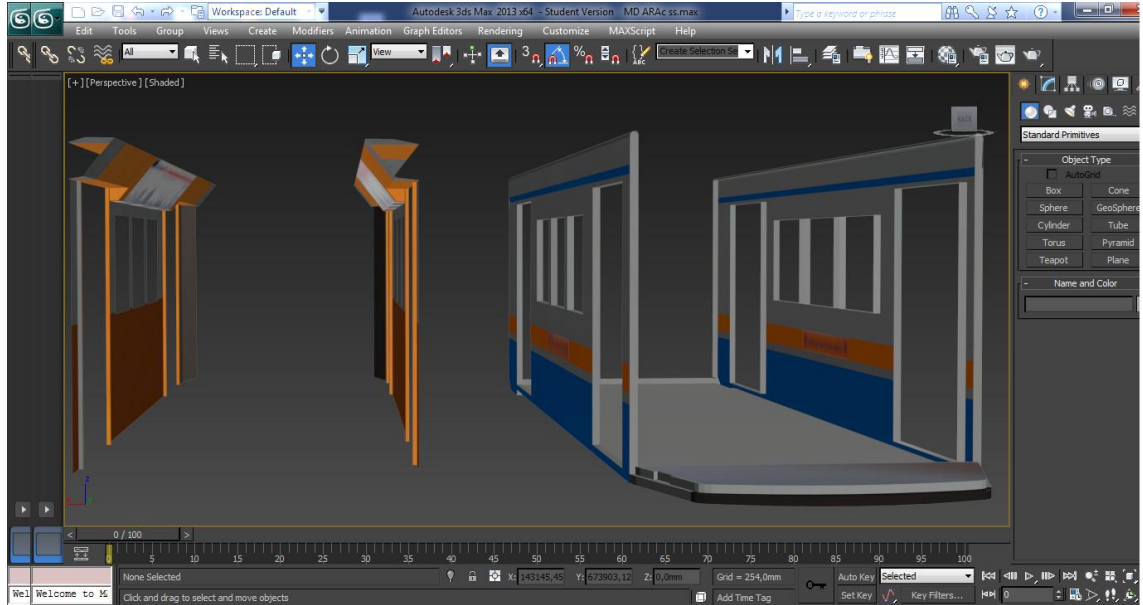
Yolcu bölümünde yer alan 2 adet imdat freni, koltuklar, zemin, körük bölgesi, camlar, pencereler, tutamaklar, vb. gibi ekipmanlar Şekil 4.10'daki gibi modellenmiştir.

Şekil 4. 10: Yolcu bölümü



Yapılan simülörde ışıklı ve gölgeli sahnelerin verimli çalışabilmesi için Şekil 4.11'de görüldüğü gibi çizilen ABB aracının iç ve dış kaportaları ayrı ayrı modellenmiştir. Aracın içerisinde yanan lambanın tamamen dışarı çıkmaması, dışarıdaki güneşin tamamen aracın içerisine girmemesi amaçlanılmıştır. Bu durum yalnızca iç ve dış kaportada değil yolcu kapılarında da geçerlidir. Yolcu kapıları da iç ve dış şeklinde parça parça modellenmiştir.

Şekil 4. 11: İç ve dış kaporta



Bahsedilen bu ekipmanlar dışında çizilen ABB aracı için; klima, fren rezistörü, hava tankları ve aracın altında bulunan yardımcı üniteler modellenmiştir. Tüm objelerin çiziminden sonra birleştirme işlemi uygulanmaktadır ve Şekil 4.12'de görüldüğü gibi ABB aracı bir bütün halinde görülmektedir.

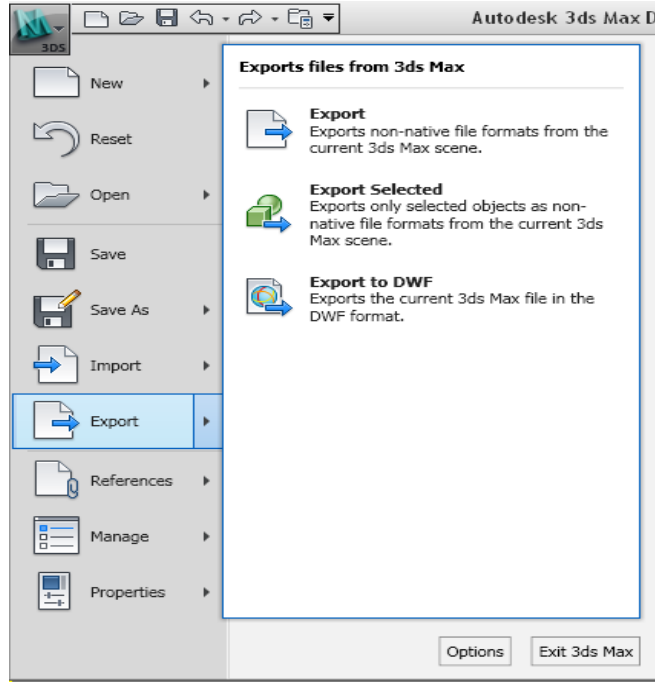
Şekil 4. 12: 3D'S Max programında ABB aracı görünümü



Tasarlanan simülâtörde aracın yanı sıra aracın dışında bulunan ve hareketine yardımcı olan ekipmanlar da bulunmaktadır. Bu ekipmanlar; katener direkleri, raylar, bağlantı elemanları, traversler, balastlar, elektrik kablolarından oluşmaktadır. Tasarlanan simülâtörde aracın yanı sıra aracın dışında bulunan ve hareketine yardımcı olan ekipmanlar da bulunmaktadır. Balastlar, aracın zemine yapmış olduğu baskıyı minimize etmek için kullanılan volkanik taşlardır. Balastların üzerine belirli aralıklarla traversler yerleştirilmiştir. Bu traverslerin üzerinde aracın üzerinde hareketini sağladığı iki taşıyıcı ray bulunmaktadır. Raylar ile traversleri birbirine bağlayan ekipmanlara bağlantı elemanları denilmektedir.

Autodesk 3D'S Max çizim programında çizilen ABB aracının simule edilebilmesi için Quest3D programına aktarmak gerekmektedir ve bu işlem Şekil 4.13'deki gibi gerçekleştirilmektedir.

Şekil 4. 13: Export menüsü

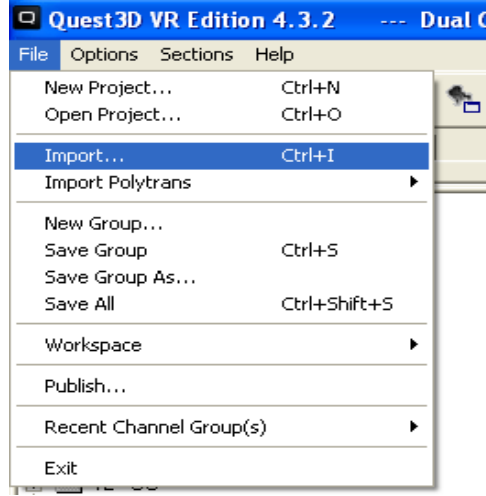


4.3 QUEST3D

Autodesk 3D'S Max çizim programında çizilen ABB marka treni simule edebilmek için Quest3D programını kullanılmıştır. Autodesk 3D'S Max uygulamasında çizilen ABB aracının tüm objeleri ayrı ayrı export edilmesi gerekmektedir ve Quest3d uygulamasına Şekil 4.14'deki gibi ayrı ayrı import⁶ edilmesi gerekmektedir.

⁶ İthal

Şekil 4. 14: Import menüsü

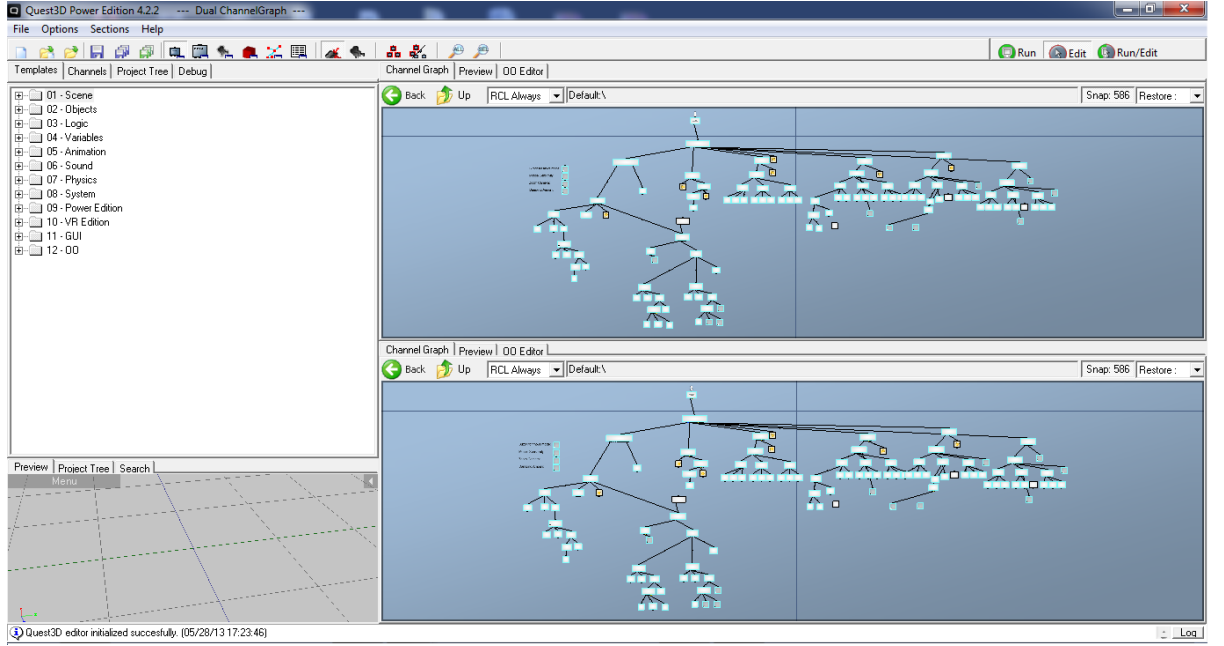


İmport edilen parçalar tekrar Quest3d uygulamasında uygun bir şekilde birleştirilerek tren görünümünü Şekil 4.15'teki gibi tekrar çıkarıldı.

Şekil 4. 15: Quest3D programında ABB aracı görünümü

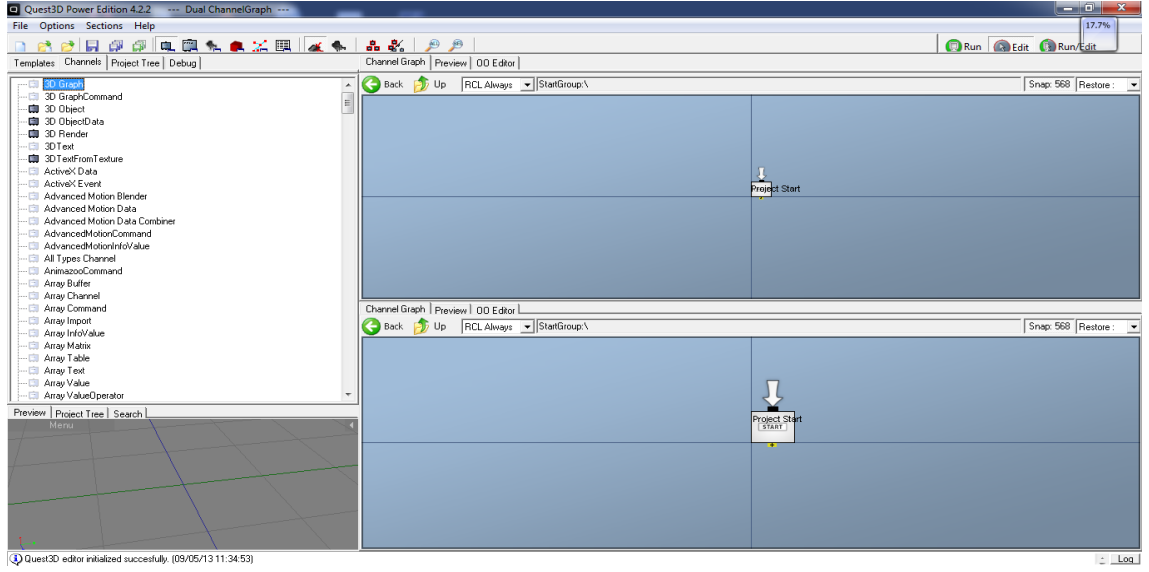


Şekil 4. 16: Quest3D programından genel görünüm



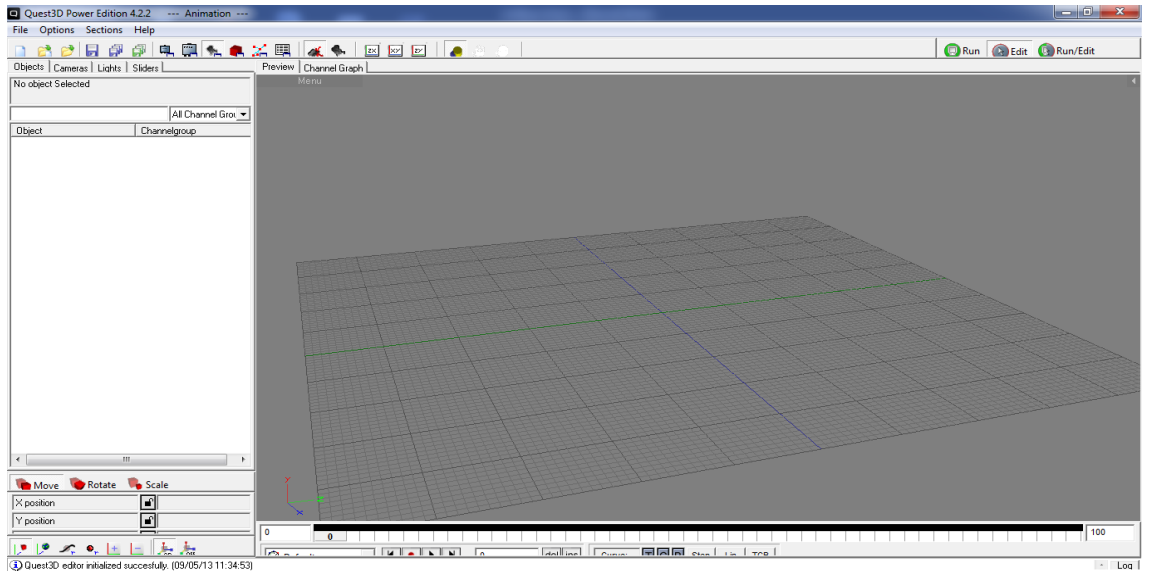
Quest3D programı içerisinde işlemler Şekil 4.16'de görüldüğü gibi "Ağaç" görünümü şeklinde yapılmaktadır ve bu işlemler program içerisinde yer alan "Kanallar" kullanılarak yapılmaktadır. Bu kanallar Şekil 4.17'de de görüldüğü gibi "Channels" menü içerisinde alfabetik olarak sıralanmıştır ve kullanılacak olan kanalın üzerine tıklayıp sağ tarafta bulunan "Channel Graph" arayüzüne sürüklenerek ilgili kanalın kullanımına başlanabilmektedir.

Şekil 4. 17: Channel Graph arayüzü ve Channels menüsü



Quest3D programında kanallar "Channel Graph" arayüzüne atıldıktan sonra F4 tuşuna basılarak Şekil 4.18'deki gibi "Animation" arayüzüne geçilir ve animasyon ile işlemler bu arayüzden yapılmaktadır.

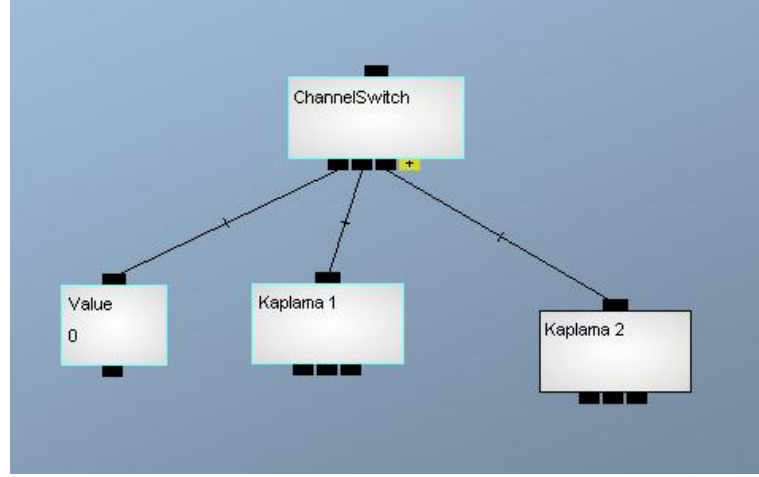
Şekil 4. 18:Animation arayüzü



Quest3D programı içerisinde önemli olan ve bizim tasarladığımız simülatörde de kullandığımız bazı kanallardan bahsedilecektir.

ChannelSwitch: İki veya ikiden fazla girdinin olduğu durumlarda, çıkış için bu kanala belirtilen değer bu girdilerden geldiğinde Şekil 4.19'daki gibi çıkışını aktif eden kanaldır.

Şekil 4. 19: ChannelSwitch kanalı

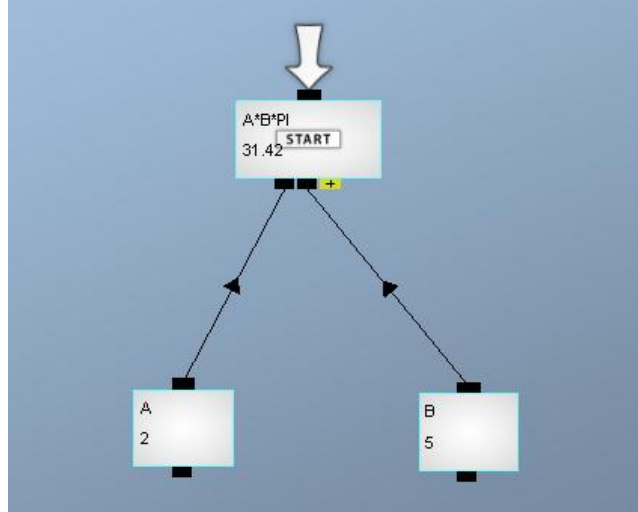


Expression Value: Mantık ve matematiksel formülleri yazabileceğimiz kanaldır. Bu kanala toplam 26 adet girdi girilebiliyor. Bu girdiler A'den Z'ye kadar (Türkçe karakterler hariç) harflerle adlandırılmaktadır. Quest3D programında en fazla kullanılan kanallardan biridir.

Bir dairenin çevre hesabını Şekil 4.20'deki "Expression Value" kanalı ile matematiksel ifadeleri kullanarak yapabiliriz. Dairenin çevre hesabı $2*r*PI$ hesabı ile bulunur. Aşağıda şekilde de görüldüğü gibi kanala giren girdiler "A" diye tanımladığımız 2 değeri, dairemizin yarıçapı "B" diye tanımladığımız 5 değeridir. Kanal içerisinde PI

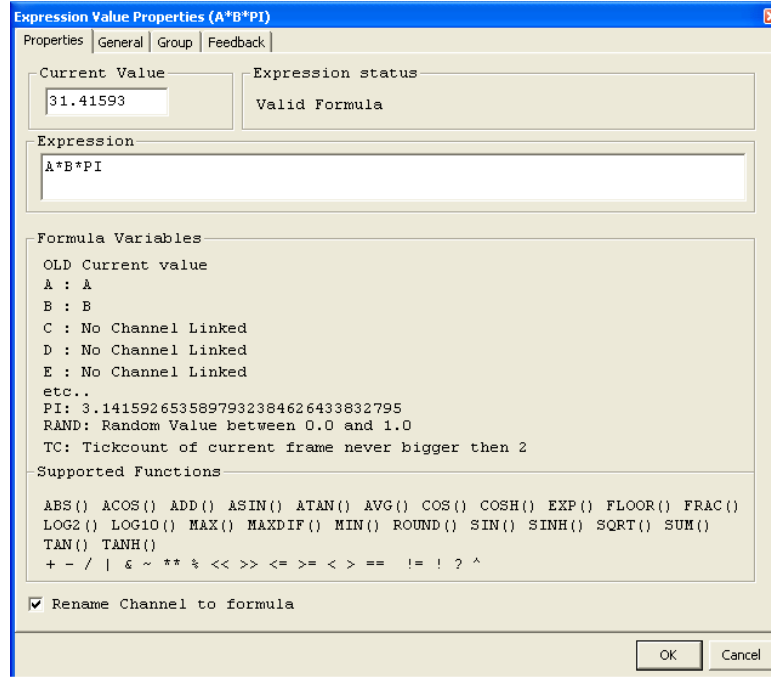
değerimiz program içerisinde tanımlıdır, bu nedenle PI'yı tanımlayacağımız 3. Bir girdi yazmamıza gerek yoktur.

Şekil 4. 20: Expression Value kanalı – matematik



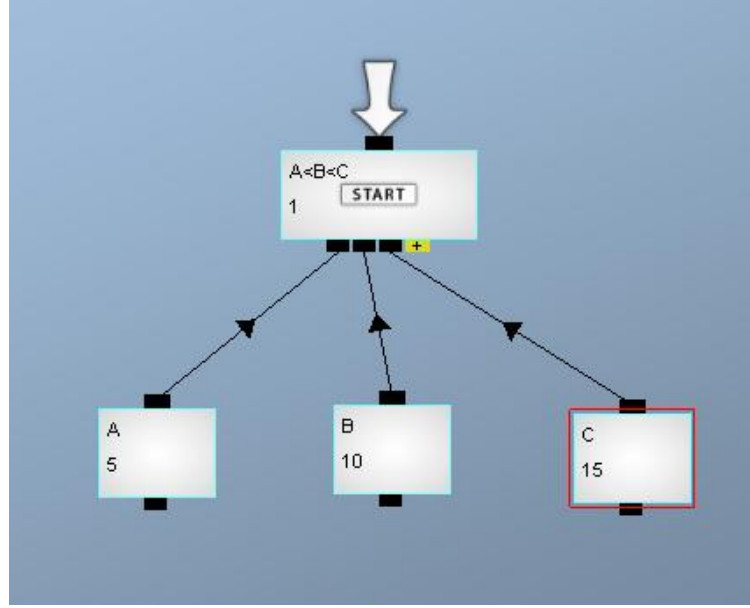
“Expression Value” kanalımız, Şekil 4.21’deki gibi kanalın içerisine yazdığımız “A*B*PI” formülü çıkış değerini üretmektedir.

Şekil 4. 21: Expression Value - formül yazma



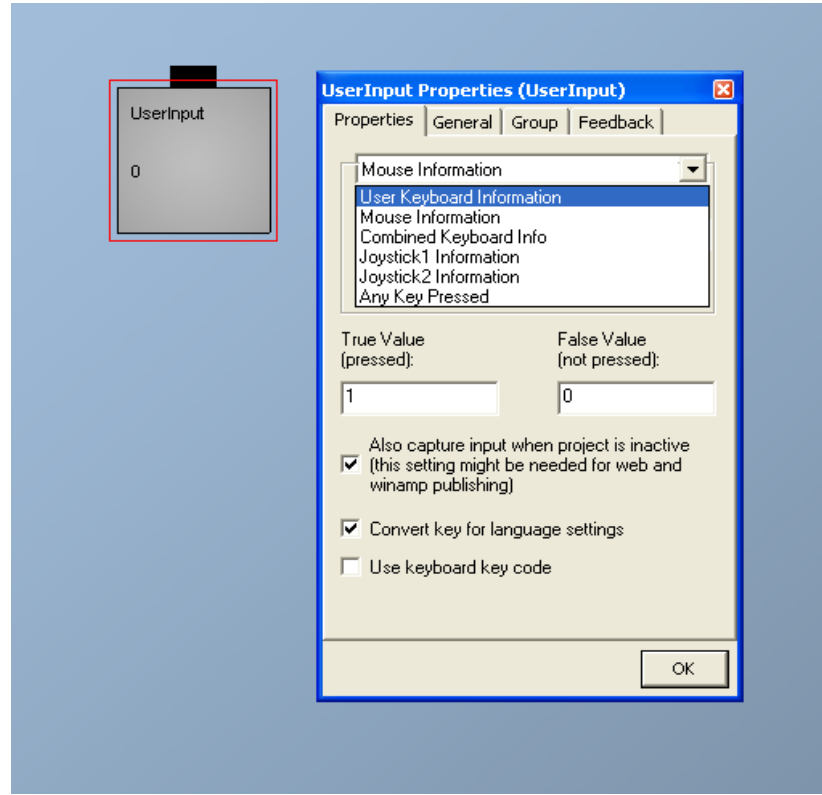
“Expression Value” kanalı ile Şekil 4.22’deki gibi mantık işlemleri de yapılmaktadır. Bu mantık işlemlerinde kanalın içerisine yazmış olduğunuz şartın gerçekleşmesi durumunda çıkışı “1”, gerçekleşmemesi durumunda ise “0” yapmaktadır. Aşağıdaki örnekte; “Expression Value” kanalı içerisine girmiş olduğumuz şart “A<B<C”. Bu girdiler arasında yazılan şart sağlandığında kanalımızın çıkışı “1”dir.

Şekil 4. 22: Expression Value – mantık



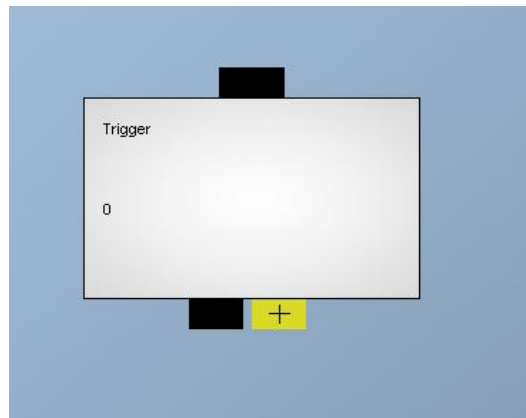
UserInput: Bu kanal, Quest3D programında tasarlanan ürünün kullanıcı ile programın nasıl haberleşeceğini sağlayan kanaldır. Bu haberleşme; joystick, Mouse yada klavyenin tuşları ile sağlanabilir. Kanal üzerine çift tıklanıldığı zaman Şekil 4.23'deki pencere açılmaktadır ve açılan bu pencereden kullanıcı girişi belirlenmektedir.

Şekil 4. 23: UserInput kanalı



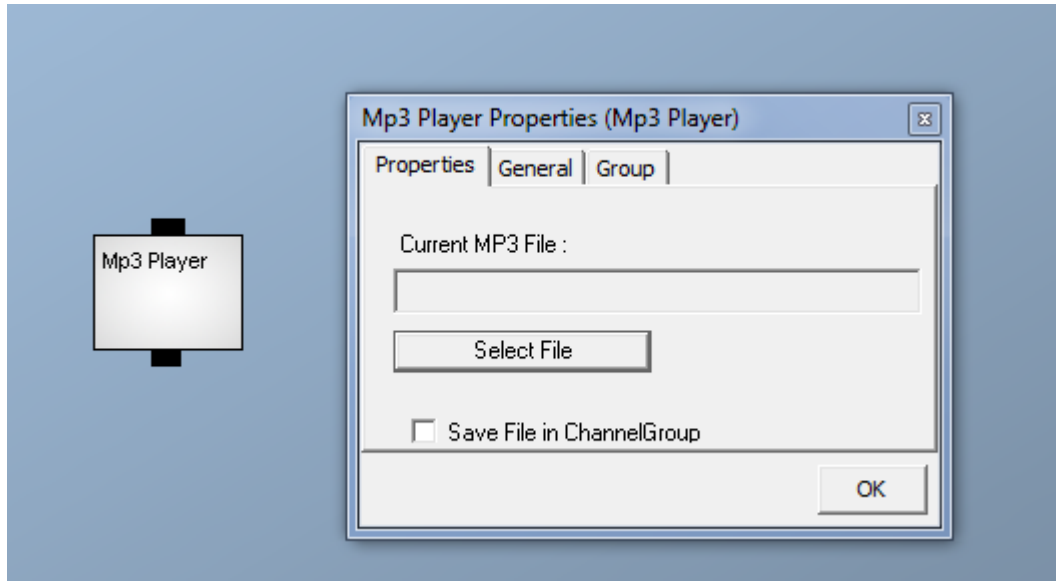
Trigger: Kanala giren girdilerin şartları sağlanması durumunda Şekil 4.24'deki gibi çıkışını bir defaya mahsus tetikleyen kanaldır.

Şekil 4. 24: Trigger kanalı



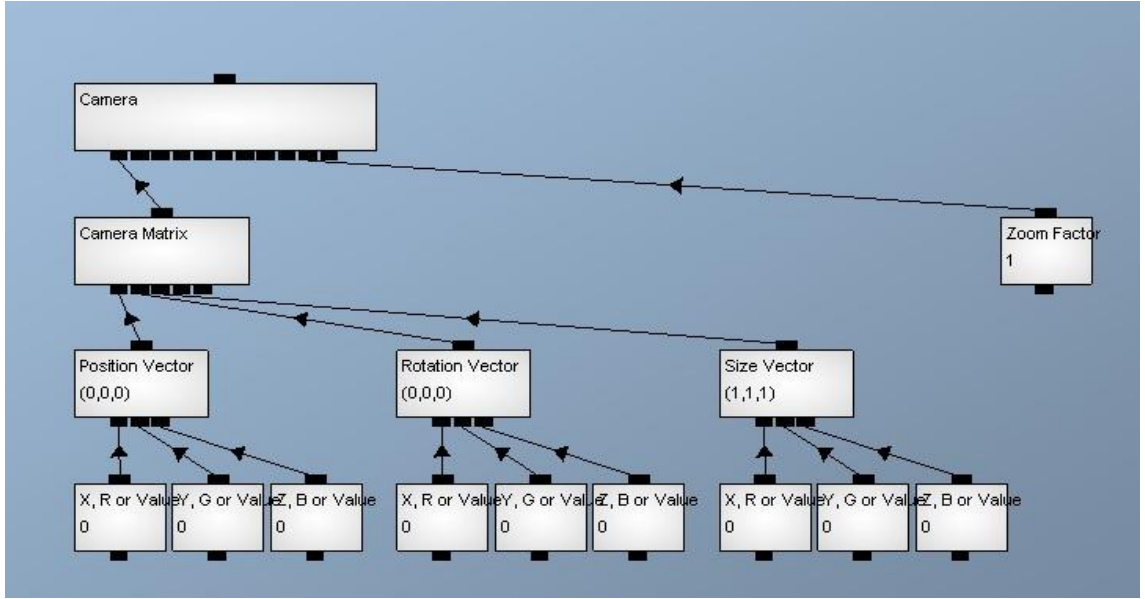
Mp3 Player: Yapılacak uygulamaya ses koymak gerekiyorsa Şekil 4.25'deki kanal kullanılmaktadır. Uzantı nedeni ile bu kanalın kullanılamaması durumunda "Sound File" kanalı kullanılabilir.

Şekil 4. 25: Mp3 Player kanalı



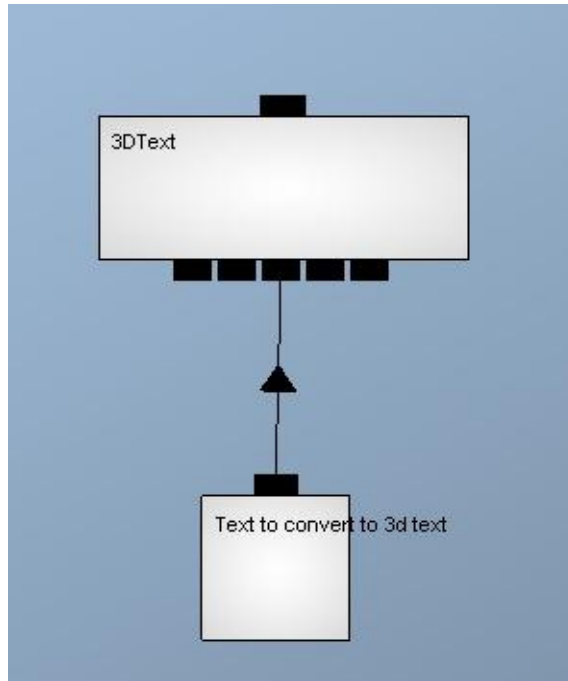
Camera: Uygulamaya bir veya birden fazla kamera konulması gerekiyorsa Şekil 4.26'deki "Camera" kanalını kullanmak gerekmektedir. Bu kanalın iki adet girdisi bulunmaktadır. Bu girdilerden bir tanesi "Camera Matrix" kameranın konum bilgileri için, diğer girdi olan "Zoom Factor"de ise konulan kameranın kaç kere zoom yapacağı bilgisi yer almaktadır.

Şekil 4. 26: Camera kanalı



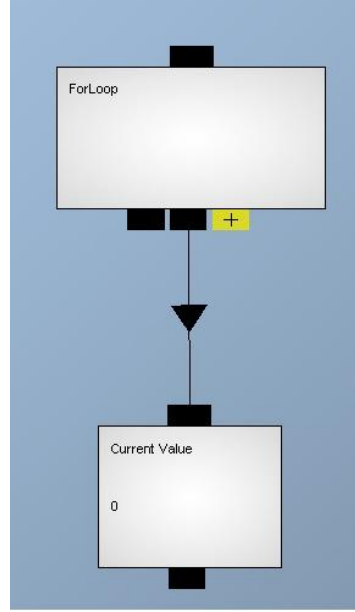
3D Text: 3 boyutlu bir yazı eklemek için Şekil 4.27'deki kanal kullanılmaktadır.

Şekil 4. 27: 3D Text kanalı



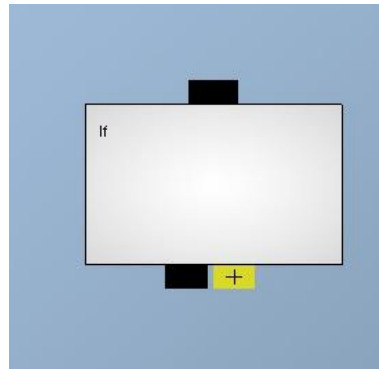
For Loop: Uygulamada belirlenen şartın sağlanması durumunda Şekil 4.28'deki gibi bir işlemi girilen sayı adedince tekrarlar.

Şekil 4. 28: ForLoop kanalı



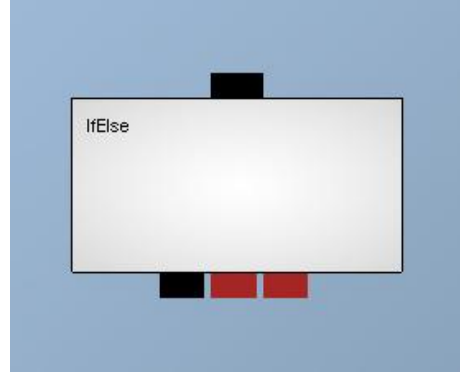
If: Birinci girdideki şart sağlanıyor ise ikinci girdideki işlemi kanalın çıkışına gönderen Şekil 4.29'deki kanaldır. Şartın sağlanmadığı durumda ise çıkışını aktiflememektedir.

Şekil 4. 29: If kanalı



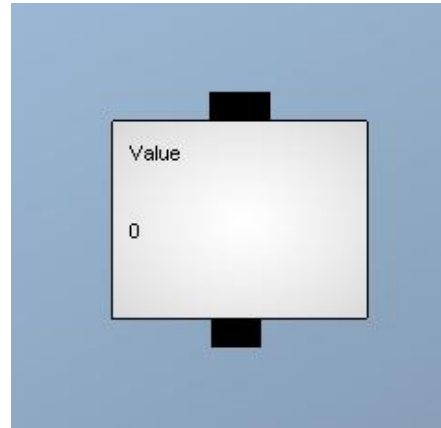
IfElse: Birinci girdideki şartın sağlanması durumunda ikinci girdideki işlemi kanalın çıkışına, şartın sağlanmaması durumunda ise üçüncü girdideki işlemi kanalın çıkışına gönderip uygulamaya sokan Şekil 4.30'daki kanaldır.

Şekil 4. 30: IfElse kanalı



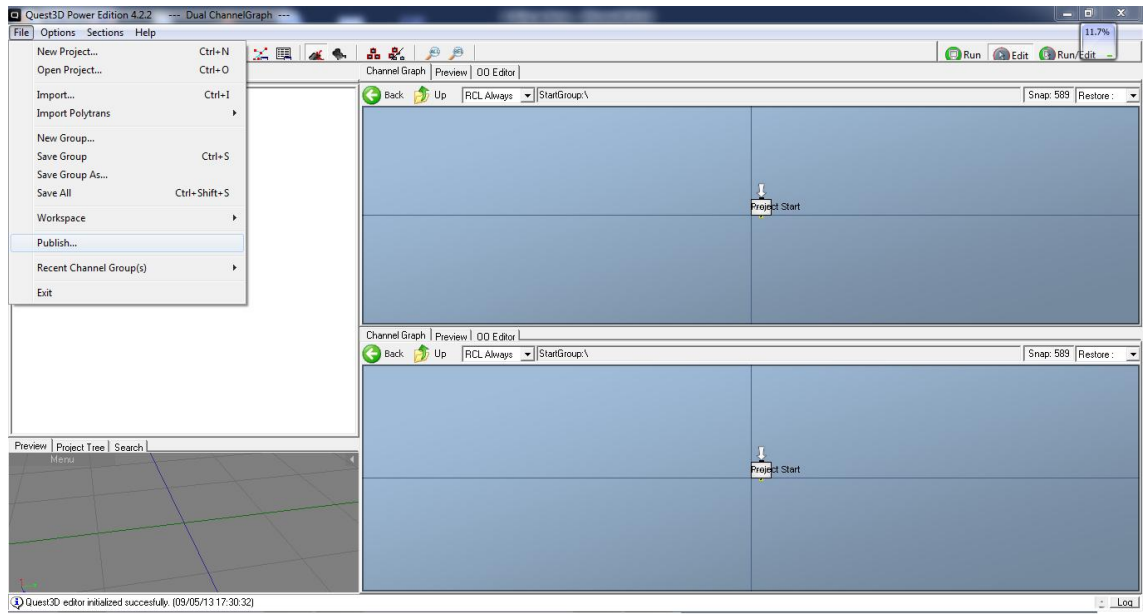
Value: Sabit bir değer girilmek istendiğinde Şekil 4.31'deki kanal kullanılmaktadır. Herhangi bir fonksiyonu bulunmamaktadır.

Şekil 4. 31: Value kanalı



Kullanıma hazır hale getirilen simülator, kullanıcıların kullanabilmesi için .exe uzantılı dosyaya çevrilmiştir. Bu işlem Şekil 4.32'deki gibi "File" menüsünün "Publish" sekmesinden yapılmaktadır. Tasarlanan simülator .exe uzantılı dosyaya çevrildikten sonra Autodesk 3D'S Max ve Quest3D programlarına ihtiyaç duyulmadan istenilen bilgisayarlarda kullanıma hazır hale gelmiştir.

Şekil 4. 32: Publish



4.4 SİMÜLATÖR KULLANIMI

Autodesk 3D'S Max ve Quest3D programları ile tasarlanan ABB Simülatorünü kullanabilmek için bazı prosedürleri bilmek gerekmektedir. Bu prosedürler; araç canlandırma, araç söndürme, aracı sürme, vb. gibi prosedürlerdir.

Araç Canlandırma:

- K30 Kutusu'ndaki ADK (Ana Devre Kesici) şalterinin "Güç" konumunda olduğu kontrol edilir.
- P8 Paneli'nde bulunan kontak çevrilir.
- P8 Paneli'ndeki "Pantograf Yukarı" butonuna basılır.
- Pantografin kalktığı gözlemlenir.
- P8 Paneli'ndeki "Batarya Açık" butonuna basılır.
- P8 Paneli'ndeki "ADK Kapama" butonuna basılır.

Araç Söndürme:

- P8 Paneli'ndeki "ADK Açma" butonuna basılır.
- P8 Paneli'ndeki "Batarya Kapalı" butonuna basılır.
- P8 Paneli'ndeki "Pantograf Aşağı" butonuna basılır.
- P8 Paneli'ndeki kontak kapatılır.

Aracı Sürme:

- Araç canlandırılır.
- P10 Paneli'ndeki "Arıza İşaret Paneli"nde arıza olup olmadığı kontrol edilir.
- P9 Paneli'ndeki "Lamba Testi Grubu"ndaki lambalardan yalnızca yeşil "Kapılar Kapalı" ve sarı "Disk Fren" yandığı gözlemlenir.
- "Totman Pedalı"na ayak ile basılır ve aynı anda "İvme Kolu" ileri yönde hareket ettirilir ve böylece aracın hareketi sağlanmış olur.

Bu prosedürlerin yanı sıra; aracın kapıları açılıp kapanabilir. Kapıların açık olma durumunda P9 Paneli'ndeki "Lamba Testi Grubu"ndaki yeşil "Kapılar Kapalı" sönecektir. Bu durumda araca ivme verildiği takdirde aracın hareket etmediği gözlemlenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kent içi raylı sistem ulaşımında makinistin önemi çok büyüktür. Makinist treni kullanırken olağandışı durumlar meydana gelebilmektedir. Bu durumlarda makinist olaya müdahale edebilmektedir. Bu müdahalenin verimli ve etkin olabilmesi için makinistin kaliteli bir eğitim sürecinden geçmesi gerekmektedir.

Bu eğitim süreci, geleneksel eğitim metotları ile gerçek tren üzerinde yolculu işletmenin yapılmadığı zamanlarda pratik eğitimden oluşmaktadır. Eğitimin en önemli kısımlarını oluşturan gece eğitimleri, eğitimlerdeki kaliteyi ve verimi düşürmektedir. Bu nedenle makinist eğitimlerinin kalitesinin artırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, makinist eğitimlerinin daha kaliteli verilebilmesi için teknolojiden yararlanarak bir simülatör tasarlanmıştır. Tasarlanan bu simülatörle, gerçek tren üzerinde daha az pratik yaparak gerçek tren meşgul edilmemektedir. Bunun yanı sıra eğitim esnasında gerçek trende oluşabilecek olağandışı durumlara müdahalede bulunulurken enerji altında kalma riski bulunmaktadır. Simülatörle verilecek eğitimde ise enerji tehlikesi olmadığı için emniyetli bir eğitim ortamı sağlanmaktadır. Katılımcının isteğine bağlı olarak tekrar yapma imkanı ile daha interaktif bir eğitim sağlanmaktadır. Hareketli platforma sahip olmayan tasarlanan bu simülatörde sağlık problemlerinin yaşanması söz konusu değildir.

Tasarlanan bu simülatör, obje sayısı olabildiğince fazla tutularak gerçek durumların daha hassas bir şekilde gerçekleşmesi amaçlanmıştır fakat henüz makinist eğitim sürecinde kullanılmamıştır, bu nedenle performans sonuçları bu çalışmadan sonra gerçekleştirilecektir.

Bu tez çalışması tamamen akademik bir çalışma ürünüdür ve eğitimlerde kullanılabilir seviyeye geliştirilerek hızla gelecektir. Bkz. EK 1: Tasarlanan simülörde de görüldüğü üzere simülasyon sürecinde en hareketli zamanda dahi çözünürlük değeri 35 FPS'nin altına düşmemektedir. Bu da benzer simülörlere göre bir üstünlük sağlamaktadır.

Simülör ilk yapım maliyetinin fazla olması, bu alanda kalifiye eleman bulma güçlüğü ve sürekli güncelleme ihtiyacından dolayı simülörlü eğitimin faydaları tartışılmamaktadır. Günümüzde Almanya, Hollanda gibi ülkelerde kamyon şoförlerinin eğitimlerinde simülör kullanımı zorunludur. Ülkemizde de sürücü eğitimlerinde simülör kullanımı zorunlu hale getirebilir. Özellikle yük ve yolcu taşımacılığında giderek payını artıran demiryolu ulaşımında simülör kullanımı yaygın hale gelmelidir.

KAYNAKÇA

Sürelî Yayınlar

Pieter Pauwels, R. D. M. J. V. C., 2011. Linking a Game Engine Environment to Architectural Information on the Semantic Web. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, September, pp. 787-798.

Diğer Yayınlar

Adana Büyükşehir Belediyesi, 2013. [Çevrimiçi] <http://www.adana.bel.tr/proje-25.html> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Allen, 2003. s.1.

Ankara Metrosu, 2013. *Ankara Metrosu*. [Çevrimiçi] <http://www.ankarametrosu.com.tr/> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

AnkaRay, 2013. *AnkaRay*. [Çevrimiçi] <http://www.ankaray.com.tr/> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Antalya Ulaşım A.Ş., 2013. *Antalya Ulaşım A.Ş.* [Çevrimiçi] <http://www.antalyaulasim.com.tr/antrayGuzergah.aspx> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Aslan, C., 2005. *İzmir'deki Raylı Sistemlerin Kent İçi Trafikğine Etkileri*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi FBE.

Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2013. *Bursa Büyükşehir Belediyesi*. [Çevrimiçi] <http://www.burulas.com.tr/Default.aspx> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Dennis, S., tarih yok *Driving Simulators As A Mean Of Studying The Interaction Between Driver And Vehicle*, s.1.: Internal Volvo Report ER-520034.

EsTram, 2013. *EsTram*. [Çevrimiçi] <http://www.estram.com.tr/anasayfa.php> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2013. *Gaziantep Büyükşehir Belediyesi*. [Çevrimiçi] <http://www.gaziantep-bld.gov.tr/index.php> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

İstanbul Ulaşım A.Ş., 2013. *İstanbul Ulaşım A.Ş.* [Çevrimiçi] <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayl%C4%B1-sistemler.aspx> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

İZBAN A.Ş., 2013. *İZBAN AŞ.* [Çevrimiçi] <http://www.izban.com.tr/> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

İzmir Metro su, 2013. *İzmir Metro su*. [Çevrimiçi] <http://www.izmirmetro.com.tr/> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Johansson-Nordin, 2002. s.l.

Kayseri Ulaşım A.Ş., 2013. *Kayseri Ulaşım A.Ş.* [Çevrimiçi] <http://www.kayseriulasim.com/rayl%C4%B1-sistemde-hummal%C4%B1-%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fma.aspx> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Kemeny, A., tarih yok *Simulation and Perception*, s.l.: Direction de la Recherche - Research Division Technocentre Renault.

Konya Büyükşehir Belediyesi, 2013. *Konya Büyükşehir Belediyesi*. [Çevrimiçi] <http://www.konya.bel.tr/kurumsalayrinti.php?id=100> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Larousse, B., 1986. İstanbul: Milliyet Yayınları.

Leyla, Ş., 2003. *Türkiye'de Demiryolları ve Karayollarının Gelişim Süreci*. Ankara

MYK, 2011. *Tren Makinisti, Ulusal Yeterlilik*, Ankara

Pieter, V. W., tarih yok *The Use of Simulators in Basic Driver Training*, s.l.: SWOV Institute for Road Safety Research.

RGS, 2002. *GO/RT 3251 Issue 4*, London:

Rinalducci, 2002. s.l.

RSSB, 2005. *Good Practice Guide on Simulation as a Tool for Training and Assessment*, London: s.n.

Samulaş A.Ş., 2013. *Samulaş A.Ş.* [Çevrimiçi] <http://samulas.com.tr/Icerik.asp?contentId=6&SamRay=SHRS-Hatt%C4%B1> [28 08 2013 tarihinde erişilmiştir].

Slob, J., 2008. *State Of The Art Driving Simulators*, Eindhoven: Eindhoven University.

Viola, L., 2000. s.l.

EKLER

EK 1: Tasarlanan simülatör kitap sonundaki CD'de yer almaktadır.