

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HIZ KESİCİLERİN TRAFİK YÜKLEMESİ ALTINDAKİ  
DİNAMİK SİMÜLASYONU**

**Ali SÖZEN**

**Danışman: Yrd. Doc. Dr. Mesut TIĞDEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA – 2007**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                | i    |
| ÖZET.....                                                       | iv   |
| ABSTRACT.....                                                   | v    |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....                                          | vi   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                    | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                            | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                          | x    |
| 1. GİRİŞ.....                                                   | 1    |
| 2. KAYNAKÖZETLERİ.....                                          | 2    |
| 2.1. Simülasyonla İlgili Genel Çalışmalar.....                  | 2    |
| 2.2. İnşaat Mühendisliğinde Simülasyonla İlgili Çalışmalar..... | 12   |
| 2.3. Hız Kesiciler ile ilgili Çalışmalar.....                   | 15   |
| 3. METARYAL VE YÖNTEM.....                                      | 17   |
| 3.1. Hız Tümsekleri.....                                        | 17   |
| 3.1.1. Hız Tümsek Tipleri.....                                  | 17   |
| 3.1.1.1. Uzun Tümsekler.....                                    | 17   |
| 3.1.1.2. Düz Tepeli Tümseker.....                               | 18   |
| 3.1.1.3. Kısa Tümsekler.....                                    | 18   |
| 3.2. Simülasyon.....                                            | 21   |
| 3.2.1. Simülasyonun Tanımı.....                                 | 21   |
| 3.2.2. Simülasyonun Tarihçesi.....                              | 22   |
| 3.2.3. Simülasyonun Uygulama Koşulları.....                     | 23   |
| 3.2.4. Simülasyonun Süreci.....                                 | 24   |
| 3.2.4.1. Problem Tanımı ve Amaçlar.....                         | 26   |
| 3.2.4.2. Model Formülasyonu ve Planlama.....                    | 26   |
| 3.2.4.3. Veri Toplanması.....                                   | 27   |
| 3.2.4.4. Model Geliştirme.....                                  | 28   |
| 3.2.4.5. Doğrulama.....                                         | 28   |
| 3.2.4.6. Değerlendirme.....                                     | 29   |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.4.7. Denemeler.....                                                        | 29 |
| 3.2.4.8. Sonuçların Analizi ve Dokümantasyon.....                              | 31 |
| 3.2.4.9.Uygulama.....                                                          | 31 |
| 3.2.5. Simülasyonun Avantaj ve Dezavantajları.....                             | 32 |
| 3.2.5.1. Simülasyonun Avantajları.....                                         | 32 |
| 3.2.5.2. Simülasyonun Dezavantajları.....                                      | 33 |
| 3.2.6. Simülasyon Yöntemleri.....                                              | 33 |
| 3.2.6.1. Kesikli Simülasyon Yöntemi.....                                       | 33 |
| 3.2.6.2. Sürekli Simülasyon Yöntemi.....                                       | 35 |
| 3.2.6.3. Hibrit Simülasyon Yöntemi.....                                        | 37 |
| 3.2.7. Simülasyon Yapılma Amaçları.....                                        | 37 |
| 3.2.7.1. Gerçek Sistemin Olmaması.....                                         | 37 |
| 3.2.7.2. Gerçek Sisteme Erişilmesi Kolay Olmaması.....                         | 37 |
| 3.2.7.3. Gerçek Sistemle Deneyin Tehlikeli Olması.....                         | 37 |
| 3.2.7.4. Gerçek Sistemle Deneyin Rahatsız Edici Olması.....                    | 37 |
| 3.2.7.5. Analitik Çözüm Tekniklerinin Olmaması veya Zor Olması.....            | 38 |
| 3.2.7.6. Sistemin Çok Yavaş veya Çok Hızlı Olması.....                         | 38 |
| 3.2.7.7. Ekonomi.....                                                          | 38 |
| 3.2.8. Simülasyon Çesitleri.....                                               | 38 |
| 3.2.8.1. Bilgi Veren Simülasyonlar.....                                        | 39 |
| 3.2.8.2. Öğreten Simülasyonlar.....                                            | 41 |
| 3.2.9. Simülasyonun Uygulama Alanları.....                                     | 42 |
| 3.2.10. Simülasyon Alanındaki Son Gelişmeler.....                              | 43 |
| 3.2.11. Simülasyon Dilleri ve Kullanılan Paket Programlar.....                 | 46 |
| 3.2.11.1. Simülasyon Dillerinin Tarihsel Gelişimi.....                         | 46 |
| 3.2.11.2. Genel Amaçlı Programlama Dillerinin Gelişimi.....                    | 48 |
| 3.2.11.3. Genel Amaçlı Diller ile Simülasyon Dillerinin Karşılaştırılması..... | 49 |
| 3.2.11.4. İmalat Sistemleri Modellemesinde Kullanılan Simülasyon Dilleri.....  | 50 |
| 3.2.11.5. Yaygın Simülasyon Paket Programları.....                             | 51 |
| 3.3. MATLAB.....                                                               | 51 |
| 3.3.1. Matlab Hakkında Genel Bilgi.....                                        | 51 |
| 3.3.2. Matlab İle Yapılabilecek Çalışmalar.....                                | 52 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 3.3.3. Matlab Ortamında Simülasyon: Simulink..... | 53 |
| 3.3.4. Simulink Kullanım Sebepleri.....           | 54 |
| 3.3.5. Simulink’in Belirleyici Özellikleri.....   | 54 |
| 3.3.6. Simulink’te Örnek Bir Çalışma.....         | 56 |
| 4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....                        | 67 |
| 5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....                          | 89 |
| 6. KAYNAKLAR.....                                 | 90 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                     | 93 |

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

# **HIZ KESİCİLERİN TRAFİK YÜKLEMESİ ALTINDAKİ DİNAMİK SİMÜLASYONU**

**Ali SÖZEN**

**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yoğun şehir içi trafiğinde araçlara en az şekilde etki ederek trafiğin genel işleyişini ve uyumluluğunu bozmadan araçları yavaşlatarak trafik akışını sağlamak için uygulanan hız tümseklerinin çeşitli boyutlarda ki incelenmesi bu çalışmanın ana eksenini oluşturmaktadır. Çeşitli hız tümseklerinin değişik hızlardaki araçlara yaptığı etki incelenmiştir. Tekerlek ivmesine, araç ivmesine, tekerlek yer değiştirmesine, araç yer değiştirmesine göre incelemeler ve kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslamalar yapılırken matlab/simulink yöntemi kullanılmıştır.

Matlab/simulink ile elde edilen veriler grafiklere işlenerek en uygun hız tümseğinin seçimi hakkında bir fikir sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelime:** Hız Tümseği, Simulink, İvme, Yer Değiştirme

**2007,93 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DYNAMIC SIMULATION OF THE SPEED BUMPS UNDER TRAFFIC LOADING**

**Ali SÖZEN**

**Suleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Civil Engineering Department**

The main topic of this practice is to examine the use of speed bumps to preserve traffic flow by reducing the vehicle's speed with the least amount of impact. The impact of various speed bumps on vehicles with various speed has been examined. Wheel acceleration, vehicle acceleration, the change of location of the Wheel, change of location of the vehicle analysis and comparisons have been made. Matlab/simulink method has been used for the comparisons.

The data obtained from matlab/simulink has been processed into graphics to provide information for selecting the most suitable road furrow.

**Key Words:** Speed Bumps, Simulink, Acceleration, Change of Location

**2007, 93 pages**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Dünyada simülasyon ile çalışmalar 1950'li yıllarda başlamış ve günümüze kadar gelişmeler göstererek gelmiştir. Bu gelişmelerle birlikte simülasyon çok yaygın bir hal almıştır. Çalışmada matlab/simulink ile modellenmiştir.

Yüksek Lisans tez çalışmamı yöneten Sayın Yrd. Doç. Dr Mesut TİĞDEMİR'e ve her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

**AE SÖZEN**  
ISPARTA, 2007

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
| m1 | Gövde kütlesi                           |
| m2 | Süspansiyon kütlesi                     |
| k1 | Süspansiyon sisteminin yay sabiti       |
| k2 | Lastik ve tekerleğin yay sabiti         |
| b1 | Süspansiyon sisteminin sönümleme sabiti |
| b2 | lastik ve tekerleğin sönümleme sabiti   |
| w  | Yolun vermiş olduğu sarsıntı            |
| x1 | 1.İntegratörün çıkış hattı              |
| v1 | 2 İntegral arasındaki hat bağlantısı    |
| a2 | Birinci integratörün giriş hattı        |
| x2 | İkinci integratörün çıkış hattı         |
| h  | Hız tümseği yüksekliği                  |
| L  | Hız tümseği uzunluğu                    |
| Kc | Amortisör (yay) sabitini,               |
| Kt | Tekerlek yaylanma sabitini              |
| Bc | Araç sönümleme sabitini                 |
| Bt | Tekerlek sönümleme sabitini             |
| X1 | Araçta meydana gelen tepkiyi            |
| X2 | Tekerlekte meydana gelen tepkiyi        |
| W  | Yoldan kaynaklanan tepkiyi              |
| Mc | Araç ağırlığı                           |
| Mt | Tekerlek ağırlığı                       |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Uzun Tümsek Profili.....                                           | 17 |
| Şekil 3.2. Uzun Tümsek Örneği.....                                            | 18 |
| Şekil 3.3. Oval ( Plastik ) Hız Kesici Kasis.....                             | 18 |
| Şekil 3.4. Klasik ( Plastik ) Hız Kesici Kasis.....                           | 19 |
| Şekil 3.5 Kauçuk Hız Kesici Kasisi - 1.....                                   | 20 |
| Şekil 3.6. Kauçuk Hız Kesici Kasisi – 2.....                                  | 21 |
| Şekil 3.7. Bir Simülasyon Çalışmasındaki Adımlar.....                         | 25 |
| Şekil 3.8. Bir Simülasyon Programı İçin Kullanıcı Arayüzleri.....             | 47 |
| Şekil 3.9. Otobüs Süspansiyon Sistemi Diyagramı.....                          | 57 |
| Şekil 3.10. İntegratör Bloklarının Eklenmesi.....                             | 59 |
| Şekil 3.11. Kazanç ve Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi.....                  | 60 |
| Şekil 3.12. Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi.....                            | 61 |
| Şekil 3.13. Diğer Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi.....                      | 62 |
| Şekil 3.14. Step Bloğunun Eklenmesi.....                                      | 63 |
| Şekil 3.15. Derivative Bloğunun Eklenmesi.....                                | 64 |
| Şekil 3.16. Step Bloğu ve Scope Bloğunun Eklenmesi.....                       | 65 |
| Şekil 3.17. Sistemin Açık Çevrim Hesabı.....                                  | 66 |
| Şekil 4.1. İncelenen Sistemin Genel Modeli.....                               | 67 |
| Şekil 4.2. Sistem Modelinin Matlab/simulink te Diyagramlar ile Gösterimi..... | 71 |
| Şekil 4.3. Tip 1 - Tekerlek İvmesi.....                                       | 73 |
| Şekil 4.4. Tip 1 - Tekerlek Yer Değiştirme.....                               | 73 |
| Şekil 4.5. Tip 1 - Araç İvmesi.....                                           | 74 |
| Şekil 4.6. Tip 1 - Araç Yer Değiştirmesi.....                                 | 74 |
| Şekil 4.7. Tip 2 - Tekerlek İvmesi.....                                       | 75 |
| Şekil 4.8. Tip 2 - Tekerlek Yer Değiştirmesi.....                             | 75 |
| Şekil 4.9. Tip 2 - Araç İvmesi.....                                           | 76 |
| Şekil 4.10. Tip 2 - Araç Yer Değiştirmesi.....                                | 76 |
| Şekil 4.11. Tip 3 - Tekerlek İvmesi.....                                      | 77 |
| Şekil 4.12. Tip 3 - Tekerlek Yer Değiştirmesi.....                            | 77 |
| Şekil 4.13. Tip 3 - Araç İvmesi.....                                          | 78 |

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.14. Tip 3 – Araç Yer Değiştirmesi.....     | 78 |
| Şekil 4.15. Tip 4 – Tekerlek İvmesi.....           | 79 |
| Şekil 4.16. Tip 4 – Tekerlek Yer Değiştirmesi..... | 79 |
| Şekil 4.17. Tip 4 – Araç İvmesi.....               | 80 |
| Şekil 4.18. Tip 4 – Araç Yer Değiştirmesi.....     | 80 |
| Şekil 4.19. Tip 5 - Tekerlek İvmesi.....           | 81 |
| Şekil 4.20. Tip 5 - Tekerlek Yer Değiştirmesi..... | 81 |
| Şekil 4.21. Tip 5 - Araç İvmesi.....               | 82 |
| Şekil 4.22. Tip 5 - Araç Yer Değiştirmesi.....     | 82 |
| Şekil 4.23. Tip 6 - Tekerlek İvmesi.....           | 83 |
| Şekil 4.24. Tip 6 - Tekerlek Yer Değiştirmesi..... | 83 |
| Şekil 4.25. Tip 6 - Araç İvmesi.....               | 84 |
| Şekil 4.26. Tip 6 - Araç Yer Değiştirmesi.....     | 84 |
| Şekil 4.27. Tip 7 - Tekerlek İvmesi.....           | 85 |
| Şekil 4.28. Tip 7 - Tekerlek Yer Değiştirmesi..... | 85 |
| Şekil 4.29. Tip 7 - Araç İvmesi.....               | 86 |
| Şekil 4.30. Tip 7 - Araç Yer Değiştirmesi.....     | 86 |
| Şekil 4.31. Tip1 - Araç İvmesi.....                | 87 |
| Şekil 4.32. Tip 3 - Araç İvmesi.....               | 87 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1 Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan Sabit Değerler.....    | 68 |
| Çizelge 4.2. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 1.Kombinasyonlar..... | 69 |
| Çizelge 4.3. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 2.Kombinasyonlar..... | 70 |
| Çizelge 4.4. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 3.Kombinasyonlar..... | 70 |

## 1. GİRİŞ

Günümüz Türkiye si sürekli olarak büyüme eğiliminde olup, gerek ekonomi olarak gerekse de sanayi olarak sürekli bir atılım içerisinde. Bu büyüme bütün iş kollarında ve bütün sektörlerde kendini hissettirmektedir. Özellikle büyük illerimizde bu artış lineer bir ilerleme göstermemekte, ivmeli bir artış belirmektedir. Büyüyen ve sanayileşen kentlerde ister istemez nüfus artmakta, bununla paralel olarak kent içinde büyük bir yoğunluk doğmaktadır. Bir silsile halinde gelişen bu olgular sonuçta hem toplu taşıma, hem de özel taşımacılık olsun yoğunluğu iyiden iyiye artırmaktadır.

Artan bu yoğunlukta kent içi trafik yoğunluğu inanılmaz ölçüde büyümekte, planların dışına çıkan büyümelerde ise tam bir karmaşa oluşmaktadır. İşte bu karmaşayı önlemek için şehir içinde yapılan ve önceden sokak veya cadde iken şu an itibari ile otobanlara dönüşen yollarda hızları kontrol altına almak, belirli bir sınırın altında tutmak bir hayli zor olmaktadır.

Büyük trafik yoğunluğuna sahip kentlerde araçlara hız sınırlaması getirme için yapılan hız tümseklerinin araçlarda ne gibi bir etki yarattığı incelenmiştir.

Bu çalışmada araçların farklı hızlarda, farklı kasislerden geçerken oluşan dinamik olaylar bilgisayar ortamında simülasyon yapılarak incelenmiştir. belirli hızlarda, özellikleri belli olan hız tümseklerinden geçen araçta oluşan düşey deplasmanlar ve ivmelenmenin zamanla olan değişimleri elde edilerek bir anlamda bu tümseklerin etkileri değerlendirilmiştir.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

Bu bölümde tez çalışması ile ilgili kaynaklarda yayımlanmış bilgiler özetlenmiştir. Kolay anlaşılabilir olması için bu çalışmalar; Simülasyonla ilgili Genel Çalışmalar, İnşaat Mühendisliğinde Simülasyonla İlgili Çalışmalar ve Hız Kesicilerle İlgili Çalışmalar başlıkları altında gruplandırılmıştır.

### **2.1 Simülasyonla İlgili Genel Çalışmalar**

Kandemir (2006), vinçler, günümüzde ağır cisimlerin bir yerden başka bir yere nakledilmesinde en çok kullanılan yapılar olup; genellikle operatör kontrolünde manuel hareket ettirilmektedirler. Bu da sistemde istenmeyen salınımlara yol açmakta hem cismin kontrolsüz şekilde taşıyıcı halat etrafında osilasyona girmesine yol açmakta; hem de etraftaki diğer cisimler; çalışanlar için hayati tehlike oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, farklı iki kontrol metodu kullanarak sisteme kontrolcü tasarlanmış ve vinç salınımlarını en aza indirerek pozisyon kontrolü yapılması amaçlanmıştır. Öncelikle en çok kullanılan vinç yapısı olan tepe vinci sistemi ele alınmış; 2 boyutta dijital sistem modellemesi yapılarak sistem karakteristikleri elde edilmiştir. Bulunan karakteristikler lineerleştirilerek üzerinde asıl çalışılacak olan lineerleştirilmiş sistem durum-uzay modelinde gösterilmiştir. Sistem modelleri Simulink yazılımı ile görsel forma sokulmuş; denklemlerin elde edilmesinde ise Matlab yazılımından faydalanılmıştır. Kontrol edilebilirlik ve gözlenebilirlik kavramları işlenmiş ayrıca servo sistemler ele alınarak sistemin teorisine katkı sağlanmıştır.

Sistemin tahmin edici-gözlemci dizaynı yapılarak tüm durum değişkenleri elde edilerek yapılan modele eklenmiştir. Kontrolcü olarak kutup yerleşim metodu ve LQR (linear quadratic regulator) yöntemleri seçilerek; sistem bu iki kontrolcü için teker teker ele alınarak sistem cevapları elde edilmiştir. Elde edilen cevaplar daha sonra dış distürbanslara karşı test edilerek sonuçları gözlenmiştir. Vinçlerde taşınacak cisimlerin ağırlıkları değişken olduğundan; son olarak bulunan katsayılar

ile yapılan geri besleme kontrol sistemleri, değişken yüklerde denenerek sonuçları analiz edilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonrasında elde edilen grafiklerden sonuçlar çıkartılarak; aynı sisteme uygulanan LQR ve kutup yerleşim metotlarının birbirlerine olan üstünlükleri ve zayıflıklarına dikkat çekilerek tez sonlandırılmıştır.

Matematiksel işlemler gerçekleştirilirken klasik yöntemler ile sistem çözümlenmiş; ayrıca Matlab komut satırları da açıklanarak teze eklenmiştir.

Kalebek (2006), Türk Traktör fabrikasındaki 1 numaralı esnek üretim hattına gelen işlerin çizelgelenmesi için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu simülasyon modeli ile üç farklı çizelgeleme kuralının çeşitli kriterler altında sistem performansına etkisi araştırılmış ve hangi çizelgeleme kuralının hangi şartlarda diğerlerinden daha üstün olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, 1 numaralı esnek üretim hattı için en kısa işlem süreli parçalara öncelik verilmesinin, parçaların sistem içinde geçirdikleri zaman ve kuyruklarda bekleme süresi açısından en iyi sonuçları verdiği saptanmıştır.

Hoyur (2006), bu tezin amacı zorlu rekabet ortamında lojistik şirketlerine stratejik ve operasyonel karar verme süreçlerinde destek sağlamaktır. Bu bakış açısıyla Arena tabanlı bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Model şirketin depolama sistemini ve bu sistemin elemanları arasındaki ilişkiyi kapsamlı bir şekilde anlaması, değişikliklerin sistem üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde görmesi ve modelin çıktılarına göre sistem üzerinde anında ve uygun değişiklikler gerçekleştirebilmesi için hızlı, esnek ve etkin bir yöntem sunmaktadır. Stratejik kararlar yeni, büyük depoların tasarımı sırasında gerekli slot ve kapı sayıları ile ihtiyaç duyulan iş gücü ve ekipman miktarlarının belirlenmesini içermektedir. Simülasyon modeli operasyonel karar verme sürecinde deponun operasyonel karakteristiklerinin anlaşılması, vardiyaların planlanması ve depo giriş-çıkış trafiğinde azalma olması halinde forklift ve iş gücü miktarlarında ihtiyaç duyulacak değişikliklerin değerlendirilmesi için yararlı bir araçtır. Ayrıca modelden girecek ve çıkacak kamyon sayılarının belirli olduğu saat aralıkları için ekipman ve iş gücü ihtiyaçlarının araştırılmasında faydalanılır. Üçüncü parti lojistik şirketi, simülasyon modelinin çıktılarından yararlanarak müşterilerinin depolama işlemlerindeki fiyat, kalite ve çeşitlilik konularındaki beklentilerini daha verimli bir şekilde karşılayabilir.

Bolat (2006), yoğun trafiğin bulunduğu yüksek katlı binalarda tesis edilen birden fazla kabinli asansör tesislerinin sunduğu hizmetin niteliksel olarak yeterli olmasının yanında, binanın faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemeyecek düzeyde hızlı, verimli ve bekleme olmaksızın çalışmaları beklenmektedir. Asansörlerin niceliksel olarak yüksek performanslı çalışabilmeleri, bilgisayar esaslı grup kontrol sistemlerinin uygulamasıyla mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada; asansör kontrol sisteminin genetik algoritma ile simülasyonu ve optimizasyonu ele alınmış ve geliştirilen yazılım tanıtılmıştır. Genetik algoritmalar günümüzde optimizasyon problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar kullanılarak, bina karakteristiğine göre en uygun kabin veya kabinler bina içinden gelen çağrılara yönlendirilmektedir. Genetik algoritmaların esası, tipleri ve kullanım avantajları belirtildikten sonra genetik algoritmada kullanılan uygunluk fonksiyonu ele alınmıştır. Uygunluk fonksiyonun matematiksel ifadesi hazırlanan bir program yardımıyla açıklanmış ve genetik algoritmada kullanılan operatörler anlatılmıştır. Genetik algoritma kullanılan simülasyon programı sayesinde değişik bina tiplerine ve karakteristik değerlere göre trafik analizi yapılmış, gelen çağrılara en uygun kabin veya kabinlerin yönlendirilmesi için algoritma dizayn edilmiş, simülasyon sonuçları elde edilmiştir. Seçilen asansör konfigürasyonu, elde edilen ortalama seyir zamanı, ortalama seyahat zamanı ve ortalama bekleme zamanı ve performans oranı grafikler yardımıyla değerlendirilerek, seçimin uygunluğu belirlenmiştir. Böylece asansörlerin daha verimli kullanımı sağlanmakta, binalarda sağladıkları düzenli trafik akışıyla, insanların seyahat ve bekleme zamanları azaltılmaktadır.

Çadırılı (2006), bu çalışmada, elektrik donanımlarının farklı çalışma koşulları altında performansını değerlendirmek için geliştirilen üç farklı Benzetim-Uyartım arayüz modeli sunulmuştur. Donanım sistemlerinin simülasyon modelleri Matlab/Simulink kullanılarak geliştirilmiştir. Arayüz parametrelerinden örnekleme periyodu ve zaman gecikmesinin sistem kararlılığına olan etkisi simülasyonlar ile incelenmiştir. Dijital ve analog oransalintegral kontrolörlü çevrimde donanım sistemlerin çalışma performansları karşılaştırılmıştır. Son olarak bağımlı kaynaklı analog Sim-Stim arayüz modeli lineer bir elektrik devresine uygulanmış ve devre elemanlarının farklı

değerleri için zaman gecikmesinin maksimum güç transferine olan etkisi Matlab/Simulink ortamında yapılan simülasyonlar ile analiz edilmiştir.

Denizhan (2006), lojistik yönetim sadece lojistik problemlere değil, imalatı yer alan temel problemlere de çözümler getirebilmektedir. Başarılı lojistik prosesleri; genel bir fonksiyona sahip, her tür yatırım için envanteri minimize eden, talebe cevap vermekteki esnekliği maksimize eden ve doğru ürünü doğru zamanda teslimi en düşük maliyetle gerçekleştirmeyi hedefleyen proseslerdir. Dolayısı ile doğru ve tam lojistik veriler doğru lojistik kararları ve doğru yönetim kararlarını oluştururlar. İşletmelerde temel prensip her bir işletme faaliyetinin işletme amaçları ile örtüşmesidir. Lojistik ise hem üretici hem de dağıtıcı firmalar için temel işletme faaliyetidir ve diğer işletme süreçlerini de etkileyen altı çizilmesi gereken bir faaliyettir. Dolayısı ile işletme faaliyetlerini lojistiksiz düşünmek güçtür. Lojistik faaliyetleri girdi lojistiği, çıktı lojistiği ve imalat lojistiği olarak sınıflandırılabilir. Birbirleri ile kesin hatlarla ayrılmamakla beraber özellikle imalatı destekleyerek imalatın ve diğer lojistik faaliyetlerin öncelikli olarak fabrika içi etkinliği sağlayabilirler. Bunu gerçekleştirebilecek en önemli fonksiyon ise imalat lojistiğidir. İmalat lojistiğinin temel amacı imalatın planlanan süre ve kalitede gerçekleşmesini sağlayacak lojistik fonksiyonları yönetmektir. Bunu gerçekleştirmenin en etkin yolu ise malzeme akış hızının imalat hızı ile olan eşzamanlılığının sağlanmasıdır. Ayrıca ara stokların güncel takibi ve ara stokların azaltılması da sistemin etkinliğini sağlayacaktır. Bu çalışmada imalat lojistiği modeli (\_L\_MOD) geliştirilmiş ve benzetim aşaması elektrik ürünleri üreten bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Modelin en önemli farklılıkları imalat lojistiğinin etkinliğini artırarak, talep tahminlerinin imalat ile aynı anda lojistik birimine gelmesi ve lojistik planlamanın imalat ile karşılıklı görüşmelerle gerçekleşmesi ve aynı zamanda bu bilgilerin oluşmasında anlaşma yapılan kritik tedarikçilerin üretim programlarının ve stok bilgilerinin kullanılmasıdır. Böylece lojistik imalat için bir öngörüş oluşturmaktadır. Ayrıca lojistik biriminin görevi imalat aşamasında da atölye kontrol faaliyetini de üstlenip imalatı ve bakım gibi malzeme ve bilgi akışının gerçekleştiği ilgili birimleri de yönlendirici bir rol üstlenmektedir. Amacı ara stokları ve çevrim süresini azaltarak teslim tarihi performansını artırmak olan benzetim modeli oldukça fazla alt bileşene

sahip olan elektrik ürünlerinden iki adeti seçilerek ProModel ile yapılmıştır. Benzetim sonuçları oran testi ve t testi ile değerlendirilerek firma için olması gereken değişiklikler önerilmiş ve firmanın karar sürecinde etkili olmuştur. İmalat lojistiği modeli (\_L\_MOD) ile ara stoklar azalmış, çevrim sürelerinde kısmi kısalma meydana gelmiştir. Model yalnız imalat bölümüne değil lojistik bakışla bütün şirketin toplam verimini artırıcı etkide bulunmuştur. Atölye kontrolü ile de imalat aşamasında düzenli malzeme akısı ve imalat ile olan eşzamanlılık sağlanmaya çalışılmıştır.

Güney (2006), bu çalışmada, endüstride neredeyse her alanda kullanılan 8051 mikrodenetleyicisinin, öğretiminin kolaylaştırılmasını sağlayan simülatör tasarımı amaçlanmıştır. Öğretim ve tasarım amaçlı hazırlanan bu simülatörün yapımında diğer simülatörlerden farklı olarak, assembly kodların adım adım çalıştırılması sırasında ilgili komutun etkilediği yazmaçların ve bayrakların takibini kolaylaştıran bir yapı kullanılmıştır. İkinci farklılık ise, mikrodenetleyici portlarına kolaylıkla bağlanabilen (anahtar, buton, yedi parçalı gösterge, led) elemanları içeren bir araç kutusu eklenmiştir. Bu araç kutusundaki elemanların portlara bağlantısı assembly kodları derlendikten sonra da yapılabilir. Böylece tasarlanan simülatör bir mikrodenetleyici deneme kartı gibi de kullanılabilir. Hazırlanan simülatörün bu iki özelliği ile 8051 mikrodenetleyicisinin yapısının daha kısa sürede ve kolay anlaşılması sağlanmaya çalışılmıştır.

Beşikçi (2006), paralel ve dağınık benzetim, Nesne yönelimli modelleme Atölye Tipi imalat Ortamı Kontrol Mimarileri (AT\_OKM) Esnek Üretim Sistemlerinin (EÜS) kontrolü için sunulmuş çözümlerdir. Hiyerarşik AT\_OKM sorumluluklara göre atölyeyi seviyelendirerek problemin karmaşıklığını indirgemeyi amaçlamaktadır. Dağınık AT\_OKM ise sistemi bağımsız ama birlikte çalışan bir ajanlar topluluğu olarak görmektedir. İşlevsel ve etkili kontrol mimarileri geliştirebilmek için benzetim yöntemi konfigürasyon üstünlüğü ile uygun bir yöntem bilimi olarak ortaya çıkmaktadır. Birbiriyle mesajlaşan birimlerden oluşan bir sistemin modellenmesi iletişim sisteminin göz önüne alınması gibi ek önem noktaları doğurmaktadır. Bu sebepten dolayı Paralel ve Dağınık Benzetim (P/DB) yöntemi yukarıda belirtilen

sistemler için uygun bir modelleme aracı haline gelmektedir. Bu tez çalışmasında, dağınık ve hiyerarşik kontrol mimarileri için zaman adımlı, P/DB benzetim uygulamaları geliştirilmiştir. Böylelikle değişik mimariler için yeni karar yaklaşımlarını, bilgi paylaşım yapılarını ve ya iletişim altyapılarını deneyebilmek için bir test yatağı geliştirilmiştir. Bu uygulamaları geliştirmek için Boğaziçi Üniversitesi Esnek Otomasyon ve Zeki İmalat Laboratuvarında geliştirilen kontrol mimarileri temel alınmıştır. Uygulamalar nesne tabanlı ve modüler bir metodoloji izlenerek geliştirilmiştir, böylelikle benzetim ve gerçek zamanlı uygulamalar arasında kolay bir geçiş sağlanmıştır.

Almaz (2006), Türk Boğazları, Karadeniz ve Akdeniz arasında tek denizyolu olarak büyük stratejik ve ekonomik önemdedir. Son yıllardaki transit gemi sayısındaki artış ve yoğun yerleşim bölgelerine ve bununla birlikte bu dar suyunun yoğunlukla Avrupa ve Asya kıyıları arasında çalışan yoğun yerel trafiğe çok yakın geçen ciddi miktarda tehlikeli yükler Türkiye için derin bir endişe kaynağıdır. Bu çalışma İstanbul Boğazı'ndaki transit trafik için bütünleşik bir benzetim modeli geliştirmeyi ve geçiş talebinin tip ve sıklığının yanı sıra çeşitli doğal etkilerin, kaynak ve karar/politika kurallarının sistem üzerindeki etkilerini incelemek için senaryo analizi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, dikkate alınan başarımlar ölçüleri geçen gemi sayısı ve tipi, gemi geçiş süreleri ve bekleme zamanları, kuyruklardaki gemi sayıları, Boğaz boyunca gemi yoğunlukları, kılavuz kaptan ve römorkör kullanım oranlarıdır. Bu başarımlar ölçülerine gemi geliş oranı, gemi özellikleri, kılavuz kaptan ve römorkör bulunabilirliği, akıntı koşulları, gemiler arası takip mesafesi, görüş mesafesi ve mevsimsel koşullar gibi faktörlerin etkilerini incelemek için senaryo analizleri tasarlanmıştır. Bu bakış ile, Boğaz trafik benzetim modeli ayrıntılı transit gemi geliş süreci modeli, rassal bir görüş mesafesi ve rassal bir akıntı modeli ile donatılmıştır. Güncel İstanbul Boğazı trafik kuralları ve düzenlemeleri, mevcut kılavuz kaptan ve römorkör hizmetleri, trafik şeritleri ve sollama koşulları da modele yüklenmiştir. Ayrıca, yapıyı daha iyi anlatmak ve modeli gerçek zamanlı bir karar destek ve eğitim aracı olarak konumlandırmak için modelin canlandırması geliştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları faktörler ve karşılıkları arasındaki ilişkileri açığa çıkarırken gemi gelişleri ve gemi özellikleri gibi dışsal faktörlerin ve kılavuz

kaptan ve römorkör sağlanması ve Boğazdaki takip mesafesi gibi kontrol araçlarının da önemine işaret etmektedir.

Özbey (2006), bu çalışmada ters ikili sarkaç sistemi modellenerek bir kontrolcü geliştirilmiştir. Öncelikte problem tanıtılmış ve konu üzerinde yapılmış çalışmalar incelenmiş, daha sonra çalışma esnasında kullanılacak yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ters ikili sarkaç için bir kontrolcü geliştirme amacıyla öncelikle ters sarkaç problemi incelenmiştir. Geliştirilen ve başarılı olan kontrol kanunu ters ikili sarkaç üzerinde denenerek başarılı olduğu görülmüştür. Geliştirilen kontrol kanunları lineerize edilen sistem üzerinden tasarlanan tam durum geri beslemesi ve nonlinear sistem için tasarlanan geri besleme ile lineerleştirme yöntemlerinin kademeli olarak kullanılması esasına dayanmaktadır. Son bölümde geliştirilen kontrol kanunu irdelenerek gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

Er (2006), çalışmanın temel amacı; İstanbul'da mevcut çevresel-mekânsal sorunların aşılmasında kullanılabilecek, kentsel planlama sürecine yön verebilecek, kent yönetimi ve organizasyon çalışmalarına olanak sağlayacak, farklı kentsel planlama çalışmaları için de alternatif olabilecek CBS tabanlı bir yaklaşım getirebilmektir. Çalışma kapsamında; Öncelikle CBS konusunda teorik bilgiler ortaya konulmuş, çalışma süresince etkin olarak kullanılan ArcGIS hakkında bilgi verilmiştir. İkinci olarak araştırma alanı olarak belirlenen İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde doğal yapıya ve yerleşimlere ilişkin 1/100.000 ölçeğinde sayısal veri katmanları üretilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak da araştırma alanının çevresel-mekânsal sürdürülebilirliği sorgulanmış, araştırma alanında alt ölçekli çalışmalarda rehber olabilecek mekânsal-yönetimsel kümeler tanımlanmış ve benzeri çalışmalarda doğal kaynaklara ilişkin sorgulamalarda kullanılabilecek bir model önerisi geliştirilmiştir. Tanımlanan modelin İstanbul örneğinde analiz-sentez çalışmalarında kullanılması sonucunda, model, kullanıcılar ve karar verme mekanizmaları için CBS nin ihtiyaç duyduğu en önemli bileşenlerinden olduğu gözükken veri üretimi, toplama, güncelleme ve sorgulama yöntemleri konularında sunduğu olanakların geliştirilmesine imkân sağlamıştır. Bununla birlikte; CBS'nin kentsel planlama çalışmalarının vazgeçilmez bir aracı olduğu ve neredeyse insan

kültürünün etkin olduğu her alanda rehber olabilecek nitelikte çalışmalara olanak sağladığı ve çok farklı eklerde çalışma olanağına sahip olduğu görülmüştür.

Baktır (2006), Yüksek Düzeyli Mimari (HLA - High Level Architecture), benzetim sistemlerinin birlikte çalışabilirliği ve tekrar kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla, Amerikan Savunma Bakanlığı'na bağlı Modelleme ve Benzetim Ofisi tarafından tanımlanmış bir belirtimdir. Bu belirtime göre, HLA uyumlu benzetim sistemleri geliştirilirken izlenmesi gereken adımlar da Federasyon alışma ve Geliştirme Süreci (FEDEP) ile tanımlanmıştır. FEDEP adımlarını gerçekleştirirken yardımcı araçların kullanımı etkinliği artırır. Bu amaca yönelik çeşitli araçlar geliştirilmiştir, fakat bu araçların eksiklikleri bulunmaktadır. Mevcut modelleme araçlarının tespit edilen üç önemli eksiği, yeterli görsel modelleme desteklerinin olmaması, davranış modellemesine olanak sağlamamaları ve bütünleşik bir platformun bir parçası olmamalarıdır. Bütünleşik bir platformun parçası olarak gerçekleştirilmiş modelleme araçlarının bir kısmı ise çalıştıkları platformun lisansıyla kullanılabilirdiklerinden pahalıya mal olmaktadır. Mevcut araçların eksikliklerini taşımayan, açık kaynak kodlu ve tamamıyla ücretsiz olarak dağıtılan bir platform olan Eclipse platformu üzerinde özgün bir HLA araç setinin tasarımı yapılmıştır. Araç setinin modelleme, otomatik kod üretme, izleme ve sınaama araçlarını içermesi planlanmış fakat bu tez kapsamında sadece IEEE 1516.2 OMT belirtimine uyan bir HLA FOM modelleme aracı gerçekleştirilmiştir.

İstanbuluoğlu (2006), bu tez, dağıtılmış hat MEMS iletim hattı (DMİH) faz kaydırıcılarını, devre modellemesi, tasarımı ve faz kaydırma performansının iyileştirilmesi vurgulanarak sunmaktadır. Köprü genişliği 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük olan DMİH'ların birim kesitleri için yeni bir modelleme yöntemi ortaya konmuştur. Önerilen model EM benzetim sonuçlarıyla ve CLR modellemesiyle karşılaştırılmıştır. Köprü genişliği 50  $\mu\text{m}$ 'den büyük olan yapılar, önerilen yöntem CLR'a göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Benzetimleri yapılan yapılar, METU mikro-elektronik tesislerinde taban malzemesi cam, yapısal malzemeler de altın olacak şekilde üretilmiştir. 1-20 GHz arası llen S-parametreleri önerilen modelle karşılaştırmıştır. Araya girme kaybındaki artış dışında ölçümler modelle bire bir

uyum göstermektedir. Ölçüm sonucunda, 20 GHz'te 2 dB araya girme kaybı, 15 dB yalıtım elde edilmiştir. Önerilen modelin S-parametreleri ABCD parametreleri cinsinden ifade edilmiştir. Hattaki kayıp ve faz kaydırma miktarı elde edilen S-parametreleri cinsinden bulunmuştur. Bulunan ifadeler MATLAB kodu olarak tekrar yazılmış ve bu kod yardımıyla derece/kayıp performansı hesaplanmıştır. Bu sayede köprü genişliği ve sinyal hattı genişliğine göre değişen faz kaydırma/kayıp (derece/dB) grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklerden belirli bir DMİH faz kaydırıcı için maksimum derece/dB veren köprü ve sinyal hattı genişliği tespit edilebilmektedir. DMİH faz kaydırıcının derece/kayıp performansını arttırmak için, DMİH hattı yapısında fiziksel bir değişiklik yapılması önerilmiştir. Yapılması planlanan değişiklik, sinyal hattına açık uçlu eş düzlemsel dalga kılavuzu kütük yerleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu kütüğün açık olmayan ucu da köprüye bağlanmaktadır. Bu sayede, kütük kapasitansı da köprünün paralel kapasitansına eklenir ki bu da sonuçta elde edilen faz kaydırma miktarında bir artış demektir. EM benzetim sonuçları, 25  $\mu$ m genişliğindeki köprülerin, köprü yüksekliğinin % 15 oranında değişmesi sonucu 217 derece/dB'lik bir performans öngörmektedir.

Karataş (2006), bu tezde düşük yörüngeli bir uydunun davranış hareketini kontrol etmek amacıyla doğrusal olmayan denetleçlerin sistem üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda elde edilen doğrusal olmayan denetleçlerin performansları doğrusal denetleçler kullanılarak elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Benzetimler Matlab ve Simulink yazılımları ile yapılmış olup BILSAT-1 uydusunun parametreleri uygulanmıştır. Tetikleyici olarak tepki tekerleri kullanılmıştır.

Çörekçioğlu (2006), bu tez kapsamında, tekstil ürünlerinin üretiminde darboğaz olarak algılanan dokuma sürecinde karşılaşılan önemli problemlerden birisi olan dokuma tezgâhlarında çizelgeleme problemi incelenmektedir. Önerilen model, dokuma bölümünde birden fazla farklı yeteneklerde dokuma tezgâhının bulunduğu, dokunması gereken ürünlerin farklı özellikler barındırdığı durumlarda kullanılabilir. Model, tek levant kullanımı ile normal yapılı kumaşların üretimini gerçekleştiren dokuma süreçleri için önerilmektedir. Modelde, dokunacak islerin bölünmesine ve dolayısıyla bir isin aynı anda birden fazla dokuma tezgâhında dokunmasına olanak

sağlanmaktadır. Aynı zamanda model, makinelerin yeteneklerini ve kullanılabilirliklerini dikkate almaktadır. Bunun yanı sıra, modelde levent değişimi, desen değişimi ve dokuma tezgâhlarının bakımları dikkate alınmıştır. Önerilen model, dokuma tezgâhlarının verimliliğini artırmak ve geciken işlerin sayısını azaltmak amacını güden sezgisel bir yaklaşımdır. Model, bir dizi \_s Süreçleri Modelleme Notasyonu (Business Process Modeling Notation - BPMN) diyagramı aracılığı ile açıklanmıştır. BPMN diyagramları, kullanıcıların süreci daha iyi anlamalarına; bu da, modelin uygulama sansının arttırılmasına yardımcı olur. Ayrıca, modelin yazılımının geliştirilmesinde temel teşkil eder. Bu tez, ayrıca, çizelgeleme, dokuma ve BPM üzerine kapsamlı bir önbilgi sunmaktadır. Modelin olgunlaştırılması için tekstil üretim işletmelerinin dokuma bölümünde çalışan yetkililerle birlikte çalışılmış böylece modelin pratik kullanıma yönelik olmasına çaba harcanmıştır.

Akmehmet (2006), bilgisayar teknolojilerindeki gelişme, gittikçe artan bir ivme ile toplumsal hayatı etkilemektedir. Bu etkiler, bireyler, kurumlar, topluluklar ve toplumsal yapılar üzerinde varlıklarını farklı doğrultularda ve farklı amaçlara yönelik hissettirmektedirler. Bilgisayar tabanlı çalışmaların içinde bulunduğu farklı sektörler arasında, mimarlık ve tasarım sektörünün çok büyük bir yere sahip olduğu ise bir gerçektir. Bilgisayar faktörünün tasarım sürecine ve sonucuna dâhil edilmesiyle birlikte karşımıza çıkan süreç kabaca; Tasarım → Bilgisayar → Bilgisayar Ortamında Tasarım → Sonuç Ürün şeklinde olacaktır. Tasarım, karmaşık ve işbirliğine dayanan bir süreçtir. Aynı zamanda tasarım, farklı insanların kendi geçmişlerini ve bundan dolayı da tasarım ihtiyaçlarına farklı bakış açıları kattıkları sosyal bir eylemdir. Bu bağlamda, günümüz olanakları değerlendirildiğinde, bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerin sunduğu olanakların belirlenmesinin ve anlaşılmasının büyük önem taşıdığı düşünülmüştür. Buradan yola çıkarak tez çalışmasının başlangıç kısmını oluşturan “Bölüm 2”de, tasarımda bilgisayarın önemi, bileşenleri ve bilgisayar kullanımında verim artırımına yönelik metotlar anlatılmaktadır. Bilgisayar sistemlerindeki gelişmeler göz önünde bulundurularak bölüm içeriğinde, bilgisayar donanımları hakkında tanıtımsal ve güncel bilgiler anlatılmış, her bileşen için kullanıcıların ihtiyaçlarına ve teknolojinin imkânlarından

yararlanmalarına yönelik farklı ve faydalı bilgiler aktarılmıştır. Bilgisayar donanımları, girdi ve çıktı birimleri olarak ayrılmış, bilgisayar ortamında tasarım kıstaslarını etkileyecek unsurlar ve bileşenler ayrıntılı olarak incelenmiştir. “Bilgisayar Ortamında Tasarım” ve “3 Boyutlu Modelleme” söz konusu olduğunda, fotogerçekçi yaklaşım ve sanal gerçeklik kavramlarının dışında, sonuç ürün formatı ve teknik analizler gibi farklı kıstasların da konu içerisinde büyük önem taşıdığı gerçeği yadsınamaz. Özellikle günümüz teknolojisinde geline nokta bakıldığında bunun gibi kriterlerin önemi bir kat daha artar. Bu bağlamda 3 boyutlu modelleme yazılımlarının incelenmesinin gerekliliği düşünülerek “Bölüm 3” kapsamına, dünyada kullanılan en popüler ve başarılı xiv yazılımlardan ikisi alınmıştır. Yazılımları oluşturan algoritmalar hakkında da bilgi gerekliliği olduğu düşünülerek bölüm içerisinde modellemede algoritmalar konusuna değinilmiştir. 2. ve 3. bölümde işlenen konular doğrultusunda, son kullanıcı için gereken veri bilgileri, incelenen 3 boyutlu modelleme yazılımlarıyla yapılan test sonuçları ile ilgili bilgiler ve analizler “Bölüm 4”ün içeriğini oluşturmuş, test sonuçlarını gösteren tablolar ise çalışmaya ek olarak dâhil edilmiştir. Tek bir örnek model üzerinde, olanaklar dâhilindeki parametreler ayrı ayrı kullanılıp farklı sonuç ürünler, farklı tablolarda gösterilmiştir. Örnek model, ele alınan yazılımlarda ayrı ayrı oluşturulup böylece modelin gelişim süreci de işlenmiştir.

## **2.2 İnşaat Mühendisliğinde Simülasyonla İlgili Çalışmalar**

Uncu (2006), mikrosimülasyon programları yıllardır gelişmiş ülkelerde ulaşım projelerinde, projelerin verimliliğinin değerlendirilmesi, çeşitli alternatifler arasından seçim yapılması ve mevcut durum değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amaçlarından biri de ulaştırma projelerinde mikrosimülasyonun yararlarını göstermek ve sahada uygulama yapılmadan önce modelleme yapılması gerekliliğine işaret etmektedir. Dolayısı ile herhangi bir hatalı uygulama sonucu maddi kayıplardan kaçınılmış olacaktır. Boğaziçi Köprüsü ağırlıklı olarak kent içi yolcu trafiğine hizmet veren, geçişi ücretli bir yapıdır. Ücret ödeme köprüünün Asya çıkışında toplam 13 gişede yapılmaktadır. Gişeler farklı ödeme türlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma sırasında sahada beş OGS (Otomatik Geçiş Sistemi), bir KGS (Kartlı Geçiş Sistemi) ve yedi Nakit Ödeme gişesi bulunmaktadır. Gişe

sahasının performansı, ödeme türüne göre gişe sayıları ve bunların saha içindeki konumlarına bağlıdır. Son zamanlarda uygulanan kampanyalar nedeniyle zirve saatlerdeki OGS kullanım oranları %55-%65 mertebesine ulaşmıştır ve bu oran artma eğilimindedir. Boğaziçi Köprüsünün gişe sahasında gözlenen kuyruklanma ve gecikme sorunları, sahanın verimli kullanıp kullanılmadığı ve gişe sayılarının ödeme tiplerine göre uygun sayıda olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu çalışmada AIMSUN mikroskobik yazılımı ile gişe sahasının bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve bu model yardımıyla çeşitli senaryolara ilişkin deneyler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre mevcut durumdaki taşıt kompozisyonu için, OGS gişe sayısının gereğinden fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum yetersiz sayıdaki Nakit gişelerin önünde taşıt kuyruklarının oluşmasına ve sahadaki ortalama hızın, dolayısıyla saha performansının azalmasına neden olmaktadır. Mevcut taşıt kompozisyonunda ancak OGS oranının %15'ten daha fazla artması durumunda mevcut OGS gişe sayısının bir arttırılması az miktarda da olsa faydalı olmaktadır.

Acı (2006), akarsulardaki düzenlemeler ve uygulamalar projelendirilirken, güvenilir akım tahminlerinin yapılması büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle hazne tasarım problemlerinde yapılacak yatırımın büyüklüğü dikkate alınırsa tahminlerin güvenilirliği çok daha büyük önem taşımaktadır. Geleneksel akım tahmini yöntemleri sistemin içerdiği belirsizlikler ile sistemin doğrusal olmayan karakteristikleri ile etkin tahminler yapmada yetersiz kalabilmektedir. Bunun için alternatif tahmin yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada bir akarsudaki akımların o akarsuyun havzasındaki yağış ve önceki akım gözlemlerinden tahmin edilmesi ele alınmıştır. Bu amaçla son yıllarda benzer tahmin uygulamalarında sıkça kullanılan yapay sinir ağları yöntem olarak seçilmiştir. Konunun teorik altyapısı verildikten sonra uygulama için Orta Anadolu Bölgesinde kapalı bir havza olan Akarçay havzası seçilmiştir. Havzada mevcut bulunan yağış gözlem istasyonlarının yerleşimi, gözlem aralığı gibi parametreler bağlı olarak 4 tip model tasarlanmıştır. Modeller YSA metodolojisine uygun olarak eğitime ve test aşamasından geçirilerek oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar çok değişkenli regresyon analizi sonuçları ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar tablo ve grafik olarak sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre Yapay Sinir Ağlarının, yağış gözlemlerinden, akış tahmini

problemine başarılı bir şekilde uygulanabileceği ve güvenli tahminler ürettiği ortaya konmuştur.

Şen (2006), tarihi yığma yapıların modelleme ve analizinin yapılması zor ve karmaşık bir iştir. Modelleme ve analiz prosedürleri, analizi yapılan yapının tarihi, malzeme ve yapının fiziksel ve mekaniksel özellikleri, yapının bugünkü durumu ve yapının kendi kapasitesi hakkında detaylı bilgiler edinilmesi vasıtasıyla yeterli bir biçimde tatbik edilebilir. Bu tez ile tarihi yığma yapıların modelleme ve analiz metotları sunulmuştur. Tez, modelin doğruluğunun tespiti ve 3D Finite Element modeli ve Lineer Elastik analizinin binanın değerlendirilmesi amacıyla kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesi amacıyla 3D FEM modellemesi ve Lineer Elastik analizi üzerinde yoğunlaşmıştır. Vaka çalışması için 105 yaşında yığma bir bina (Hemdat Israil Sinagogu) seçilmiştir. Bu amaçla sinagog düşey ve yatay (deprem tipi) yükler altında incelenmiştir. Binanın beklenen tepkisinin değerlendirilmesi amacıyla Sap 2000 versiyon 9.1. programı kullanılarak Lineer Elastik analiz yapılmıştır. Ayrıca yığma binalarda bulunabilen geniş pencere çerçevelerinin binanın sismik davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla pencere çerçeveli ve pencere çerçevesiz olarak iki değişik model yaratılmış ve analiz edilmiştir. Son olarak yapının elemanlarının gereken dayanımı malzemelerin varsayılan elastik kapasiteleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yener (2006), bu çalışmada, uygulama havzası olarak Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer alan Yuvacık Havzası seçilmiş ve havza için hidrolojik modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Havza Kirazdere, Kazandere ve Serindere gibi üç alt havzaya bölünmüş ve her bir alt havza kendi parametreleriyle modellenmiştir. Havza sınırlarının ve nehir hatlarının belirlenmesinde HEC-GeoHMS yazılımı kullanılmış ve hidrolojik modelleme çalışmalarında da Nisan 2006'da yeni sürümü çıkan HEC-HMS yazılımı kullanılmıştır. Modelleme çalışmaları dört ana kısımdan oluşmaktadır: olay-temelli saatlik benzetimler, kar dönemi günlük benzetimler (simülasyonlar), sayısal hava tahmin verilerini kullanarak günlük akış tahminleri ve yağış-şiddet-tekerrür eğrilerinin kullanımıyla akış senaryolarının oluşturulması. Modelleme çalışmalarının sonucunda, her bir alt

havzanın sızma ve taban suyu parametreleri saatlik ve günlük benzetimler ile kalibre edilmiştir. Saatlik parametreler ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde; günlük parametreler ise sonbaharın sonu, kış ve ilkbahar başı gibi kar yağışı ve kar erimesinin gözleendiği dönemlerde akımın belirlenmesinde kullanılabilir. Modelde MM5 verisinin (yağış ve sıcaklık) girdi olarak kullanılmasıyla elde edilen tahmini akımlarla gözlenen akım değerleri karşılaştırılmıştır. Tahmini akımlarla gözlenen akımlar arasındaki uyum ümit vericidir. Bu nedenle, model gerçek zamanlı akım tahmin çalışmalarında kullanılabilir. Son olarak, değişik dönüş aralıklarına ve olası maksimum yağışa karşılık gelen akımlar, HEC-HMS programının “frequency storm” metodunda yağış-şiddet-tekerrür verileri girdi olarak kullanılarak bulunmuştur. Bu akımlar taşkın kontrolünde ve taşkın zararı tahminlerinde kullanılabilir.

### **2.3 Hız Kesicilerle İlgili Çalışmalar**

Başlamışlı (2006), hız kontrol kasis profillerinin optimizasyonu, sürüş konforu ile ilgili tepki fonksiyonlarından en uygununun seçimi ile bu fonksiyonların biçimlendirilmesini içermektedir. Kısıtlı, doğrusal olmayan, çok amaçlı bir optimizasyon problemi ele alınmıştır. Optimal kasis boyutlarının belirlenmesi için MATLAB ortamında “Goal Attainment” Metodu uygulanmıştır.

Amaç fonksiyonları, araç gövdesi üzerinde tanımlanan herhangi bir noktanın yatay ve düşey ivme bileşenleri olarak seçilmiştir. Bir taraftan minimum ve maksimum kasis boyutları, diğer taraftan da maksimum süspansiyon hareketi optimizasyon probleminin sınırlarını oluşturmaktadır. Esas amaç, kasisi hız limiti altındaki bir hızla geçen araç için tepki fonksiyonlarının minimize edilmesi, hız limiti üzerindeki bir hızla geçen bir araç ise bu fonksiyonların maksimize edilmesidir.

Çalışmanın bütün aşamalarında, Yarım Gövde Modeli ile tanımlanan iki dingilli araç sınıflarının tipik özellikleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda kasis performansının, günümüzde yaygın olarak kullanılan kasis profillerine göre önemli ölçüde arttırılabileceği gösterilmiştir.

Gürer (2006), hız tümsekleri, trafikteki yüksek hızları ve aşırı yoğunlukları engellemek üzere yollar üzerinde oluşturulan ve genel olarak trafik sakinleştirme adı verilen fiziksel engeller arasında en sık kullanılan uygulamalardan biridir. Yollar

üzerinde belirli bir uzunluk boyunca tümsek yaratmanın temel amacı bu bölgeden geçen araçların hızlarını azaltmalarını sağlamaktır. Bu tez çalışması, hız tümseklerinin otomobiller üzerinde yarattığı etkinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Sürücüler tümseklerin üzerinden düşük hızlarda geçerlerse, taşıt üzerine etkiyen düşey ivmeler düşük değerlerde kalacak ve araçta bulunanlar az rahatsızlık duyacaktır. Hız tümseklerinin etkin işlev görebilmesi için, geçiş hızı yüksek araçlardaki kişilerin belirgin bir rahatsızlık hissetmeleri gerekmektedir. Çoğu hız tümseği modeli yüksek hızlarda gerekli rahatsızlık oranını yakalayabilmektedir, fakat bu durum iyi bir tümsek tasarımı için yeterli değildir. Kısa tümsekler, yüksek hızlarda uyguladıkları genliklere yakın düşey ivmeleri düşük hızlarda da sağlamaktadırlar. Bu nedenle, kısa tümsekler sürücülerin gelmeleri istenen hız sınırlarını belirleyememektedir. Uzun tümsekler ise limit hız seviyesine kadar düşük miktarlarda ivme genliğine sebep olurken, artan hız ile birlikte araçta oluşan ivme değerlerinde ani bir artış görülmektedir. Uzun tümseklerin kullanımının dünya çapında daha yaygın olmasının sebebi de budur.

Hız tümseklerinin araçlar üzerinde yarattığı etkilerin anlaşılması için genellikle ölçülen ivme genliklerinin etkin değerlerine bakılmaktadır. Araç içi titreşim ölçümleri için okunacak etkin ivme büyüklükleri konfor kriterleri açısından değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır. Aracın aks veya gövdesinde okunacak ivme büyüklükleri ve özellikle de maksimum değerleri ise, olası bir hasarın veya doğabilecek güvenlik sorunlarının habercisidirler.

Tez çalışmasında, uzun ve kısa olmak üzere iki farklı tümsek tipi ile küçük yol butonlarının üzerinden geçen otomobillerde düşey ivme ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Taşıtların koltuk, gövde ve aksından alınan sinyaller işlenerek bilgisayar ortamına aktarılmış ve zamana bağlı titreşim değişimleri kaydedilmiştir. Bu veriler sayesinde tümseği geçiş sırasında araçta oluşan maksimum ve etkin ivme değerleri görülmüştür. Böylece, hangi tümsek tasarımının daha etkin sonuçlar doğuracağı incelenmiştir. Ayrıca, araçta oluşan titreşimlerin frekans analizi yapılmış ve farklı bölgelerde oluşan ivmelerin frekansları saptanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Hız Tümsekleri

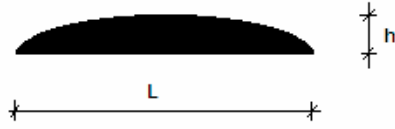
Hız tümsekleri, araçların hızlarını azaltmak için uygulanan bir yöntemdir. Üzerinden geçen araçlara, geçiş hızlarına bağlı olarak darbe uygularlar. Bu darbeden oluşacak rahatsızlığı, sürücüler hissetmemek için hızlarını azaltmak zorunda kalırlar.

##### 3.1.1. Hız Tümsek Tipleri

Hız tümsekleri geometrik özelliklerine göre 3 gruba ayrılırlar.

###### 3.1.1.1. Uzun Tümsekler

Hız tümsekleri ile ilgili ilk olarak 1988 yılında TSE tarafından hazırlanan TS 6283 kodlu standart en son 2000 yılında yenilenmesi ile son halini almıştır. Standarta göre tümseğin uzunluğu araçların dingil mesafesine bağlı olarak 3.6-3.8m, tümseğin yüksekliğinin ise 7.5-10 cm olmalıdır. (TS 6283, 1998)



Şekil 3.1. Uzun Tümsek Profili

L; kasis uzunluğunu, h; kasis yüksekliğini ifade etmektedir.(Şekil 3.1)



Şekil 3.2. Uzun Tümsek Örneği

#### 3.1.1.2. Düz Tepeli Tümsekler

İniş ve çıkış rampaları arasında belirgin uzunlukta düzlük bulunan, uzunlukları ortalama 6-7 m, tepelerindeki düzlük uzunluğu 3 m seviyelerinde olup yüksekliği 100 mm olan tümsek çeşitleridir.

#### 3.1.1.3. Kısa Tümsekler

Yükseklikleri 30–100 mm, uzunlukları ise trafiğin aktığı yöne boyunca 300-900 mm aralığında bulunan tümseklerdir.

Aşağıda bazı kısa tümseklere örnekler verilmiştir.



Şekil 3.3. Oval ( Plastik ) Hız Kesici Kasis

Ölçüler: 300 x 333 x 42 mm Darbelere dayanıklı (polipetilen) hız kesicilerin üzerindeki reflektif kedi gözleri sayesinde gece görünürlüğüde sağlanmıştır. Araç ve yaya güvenliği için gerekli okul, hastane vs. gibi yerlerde araç hızını düşürmek amacıyla kullanılır.



Şekil 3.4. Klasik ( Plastik ) Hız Kesici Kasis

Ölçüler: 350 x 250 x 50 mm. Darbelere dayanıklı (polipetilen) hız kesicilerin üzerindeki reflektif kedi gözleri sayesinde gece görünürlüğü de sağlanmıştır. Araç ve yaya güvenliği için gerekli okul, hastane vs. gibi yerlerde araç hızını düşürmek amacıyla kullanılır.



Şekil 3.5 Kauçuk Hız Kesici Yol Kasisi - 1

Ölçüler: 40cm. en x 50cm. boy x 5cm. yük. Kauçuk hız kesici Sarı - siyah orijinal kauçuk malzemeden imal edilmiştir. Sarı – siyah şeklinde montaj yapılması daha uygundur. Altındaki vakum deliklerinden dolayı yola oturması ve esnekliğinden dolayı araçlara zarar vermez. Alt kısmı 42x22 mm. kanallı olup, 20x40 mm lik kutu profil ile montajı yapılır. Bu profil sayesinde üzerinden geçecek araçlardan dolayı meydana gelecek kaymaları önler. Her kauçuk hız kesici üzerinde 6 ad. Ankraj vida yeri bulunmaktadır. Hız kesiciyi sabitlemede 10mm çapında 120 mm boyunda triton vida, pul ve PE.dubel kullanılır.



Şekil 3.6. Kauçuk Hız Kesici Yol Kasisi - 2

Ölçüler: 500 x 333 x 45 mm. Kauçuk malzemeden üretildiğinden daha esnek bir yavaşlatma sağlar. Trafik sarısı ve siyah renktedir. Özel galvanizli pul, triton vida ve dübel ile montaj edilir. Okul önlerinde giriş ve çıkışın kontrollü olması gereken durumlarda araç hızını yavaşlatmak için kullanılır.

([http://www.ikmalci.com/urun\\_ozellik.asp?menu=0&UID=24&DNS=1&GID=1195&CatID=1195](http://www.ikmalci.com/urun_ozellik.asp?menu=0&UID=24&DNS=1&GID=1195&CatID=1195))

### 3.2. Simülasyon

#### 3.2.1. Simülasyonun Tanımı

Simülasyon, teoriksel ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir.

Simülasyon ile modelleme;

- Sistemin davranışını tanımlama
  - Teori veya hipotez kurma
  - Kurulan teoriyi sistemin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için kullanmak
- Şeklinde bir deneme ve uygulama yöntemidir. Simülasyon, pek çok bilim dalına uygulanabilen bir tekniktir ve bu konuda çok sayıda yayın bulunmaktadır. Örneğin

işletmecilik, ekonomi, pazarlama, eğitim, politika, sosyal bilimler, davranış bilimleri, ulaşım, iş gücü, şehircilik, global sistemler v.b uygulama alanları gösterebilir.

(<http://www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html>)

### **3.2.2. Simülasyonun Tarihçesi**

Son yıllarda, eğitimden eğlenceye, kullanıcı eğitiminden taşımacılığa ve animasyona kadar, modelleme ve simülasyon bilim ve sanatı, çok hızlı bir şekilde ilerlemiştir. Son 40 yılda simülasyon dillerinin ve paket programlarının yetenekleri ve kapsamı arttıķa, simülasyonun kullanılma şekilleri ve kullanım alanları da çarpıcı bir şekilde artmıştır. Simülasyon, 1950 ve 1960'lı yılların sonlarına doğru, genellikle sadece büyük sermaye yatırımları gerektiren şirketlerin kullandığı çok pahalı ve özel alanlarda kullanılan bir araç idi. Bu şirketler, Fortran gibi programlama dilleri ile büyük ve karmaşık simülasyon modellerini geliştirmek için doktorasını yapmış kişilerden oluşan çalışma grupları kurmuşlardı. Geliştirilen modeller daha sonra büyük merkezi işlem birimlerinde alıştırılıyorlardı. Bu makinelerin maliyeti, saatte bin dolara kadar çıkabiliyordu. Günümüzde ise, herkesin sahip olabileceği bir kişisel bilgisayar bile, bu makinelerden çok daha güçlü ve çok daha hızlıdır.

Simülasyonun bugün bilinen kullanımı ise 1970'li yılların sonunda başlamıştır. Bilgisayarların maliyeti oldukça düşmüş ve çok daha hızlanmış ve simülasyonun değeri birçok alanda keşfedilmeye başlanmıştır. Aynı zamanda, bu süreç içerisinde simülasyon, üniversitelerde endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması dallarının standartlaşan bir bölümü haline gelmiştir. Simülasyonun endüstri alanındaki hızlı ilerleyişi, niversiteleri, simülasyonu daha kapsamlı bir şekilde öğretmeye zorlamıştır. Aynı zamanda gelişen taleple beraber bu konuda çalışan araştırmacı ve öğrencilerin sayısı da oldukça artmıştır. Son zamanlarda modern yönetim biliminde de önemli bir araç olarak simülasyonun kullanıldığı gözlenmektedir.

1980'li yılların sonunda kişisel bilgisayarların kapasitelerinin de artmasıyla simülasyon kullanımı iş dünyasına iyice yerleşmiştir. Simülasyon günümüzde halen, başarısız olmuş veya geliştirilmeye ihtiyaç duyulan sistemlerin analizinde kullanılsa da, birçok kurum artık planlanan sistem kurulmadan önce simülasyonunun yapılmasını koşul olarak getirmektedir. Aslında birçok durumda, simülasyona başvurulduğu anda, sistemin tasarımını değiştirmek için artık çok geçtir ancak yine

de geriye kalan işlemlerde sistemi yönlendirebilmek için sistem yöneticisine ve sistem tasarımcısına bir şans tanınabilmektedir. 1980’li yılların sonlarına doğru birçok büyük firma simülasyonun değerini anlamıştır ve bunlardan birçoğu, büyük sermaye gerektiren yatırımları onaylamadan önce bir gereksinim olarak simülasyonlarını yapmıştır. Yine de bu yıllarda simülasyon çok fazla yaygın değildi ve çok az sayıda ciddi firmalar kullanıyordu.

1990’ların başında simülasyon artık olgunlaşmaya başlamıştı. Bir çok kuruluş simülasyon araçlarını benimsemiş ve simülasyonu, en etkili olabileceği, projelerinin çok erken aşamalarında kullanmaya başlamışlardı. Çok iyi bir animasyon yeteneği, kullanım kolaylığı, bilgisayarların kapasitelerindeki gelişme, diğer paket programlarla kolay uyumu ve simülatörlerin gelişmesi, simülasyonu bir çok firma için standart bir araç haline getirmiştir. Simülasyonunun uygulama şekli değişebilmektedir; sistemlerin tasarım aşamasında kullanılan simülasyon programları, yapılan herhangi bir değişiklikle sistemin farklı alanlarında kullanılabilir, böylelikle yaşayan bir simülasyon kullanımı sağlanabilmektedir.

Simülasyonun, iyi kullanılan ve evrensel olarak kabul edilen bir araç olmasını önleyen engellerden birisi, model geliştirme zamanının uzun olması, diğeri ise başarılı bir simülasyon geliştirmek için gerekli olan modelleme yeteneğidir. Simülasyonun değişme ve gelişme hızı son yıllarda oldukça büyük bir ivme kazanmıştır ve önümüzdeki yıllarda da bu hızlı ilerlemesine devam edecektir. ([http://www.erpakademi.com/v1/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1039&Itemid=189](http://www.erpakademi.com/v1/index.php?option=com_content&task=view&id=1039&Itemid=189))

### **3.2.3. Simülasyonun Uygulama Koşulları**

Aşağıdaki koşullardan bir veya birkaçı bulunduğu zaman simülasyona başvurulmalıdır.

- Problemin tam bir matematik formülasyonu mevcut değilse veya matematik modelin analitik yöntemlerle çözümü henüz bulunamamışsa. Çoğu bekleme hattı (kuyruk) modelleri bu grupta yer alır.

- Analitik yöntemler çözüm için elverişlidir, ancak matematik yöntemler çok karışıktır.
- Analitik çözümler vardır ve kullanılabilir, ama problem üzerinde çalışanlarda bu bilgilerin olmadığı durumlarda;
- Belirli parametrelerin tahmin edilmesi için simülasyona başvurulabilir
- Deneme yapma açısından simülasyon tek yol olabilir.
- Sistemlerin veya süreçlerin davranış karakteristiklerini ortaya koymak zaman gerektirebilir.

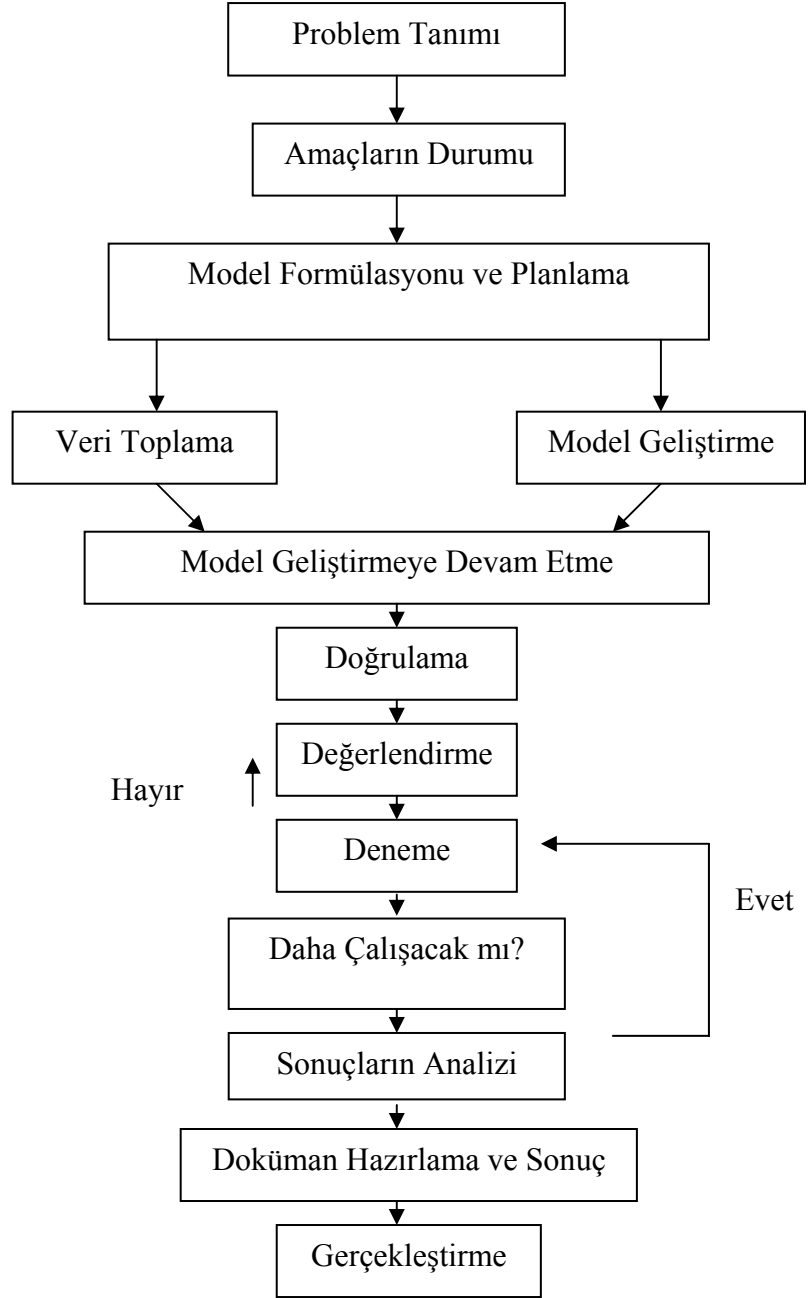
İleri düzeyde bulunan ülkelerde yapılan araştırmalar simülasyonun en fazla kullanılan teknikler arasında olduğunu göstermektedir.

Başarılı simülasyon modellerinin geliştirilmesi pahalı, zaman alıcı ve hüner gerektirir. Kurulan model doğru çözülmez ise yanlış sonuçlar doğurabilir. Bir simülasyon modelinin kurulması çoğu zaman bir sanat olduğu belirtilmektedir. Zaten genel olarak model kurma bir bilimden ziyade sanattır.

Bir simülasyon modeli elemanları; sistemin bileşenleri, kontrol edilebilen değişken ve parametreler, kontrol edilemeyen değişken ve parametreler, fonksiyonel ilişkiler, amaç fonksiyonu ve kısıtlardır.

#### **3.2.4. Simülasyonun Süreci**

Her simülasyon çalışmasının kendine özgü özellikleri olmasına rağmen, bir çoğu aşağıda tanımlanan adımların tamamlanmasına ihtiyaç duyar. Bu adımlar ve aralarındaki bağlantılar Şekil 3.7 de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Bir Simülasyon Çalışmasındaki Adımlar

#### **3.2.4.1. Problem Tanımı ve Amaçlar**

Bir çalışma, mevcut bir ihtiyacı karşılayacak ya da bir problemi çözecek şekilde hazırlanmamışsa, detaylı ve eksiksiz olması bir anlam ifade etmez. Etkili bir çalışma yapabilmek için, potansiyel problemleri olan sistem parçalarının incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model, gelecek ihtiyaçları da göz önüne alarak, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Fakat içinde fazlalık ve gereksiz bilgilerin bulunduğu bir model bilgisayar üzerinde diğer modellere göre daha yavaş çalışabilir ve maliyeti daha yüksek olabilir. Üzerinde çalışılacak problemin kesin ve öz bir tanımının yapılabilmesi, beklenenden zor olabilir. Çalışma sonucuyla ilgilenen tek kişi, genellikle sadece modeli oluşturan kişi değildir. Mühendisler, yöneticiler, operatörler ve birçok çalışanın oluşturulan model ve yapılan çalışmadan değişik beklentileri vardır. Çalışmanın yapısı ve içeriği hakkında genel bir tanım oluşturmak, bu kişilerden gelecek verilerin ve gerekli desteğin daha kolay elde edilmesini sağlayacaktır.

Simülasyon çalışmasının amaçları, genellikle ele alınan problem tarafından belirlenir, çünkü model kurulduktan sonra, model üzerinde yapılacak çalışmaların problemi çözmesi hedeflenmektedir. Potansiyel sistem iyileştirme metodlarının değerlendirilmesinin, çalışma hedeflerinin rolü büyüktür, ancak bu metodlar, simülasyon çalışmasında ortaya çıkabilecek yeni alternatif metodları önleyecek şekilde dar olarak tanımlanmamalıdır. Bunlara ek olarak, simülasyonun bir proje çalışması olarak ele alınması ve zaman hedefleri ile kritik nokta tanımlarının yapılması faydalıdır.

#### **3.2.4.2. Model Formülasyonu ve Planlama**

Simülasyon hedeflerinin ve problemin belirlenmesinden sonra, modeli kuracak olan kişi modelin kavramsal iskeletini oluşturabilir. Bu iskelet, modelde ele alınacak ana olayları ve elemanları içerir. Ele alınacak sistemin bir taslağının ya da yerleşim düzenine ait bir çizimin kullanılması, çalışmaya çeşitli faydalar sağlar. İlk olarak, bu çizimler modeli kurmak için gerekli tüm detayların belirlenmesi ve çalışma sırasında sürekli hatırlanmasını sağlar. İkinci olarak, grafiksel gösterimler, her bir kaynakta ilgili verilerin sistematik olarak toplanmasını sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca,

sistemi anlamayı kolaylaştırmak için, sistemdeki akışlar ve etkileşimler bu çizimler üzerinde gösterilebilir. Sistemdeki operatörlerin, malzeme taşıyıcıların izledikleri güzergâh ve kullandıkları yollar da bu çizimler üzerine aktarılabilir.

Toplanan verilerin doğruluğunun, elde edilen sonuç üzerinde etkisi büyüktür. Yapılan ilk plan içerisinde, gerekli olan bilgilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edileceği belirlenmelidir. İlk olarak, çalışma hedefleriyle ilgili olan bu bilgilerin çıkartılması gerekir. Tecrübeli bir model kurucu, çalışmada yer alan diğer kişilere hangi verilerin gerekli hangilerinin gereksiz olduğu konusunda yardım etmelidir. Sistemin bire bir kopyasını çıkarmaya yönelik harcanan çaba genellikle gereksizdir. Detayların, gerekli olduğu zaman eklenmesi, çalışmanın hedeflere ulaşması açısından takip edilmesi gereken en uygun yoldur. Teknik karmaşıklıklar, model ile modelin kurulma amacı arasındaki ilişkiden daha az öneme sahiptir.

#### **3.2.4.3. Veri Toplanması**

Organizasyonlar, sistem içerisindeki bazı operasyonları için (makine arıza sıklıkları, belirli süreçler için işlem süreleri gibi) detaylı bilgiye sahipken bazı işlemler için kabataslak bilgiye sahip olabilirler. Yetersiz veya eksik veri bulunması durumunda modeli kuracak olan kişinin yapabileceği üç şey vardır.

- Sisteme en hâkim kişilerden yardım alabilir.
- Verileri kendisi toplayabilir.
- Verilerle ilgili tahminler yapabilir.

Modelde tahmini verilerin kullanılması durumunda, daha sonra yapılacak “duyarlılık analizi” nde bu verilerin sistem üzerinde ki etkilerini anlamak için, değişik değerler kullanılmalı ve verilerin uç değerleri, toleransları çok iyi analiz edilmelidir. Bu tür bir çalışma, daha detaylı verilerin toplanmasının daha uygun olacağını gösterebilir.

Önce makro veri olarak adlandırılan, sistemle ilgili temel bilgilerin ve istatistiklerin toplanması gerekir. Bu makro verilerin amacı, modelin giriş parametreleriyle ve daha sonraki çalışmalarda kullanılacak olan verilerin toplanması ile ilgili detayları içeren parametrelerin temelini oluşturmaktadır. Bu durum, modeli kuran kişinin, projenin daha ileriki aşamalarında kullanılacak olan detaylı bilgileri daha kolay bulmasını sağlayacaktır.

Veri toplanması sürekli olarak yapılması gereken bir işlemdir. Simülasyon çalışması ilerledikçe ve makro veriler modele girildikçe, mikro verilerin toplanması önem kazanır. Birçok durumda, model kurucu, proje sırasında daha doğru ve güncellenmiş veriye ulaşabilir. Bir simülasyon modeline, yeni ve güncellenmiş verilerin kolaylıkla girebilmesi bir avantajdır. Bu yüzden, çoğu model kurucu, daha kesin ve sağlıklı verilerin girilebilmesine imkân tanıyan daha esnek modeller kurmayı tercih ederler.

#### **3.2.4.4. Model Geliştirme**

Modelleme, genellikle sistemin soyut bir ortamının oluşturulması ile başlar ve gittikçe daha detaylı bilgilerin eklenmesi ile devam eder. Bu soyut model, sistemin mantıksal bir modelidir ve sistemdeki olaylar arasındaki ilişkileri tanımlar. Bilgisayar üzerinde kurulan bu modelin gerçekleştirilebilmesi için, modeli kuran kişinin gerçek sistemin yapısını soyut olarak düşünebilmesi gerekir. Verilerin toplanması modelin kurulması esnasında da yapılabilir.

Son kullanıcılar ile model kurucu arasındaki sürekli iletişimin model kurma aşamasındaki önemi göz ardı edilmemelidir. Detaylarla ilgili olarak çalışma, projenin amaçlardan sapmasını önleyeceği gibi, önerilen değişikliklerin güvenilirlik temellerini oluşturur. Modele güvenirliliğin sağlanmasında iki önemli aşama doğrulama ve değerlendirmedir.

#### **3.2.4.5. Doğrulama**

Model, modeli kuran kişinin amaçları doğrultusunda çalışıyorsa doğrulanmış demektir. Modelin doğrulanması, simülasyonun çalıştırılması ve işlemlerin gözlenmesiyle yapılabilir. Kompleks modeller birkaç kez muhtemel hataların düzeltilmesini gerektirebilir. Çalışmanın hedefleri ile paralel çıkan sonuçlar, modelin doğrulandığını gösteren en önemli kanıtlardır.

Modelin doğrulanmasında ve hataların düzeltilmesinde birkaç yardımcı araçtan yararlanılabilir. Örneğin, sistemdeki parçaların veya müşterilerin hareketlerinin sağlıklı olarak görülebileceği bir hızda animasyon yapılabilir. Fakat animasyon tek başına bir doğrulama aracı olarak kullanılmamalıdır. Diğer bir doğrulama sistemi de, model yapısının bir başka kurucu tarafından incelenmesidir. Simülasyon sonuçları, daha önce yapılmış model sonuçları ile karşılaştırılabilir. Modelin performansı

değişik durumlar altında test edilebilir. Vazgeçilemez doğrulama araçlarından birisi de modelin her adımının izlenmesidir.

#### **3.2.4.6. Değerlendirme**

Değerlendirme, kurulan modelin, üzerinde çalışılan sistemdeki problemi yansıtıp yansıtmadığının belirlenmesidir. Değerlendirme testi, modeli kuran kişinin diğer potansiyel kullanıcılar ve sistemdeki işlemlerle ilgili kişilerle yapacağı ortak bir çalışma olmalıdır.

Modeli kuran kişi genellikle modeli ve modelin gerçek sistemle olan ilişkisini gösteren yapısal bir plan çıkarır. Modeli kuran kişi aynı zamanda modelde kullanılan tahmini verilerin olası etkilerini ve önemini de açıklar. Sistemi iyi bilen kişilerden alacağı yardımla da bu tahmini verilerin doğruluğunu kontrol etmelidir. Animasyon genellikle doğrulamadan sonra yapılırsa da, bir değerlendirme aracı olarak da kullanılabilir.

Giriş verilerini değiştirerek, kurulan modelin sonuçları ile sistemin kendi çıktılarını karşılaştırmak, test etme yollarından biridir. Giriş parametrelerinin değerlerini arttırıp azaltarak sistem üzerindeki etkilerini incelemek, modelin gerçek sistemle olan benzerliğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Rasgele sayı kaynakları gibi giriş verilerinin değerlendirilmemesine, sadece giriş parametrelerinin değiştirilebileceğine dikkat edilmelidir. Bu tür bir test, yeterince veri girişinin yapıp yapılmadığını belirleyen bir esneklik analizi olarak da görülebilir.

Bir başka yaklaşım da, sistemi çok iyi bilen uzmanların sistemle model arasındaki benzerlik ve farklılıkları bulmalıdır. Bu uzmanlara, orijinleri gösterilmeyen fakat aynı formattaki sistem ve model sonuçları verilir ve önemli farklılıkları ayırt etmeleri istenir. Buna benzer başka bir yöntem ise, geçmiş verilerin model üzerinde denenerek, model sonuçlarının gerçek sisteme ait sonuçlarla karşılaştırılmasıdır.

#### **3.2.4.7. Denemeler**

Bir simülasyon modeli, temel olarak “ne – eğer” analizlerinin yapılmasını sağlayan bir araç olarak ele alınmalıdır. Kullanıcısına değişik dizayn ve işletim stratejilerinin genel sistem performansı üzerindeki etkisini gösterir. Simülasyon tek başına

problemleri çözemez fakat problemi açıkça tanımlar ve sayısal olarak alternatif çözümleri değerlendirir. Koşul “ne – eğer” analizi yapabilen bir araç olan simülasyon, önerilen herhangi bir çözüm için sayısal ölçüm ve analiz yapabilir ve kısa zamanda en iyi alternatif çözümü bulmaya yardımcı olur.

Çoğu zamanda, projede yer alan kişilerin değişik alternatif çözümlere ilişkin temel ve basit fikirleri vardır. Her alternatif model üzerinde denemeden önce, kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için gereken simülasyon zamanının hesaplanması gerekir. Durgun durum demek simülasyon çıktılarının durgun olduğu anlamına gelmez, durgun durum, verilen dağılımı ya da çıktılardaki istatistiksel varyansın zamanla değişmeyecek olmasıdır.

Rasgele karakteristikleri olan herhangi bir deneyde olduğu gibi, simülasyon çalışmaları rasgele olaylar içerdiği için, simülasyon çıktısı, oluşma ihtimali olan birçok sonuçtan sadece bir tanesini yansıtır. Bu nedenle sonucu test etmek için birçok defa deneme tekrar edilmelidir. Aksi halde normalde beklenmeyen bir sonuç üzerinde karar verilebilir. Çıktıda istenen hassasiyet derecesine bağlı olarak çıktı için bir güven aralığı oluşturulması istenebilir.

Simülasyon denemeleri yapılırken aşağıdaki sorular sorulmalıdır.

- Sistemin durgun durumuyla mı ilgileniyorum yoksa bir operasyonun belirli bir durumuyla mı?
- Modelin doğru başlangıç konumunu nasıl belirlerim?
- Modelin beklenen doğru davranışını tahmin etmekte kullanılabilecek olan gözlemleri elde etmenin en iyi metodu nedir?
- Simülasyonun uygun çalışma süresi ne kadardır?
- Kaç tekrar yapılmalıdır?
- Kaç farklı rasgele değişken kaynağı kullanılmalıdır?

Bu soruların cevapları büyük ölçüde şu üç faktör tarafından belirlenecektir:

- Simülasyonun doğası (sonlandırılan ya da sonlandırılmayan)
- Simülasyonun amacı (kapasite analizi, alternatif karşılaştırmalar gibi)
- Gereken hassasiyet (kaba tahmine karşı güven aralığı tahmini)

Deneysel tasarım alternatiflerin karşılaştırılması ve analizi için prosedürlerin belirlenmesidir. Amacı, simülasyondan elde edilen bilgilerden maksimum derecede faydalanırken harcanan çabayı azaltmaktır. Böyle bir plan yapmadan alternatifler

arasında gerçekçi karşılaştırmalar yapmak zor olabilir. Rasgele değişen elemanları içeren alternatiflerin deneme testi, aynı rasgele sayı kümesiyle yapılabilir. Her deneme için benzer olaylar sırası yaratılabilir ve alternatifler arasındaki farkı görebilmek için varyans azaltma teknikleri kullanılabilir. Değişik alternatif çözümlerin performansları, seçilen kıstasa göre istatistiksel olarak karşılaştırılabilir.

#### **3.2.4.8. Sonuçların Analizi ve Dökümantasyon**

Her model konfigürasyonunun sonuçlarının mutlaka iyi bir dokümantasyonu yapılmalıdır. Normal raporlara ek olarak, yapılacak dikkatli bir dokümantasyon, modeli kuran kişinin hangi alternatifin en iyi sonucu verdiğini belirlemesine ilave olarak, yeni alternatifler doğuracak eğilimlerin de kolaylıkla ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bazı durumlarda, algılanan iyileşmenin istatistiksel önemini belirlemek için ek tekrarlara ihtiyaç duyulabilir.

Genel olarak modeli kuran kişi, modellenen alternatiflerin, kullanılan varsayımların ve elde edilen sonuçların bir listesini oluşturur. Simülasyon yazılımları genellikle sonuçları istatistiksel olarak tablo formatında oluşturur. Buna ek olarak animasyon ve çıktı grafikleri, simülasyon sonuçlarının sunulması açısından oldukça önemli yardımcılardır. Simülasyonu yapılan modelin görsel etkisi de göz önüne alınmalıdır. Sunuş bitirildikten sonra yapılacak daha fazla analiz varsa, modelin ispatlanmış olan önerileri yerine getirilmeye hazırdır. Eğer simülasyon iyi bir şekilde dökümante edilmişse öneriyi gerçekleştirecek olan ekibe önemli bir kaynak sağlanmış olur.

#### **3.2.4.9. Uygulama**

Uygulama gerçekte, simülasyon projesi ile başlar. Büyük projelerde, önerilerin uygulanabilmesi, izlenen adımların uygunluğuna bağlıdır. Modeli kuran kişi ve diğer ilgili personel, simülasyon projesinin uygulanmasında rehberlik etmelidir.

Proje için bir bitiş zamanı belirlense de, iyi oluşturulmuş modeller proje bitiminden sonra rafa kaldırılmaz, genellikle sistemin başka modellerle entegre edilip sürekli iyileştirme çalışmalarında kullanılırlar. Bu aşamada model kurucu model mantığı ve varsayımlara ilgili dokümantasyonu sürekli iyileştirme çalışmaları için saklamalı ve yapılan çalışmalara göre güncellemelidir.

(<http://www.uytes.com.tr/simulasyon/proje.html>)

### **3.2.5. Simülasyonun Avantaj ve Dezavantajları**

#### **3.2.5.1. Simülasyonun Avantajları**

- Sistemin modeli kurulduktan sonra, farklı durumların analizi için istenildiği kadar kullanılabilir.
- Simülasyon yöntemleri, sistem verilerinin detaylı olmadığı durumlarda elverişlidir.
- Simülasyon modeli üzerinde daha sonra yapılacak analiz için veri, çoğu kez gerçek hayatta olduğundan daha ucuz elde edilir.
- Simülasyon, bir sistemdeki dâhili karmaşık etkileşimleri (interactions) etüt etme ve bunlar üzerinde deney yapma olanağını sağlar.
- Simüle edilen sistemin ayrıntılı gözlemi (-ki sistemi simüle ederken yapılması gerekli işlemlerden biridir.) daha iyi anlaşılmasını, daha önce görülmemiş eksikliklerin giderilebilmesini, daha etkin fiziksel ve operasyonel sistemin kurulmasını sağlayabilir.
- Simülasyon, değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiçbir veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde deney yapma amacıyla kullanılabilir.
- Simülasyon analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- Simülasyon ile dinamik sistemlerin gerçek zamanı, daraltılmış veya genişletilmiş süre içinde incelenebilir.
- Simülasyon analistleri daha geniş düşünmeye zorlar.
- Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.
- Aşamalı olarak uygulanabilme imkânı vardır
- Zaman çizgisini değiştirebilir.
- Pek çok faktörün etkisi aynı anda ve etkileşimli olarak incelenebilir.
- Mevcut olmayan sistemleri analiz etme olanağı sağlar.

### **3.2.5.2. Simülasyonun Dezavantajları**

- İyi bir benzetim modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.
- Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme yanılma yöntemidir. Yöneticiler denemek istedikleri alternatifler için tüm koşul ve kısıtları ortaya koymalıdır; yoksa benzetim kendi başına çözüm üretmez.
- Her benzetim modeli kendine özgüdür. Genelde çözümler ve çıkarsamalar başka problemlerin çözümünde kullanılamaz.
- Uygulamasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.
- Stokastik yapısı çok sayıda deneyi gerektiren istatistiksel analizleri öngörür.
- Modellemede ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir.

### **3.2.6 Simülasyon Yöntemleri**

#### **3.2.6.1. Kesikli Simülasyon Yöntemi**

Eğer olayların sayısı sonlu ise, benzetimi kesikli olaylar olarak adlandırıyoruz. Kesikli benzetim, kesikli zaman noktalarında dinamiklerine ait (çıkartma işlemlerinin seviyesi nedeniyle) olayların silsilesi olarak göz önüne alınan sistemlerle uğraşır. Kesikli benzetim dilinin püf noktası, model içinde etkinliklerin özel sırasını kontrol etmektir. Bu aynı zamanda dili kullandığında bir kullanıcının “çevreyi görmesi” ve kesikli benzetim dilinin sınıflandırılması için bir temelin oturtulması yoludur.

#### **Kesikli Simülasyon Dillerinin Sınıflandırılması**

Akış diyagram tabanlı diller, değişik bilgisayarlarda birçok versiyonu olarak mevcut olan GPSS (General Purpose Simulation System) dili ile temsil edilir. Kullanıcı sistemin dinamiklerini “İşlemler” olarak adlandırılan bir blok diyagramının akışı olarak görmesi zorunludur. İşlemler üretilir, blokların ağı yardımıyla bir parçayı takip eder ve çıkışta silinir. Bloklarda işlemler geciktirilebilmeli, çalıştırılabilmeli ve diğer bloklara geçebilmelidir. Bloklar, program içerisinde modelin etkinliklerini icra eden deyimlerle temsil edilirler.

Etkinlik tabanlı diller gelecekteki etkinliklerin kesin olarak listelenmesi esasına dayanmaz. Her etkinlik için kullanıcı etkinliğin hangi şartlar altında olduğunu tanımlar. Benzetim algoritması artış zamanını tekrarlayarak kontrol eder ve tüm etkinliklerin durumlarını test eder. Bu yaklaşımın dezavantajı, çok zaman harcanabilecek her adımda tüm durumların (hallerin) değerlendirilmesinin gerekmesidir. Diğer taraftan içerik olarak çok basittir ve genelde yüksek seviyeli diller kullanılarak kolayca uygulanabilir. Bu yaklaşıma uygun benzetim dilleri vardır ancak yaygın kullanılmamaktadır.

Olay tabanlı diller doğrudan listelemeye dayanır ve gelecekteki olayları iptal eder. Kullanıcı, görelî bağımsız olayların bir dizilimi olarak benzetilen sistemin dinamiklerini görmelidir. Her olay listelenmeli ve/veya diğer bir olayı iptal etmelidir. Sistem silsilesi listelenmiş olayların kayıtlarını tutmalıdır. Bu nedenle her olay zaman, olay tipi ve diğer kullanıcı verisi içeren olay bilgileri ile temsil edilir. Olay bilgileri, takvim olarak adlandırılan zamana bağılı olarak sıralandıkları listelerde saklanırlar. Bir olayın silsilesinin tamamlanması sonrasında, sistem takvimden en düşük zamanlı olay bilgilerini uzaklaştırır, modeli kendi zamanı içerisinde güncelleştirir ve haberleşme silsilesini başlatır. Bu durum takvim boşalıncaya kadar tekrarlanır ve diğer bir nedenle program durdurulur.

Listelemenin anlamı listeleme zamanında takvime olay bilgilerinin eklenmesi, iptal etme ise onları uzaklaştırması anlamındadır. Yaklaşım; olayların kesin olarak ifade edilmesine dayanıyorsa, kesikli olaylar benzetimi adını alır. Bazen bu durum kesikli benzetim olarak genelleştirilir. Bu gruba giren dillere örnek olarak SIMSCRIPT verilebilir. SIMSCRIPT II.5 versiyonu işlem tabanlı benzetimi de desteklemektedir. İşlem tabanlı diller olayların bağımsız olmaması gerçeğine dayanır. Bir olay diğer önceki bir olayın tipik bir silsilesidir. Diğer bir deyimle en yüksek hiyerarşik seviyede bir benzetim modelinin mevcudiyeti olarak, gözetlenecek olayların silsilesini tanımlamak genellikle mümkündür. Olayların silsilesi işlem olarak adlandırılır. Benzemeyen olayların işlemi zaman boyutuna sahiptir. Kuramsal sistemlere dayanan işlem gerçeğe çok yakındır. İşlem daima mevcut olan objeleri yapar ve paralel olarak biri birine mani olurlar. Sistem dinamiklerinin görüşlerinin

işlem yolunda bunlar çok normaldir. Çoğu kez bir işlem gerçek bir objenin bir etkinlik modelidir. İşlem tabanlı kesikli benzetimin, kesikli benzetim modelinin nasıl yaratılacağıının en iyi yoludur. Bu grup dillerin temsilcisi MODSIM, SIMSCRIPT ve SIMULA dilinin sistem SIMULASYON kısmıdır.

#### **3.2.6.2. Sürekli Simülasyon Yöntemi**

Bazı sistemlerde olaylar tüm zaman sürecinde sürekli değişebilir ve bu değişme bazı kesikli olayların aynı zamanlarında olmayabilir. Örneğin bir su deposundaki su seviyesi, giren ve çıkan akışkan debisine bağlı olarak bütün zaman içinde değişebilir. Böyle bir olay için sürekli benzetim yapmak daha uygundur. Buna rağmen kesikli benzetim yöntemi de burada bir yaklaşım yöntemi olarak kullanılabilir.

Sürekli benzetim dili, ellili yılların sonunda analog bilgisayarların simülatörü olarak geliştirilmiştir. Analog bilgisayarlarda benzetim, davranışları araştırılan sistem olarak, aynı matematik model tarafından tanımlanan (diferansiyel denklemler takımı) analog elektronik sistemin oluşturulması esasına dayanır. Elektronik sistem genelde integratörler, toplayıcılar ve diğer fonksiyonel birimler olarak davranmak için değiştirilmiş işlemsel yükselticilerine dayanan standart blokların iç bağlantısıyla oluşturulur. Kullanıcı sonra belirli çıkış noktalarında (Osiloskop, çizici) uygun voltaj girişlerinin uygulanması ve voltajların kaydedilmesiyle ve bu elektronik sistem yardımıyla deneyleri yapar. Voltajın değişmesi, fiziksel davranışları tümünden farklı olabilecek (mekanik yer değiştirme, sıcaklık, vs.) orijinal sistem içerisindeki değişimleri tanımlayan fonksiyonla aynı olan zaman fonksiyonunu gösterir. Analog bilgisayarların ana problemi, multiplikasyon, bazı fonksiyonların türetilmesi, gecikmelerin veya diğerlerin türetilmesi gibi belirli işlemlerin analog olarak yürütülmesidir. Dijital bilgisayarlar bütün bu fonksiyonları çok basit olarak yapar ve bugün sürekli benzetim sadece dijital bilgisayarlar üzerinde yapılır. Analog bilgisayarların iyi olduğu tek alan integrasyondur. Dijital bilgisayarlar sayısal integrasyon için kullanır. Analog integratör kullanılarak yapılan integrasyonla kıyaslandığında, dijital bilgisayarlar genelde daha yavaş ve daha az hassastır.

Hızlı tepki tabanlı bazı özel uygulamalar bu nedenle A/D ve D/A çeviricilerle bağı analog ve dijital parçalar içeren (hibrit bilgisayarlar diye adlandırılan) bilgisayarlar kullanır. İntegrasyon hariç digital kısmı her şeydir. Dijital kısımlar integratörün girişlerini hesaplar. D/A çeviricileri yardımıyla integratörler, giren analog sinyalleri analog integratöre dönüştürür. Çıkışları zıt yolda işlem görür. Dijital kısım, hesaplama esnasında değişebilen analog kısmın iç bağlantısını kontrol eder.

### **Sürekli Simülasyon Dillerinin Sınıflandırılması**

Blok tabanlı benzetim dilleri analog bilgisayarların metodolojisine dayanır. Sistem fonksiyonel birimlerin ve nicelik parametrelerinin iç kesitlerini tanımlayan blok diyagramları olarak ifade edilir. “Programlamanın” anlamı blokların ve tanımlamalarının iç kesitlerinin girişidir. Sonra kullanıcı ifadeler ekler ve/veya benzetimi kontrol eden direktifler verir. Eğer sistem denklemlerin bir seti olarak tanımlanmışsa, bu durumda sistem blok diyagrama dönüştürülmelidir. Dönüştürme basit bir doğru işlemidir. Birçok sürekli blok tabanlı dillerde tipik bloklar integratörler, sınırlandırıcılar, geciktiriciler, çarpanlar, sabit değerler, toplayıcılar, tutucular, kazançlar (katsayı) ve diğerleridir.

Deyim tabanlı sürekli diller, matematiksel modeli temsil eden denklemlere dayanır. Öyle ki, benzetilen sistem bir denklem takımı ile ifade edilir. Sonra kullanıcı benzetimi kontrol etmek için ve/veya direktiflerini ilave eder. Bazı diller sistemin tanımlanması için hem blok hem de deyim tabanlı yollara imkan sağlar. Benzetim kontrolünün anlamı:

İntegrasyon yönteminin, integrasyon adımlarının, gözetlenecek (blokların girişlerinin) değişkenlerinin, toplanan verilerin yazılması ve/veya çizilmesi için aralıkları, çıkışların sıkılaştırılması (bunlar otomatik olarak da yapılabilir), çalıştırılan benzetimlerin süresi, tekrarlamaların sayısı ve içerde değişen kesin değerlerin yolunu vb. seçilmesidir.

### **3.2.6.3. Hibrit Simülasyon Yöntemi**

Hibrit benzetim yöntemi, kesikli simülasyon ve sürekli simülasyon tipini içermesi ile oluşan yöntemdir (Varol, 1999).

### **3.2.7. Simülasyon Yapılma Amaçları**

Deneyim kazanmanın ya da deneyin gerçek sistem yerine bir modeli ile yapılması gerektiği durumlarda benzetim gerekli olur. Bu durumlar şöyle özetlenebilir.

#### **3.2.7.1. Gerçek Sistemin Olmaması:**

Var olmayan bir sistemin önce tasarımının yapılıp sonra gerçekleştirilmesi gereken durumlarda, seçenekleri irdelemek için tasarımı yapılan model ile deney yapmak açınılmaz olmaktadır. Bu durumlar geleneksel mühendislik uygulamalarında olduğu gibi somut sistemlerin veya sosyal uygulamalarda olduğu gibi soyut sistemlerin modellerini gerektirebilir. Mühendislik uygulamalarında kullanılan benzetim sana prototip olarak ta adlandırılır.

#### **3.2.7.2. Gerçek Sisteme Erişilmesi Kolay Olmaması:**

Atmosfer ötesi veya okyanus dibindeki koşullarda yapılacak deneylerde olduğu gibi gerçek sisteme erişmenin kolay olmadığı durumlarda deneyler modeller ile yapılmaktadır.

#### **3.2.7.3. Gerçek Sistemle Deneyin Tehlikeli Olması:**

Uçak pilotların veya nükleer santral operatörlerinin deneyim kazanmaları, alınmaması gereken riskler taşıdığından, öğrenim benzeticiler(simülatör) üzerinde yapılır.

#### **3.2.7.4. Gerçek Sistemle Deneyin Rahatsız Edici Olması:**

Bir kentin otobüs hatlarında yapılacak değişikliklerin irdelenmesi, gerçek sistemde yapılacak deneyler yerine, sistemin modeli ile yapıldığında kullanıcılara hiç rahatsızlık verilmemiş olur.

#### **3.2.7.5. Analitik Çözüm Tekniklerinin Olmaması veya Zor Olması:**

Analitik çözümü olmayan diferansiyel denklem takımları ile gösterilen veya çok basit olmayan bekleme hattı problemlerinde, benzetim değişik deney koşullarında çözüm bulunmasında yararlı olur.

#### **3.2.7.6. Sistemin Çok Yavaş veya Çok Hızlı Olması:**

Çekirdek fiziği veya yerbilim veya astronomik olaylar gibi devingenliğin çok hızlı veya çok yavaş durumlarda, benzetim çeşitli varsayımların sınanmasına olanak verecek model tabanlı deneylerin yapılmasını sağlar.

#### **3.2.7.7. Ekonomi:**

Benzetim modelinin yapılması, modelin gerçeği gerektiği gibi gösterip göstermemesinin sağlanması, gereken deney koşullarında bilgisayarda deneylerin yapılabilmesi için gereken harcamalar, çözümün iyice irdelenmiş olmasının getireceği katma değerle maliyet etkin bir şekilde dengelenmelidir. Bu konuda, benzetimle seçeneklerin irdelenmeden yanlış çözümün seçilmesinin getireceği risk ve ek harcamalar da hesaba katılmalıdır.

#### **3.2.8. Simülasyon Çeşitleri**

Eski öğretim modellerinin tartışmasında dört safha vardır: Öğrenciye bilgiyi tanıtmak, öğrenciye bilgi edinirken rehberlik etmek, ifade düzgünlüğünde ve hatırlamayı geliştirmede alıştırmayı sağlamak, öğrenmeyi belirlemek. Eğiticiler genellikle bu ilk iki safha ile meşgul olurlar. Bu tartışmanın amacı için simülasyonları iki ana gruba bölmek uygundur. Bunlardan biri bir şey hakkında bilgi veren, diğeri ise bir şeyin nasıl yapılacağını öğreten simülasyonlardır:

Bir şey hakkında bilgi veren simülasyonlar fiziksel ve yöntemsel diye adlandırılan iki yan gruba ayrılır.

Birşeyin nasıl yapılacağını öğreten simülasyonlar da prosedürel ve işlevsel diye adlandırılan iki yan gruba ayrılır.

Bu sınıflandırma çok kullanışlıdır. Çünkü simülasyonların manası hakkında yaygın bir karışıklık vardır. Simülasyon kelimesi farklı disiplinlerdeki insanlar için çok farklı çağrışımlar akla getirebilir. İnşaat mühendisleri ve ekonomistler için simülasyonun manası yöntem simülasyonlarını çağrıştırdığı gibi eğitimciler ve diğer kullanıcılar için işlevsel, profesyonel kullanıcılar içinse fiziksel ve prosedürel simülasyonları çağrıştırırlar.

Bu kategoriler aradaki farklılıkları anlamak için çerçevelenmiş olmakla birlikte faydalıdır. Gerçekte çoğu simülasyon bu kategorilerin hiçbirinin içine tam olarak girmez, fakat birden çok tipteki simülasyonların kombinasyon veya sentezine kalacak olursa. Yine de bu sınıflandırma sistemi bazı karışıklıkların açıklanmasında yardımcı olur.

### **3.2.8.1. Bilgi Veren Simülasyonlar**

Bilgi veren simülasyonlar 2 gruba ayrılmaktadır. Bunlar fiziksel simülasyonlar ile yöntemsel simülasyonlardır.

#### **Fiziksel Simülasyonlar**

Bilgisayar tabanlı fiziksel bir simülasyonda, bir öğrencinin elverişli bir ortamda öğrenmesi için fiziksel bir cisim veya fenomen ekranda temsil edilir. Buzulların hareketi, lens ve prizmalar arası ışığın hareketi veya güç çizgileri vasıtasıyla elektriğin nakledilmesi simülasyonun tipik örnekleridir.

Fiziksel bir simülasyon, örneğin, mekanik bir deneyde bir kurşunun hızının, açısının veya diğer parametrelerini değiştirerek öğrencinin cisim hareketlerini izlemesini sağlayan bir program. Bu program kurşunun yolunu ve diğer grafiksel bilgileri gösterir. Öğrenci bu programla, cismin açısının sonsuza giderkenki hareketlerinde araştırma yapabilmesini sağlar, gerçek cisimlerle laboratuarlarda fazla efor sarf etmeden deneyleri kolayca yapabilmelerini sağlar. Cisimlerin farklı durumlarda kolayca mukayese yapılabilmesini sağlar. Gerçek bir laboratuvar deneyinde öğrenciler sadece cisimlerin sınırlı hareketlerini izleyebilirler, diğer parametrelerinin değişiminde ve sürtünmede hareketlerini kolayca izleyemezler.

Diğer tipik bir fiziksel simülasyonda, belli sıcaklık, basınç ve hacimlerdeki moleköl hareketlerinin izlenmesi. Sıkıştırılmış gazlar arasındaki benzerliklerin araştırılmasında fiziksel simülasyonlar idealdir. Öğrenci bu simülasyonlarda sabit ve değişken hacim, basınç ve sıcaklıktaki kaplardaki gaz hareketlerini gözlemleyebilir.

### **Yöntemsel Simülasyonlar**

Yöntem simülasyonlar bir olay hakkında bilgi verme konusunda fiziksel simülasyonlara çok benzer. Yöntem simülasyonlar genelde kendi kendine açıkça karar veremediği bir olay hakkında metot veya genel düşüncüyü vermek için kullanılır, ekonomi çalışmalarında, adaleti sağlamakta veya nüfusun artmasında veya azalmasında olduğu gibi.

Yöntem ve fiziksel simülasyonlar interaktif olmaları ile diğer simülasyonlardan farklıdırlar. Katılmak yerine işlevsel ve prosedürel simülasyonlarda, öğrenci başlangıçta değerleri seçer ve daha sonra olaya müdahale etmeksizin ne olduğunu izler. Öğrenci daha sonra işlemi sıfırlar ve değişik değerler vererek işleme devam eder. Sonuçlardaki değerlerin değişikliklerini izleyerek öğrenmeye başlar.

Ekonomistler, örneğin tahmin etmek için yöntem simülasyonları kullanırlar. Simülasyonun başlangıcında gelirden ne kadar parayı tahsis edeceklerine karar verirler. Ekonomistler değerleri işsizlik oranındaki parametreler, uluslararası toplam üretim, üretimsel verimlilik, gelir vergisi oranları vb. değerler için alabilirler. Simülasyon daha sonra çalıştırılabilir. Yöntemi farklı başlangıç değerleri için parametrelerde belirli zamanlar tekrarlayarak ve sonuçları karşılaştırarak olayın nasıl geliştiğini öğrenmeye başlarlar.

(Catlab, Kinnear, 1982) yöntem simülasyon örneğinde; Öğrenciler bir dişi ve erkek kedinin ilk önce fiziksel karakterlerini (deri rengi gibi) seçmektedirler. Kediler çiftleşerek dokuz hafta sonra kedi yavruları olmaktadır. Yöntem; öğrenciler bunu hızlandırarak yavruların birkaç haftada yavruamalarını sağladılar. Genetik kurallarında uyduğu gibi öğrenciler aynı genlerden doğan yavrular elde ettiler. Öğrenciler aynı anne, baba gibi yavrular elde edemediler, fakat bazı karakterlerinin uyduğu gözlemlendi.

Öğrenciler iki yeni kediyi çiftleştirmeyi seçerek yöntemi tekrarladılar. Orijinal anne, babayı ve hızlıca olgunlaşmış varsayarak onların yavrularının tüm neslini dâhil ettiler. Bu simülasyonun amacı öğrencilere genetik kurallarını ve genetik araştırmaları öğretmek. Simülasyon kedilerin fiziksel karakterlerinin nasıl aktarıldığının beceri ve bilginin edindirilmesi ve test ederek değişik çiftleşme sonuçlarının diğer hipotezler arası gözlemlenmesi.

### **3.2.8.2. Öğreten Simülasyonlar**

Öğreten simülasyonlar 2 grupta incelenmektedir. Bunlar prosedürel ve işlevsel simülasyonlardır.

#### **Prosedürel Simülasyonlar**

Çoğu prosedürel simülasyonun amacı bir prosedürü oluşturan olayların sonuçlarını öğretmektir. Yaygın örnekleri; performasyondaki seyreklikler, kötü çalışan bir malzemeye teşhis koymak veya bir uzay mekiğini yere indirmek vb.

Prosedürel simülasyonlar sık sık fiziksel nesne simülasyonlar içerirler, çünkü öğrencilerin performansı örnek alınmalıdır işleyen gerçek prosedürlerde.

Her ne kadar roller arasındaki farkı görmek önemli olsa da; Fiziksel simülasyonlarla, içinde fiziksel nesnelerin hareket ettirildiği bu tip simülasyonlar arasındaki karşıtlığı görmek önemlidir. Burada çeşitli simülasyonlardaki fiziksel nesneler, prosedürel ihtiyaçları karşılamak için gerekli iken fiziksel simülasyonlarda nesne öğretimin merkezindedir. Prosedürel simülasyonların başlıca özelliği öğrencilere bir şeyin nasıl yapıldığının öğretilmesi iken prosedürel bir simülasyonda bir şeyin nasıl çalıştığının öğretilmesidir. Prosedürel simülasyonların önemli bir tipide tanı simülasyonudur.

Amacı öğrencileri problemlerin çözüm yolları ile tanıştırmak ve prosedürlerin ayarlanmasında çözümde karar vermektir.

Tüm bu prosedürel simülasyonlarda; öğrencinin işlemleri ile gerçek dünyada olayın nasıl sonuçlanacağı hakkında geri besleme yaparak veya bilgi vererek bilgisayar programı işlem yapmaktadır. Bu yeni bilgiye dayanarak, öğrenciler ardışık hareketler kazanırlar ve diğer zamanlarda daha çok bilgi elde ederler. Örneğin tıptaki bir tanı simülasyonunda olduğu gibi, öğrencinin hastaya yüksek ateş, deri kolerasyonu ve kendini güçsüz hissetmesi gibi teşhislerde hastaneye yatması gerektiğini anlatması.

Prosedürel simülasyonların başlıca karakteristiği, bir veya birden çok doğruları veya öğrencinin performansını öğrenirkenki bir dizi basamağı sunmaktır. Her ne kadar aynı sonuçlarda uzlaşmanın farklı yolları olsa da hepsinden eşit verim alınamaz. Prosedürel bir simülasyon bu farklı yolları araştırmayı ve sonuçları birleştirmeyi sağlar.

### **İşlevsel Simülasyonlar**

İşlevsel simülasyonlar farklı konumlardaki insanların davranışları ve görüşleri ile bir noktada birleştirmelerini sağlar. Kuralların belirlenmesini öğreten prosedürel simülasyonlardan farklı olan işlevsel simülasyonlar genellikle konumlara farklı yaklaşımların sonuçlarının araştırmasında veya konumlarda farklı roller üstlenmelerinde öğrencilere izin verir.

Hemen hemen tüm işlevsel simülasyonlarda öğrenci simülasyonun gerekli bir parçasıdır ve daha önemli roller alır. Aynı programda birbirleri ile etkileşimli öğrenciler tarafından veya kişinin kurallarıyla oynanan bir bilgisayar oyununda öğrenciler tarafından farklı roller alınabilir. Bazı oyun tipleri de işlevsel simülasyonlar gibi sınıflandırılabilirler, özellikle macera ve kumar oyunları. (<http://www.onlinefizik.com/content/view/29/110/>)

### **3.2.9. Simülasyonun Uygulama Alanları**

Simülasyon, çok çeşitli alanlarda uygulama alanına sahiptir. Hillier ve Lieberman (1980), bu tekniğin geniş uygulama alanlarını belirtmek için aşağıdaki örnekleri vermişlerdir:

- İşletme politikaları ve uygulamalarındaki (bakım kapasitesi, tesislerin, yedek uçakların vb.) değişiklikleri test etmek için bir havayolu şirketi tarafından büyük bir havaalanındaki operasyonların simülasyonu,
- En iyi trafik akışını belirlemek için, trafik ışıklarının simülasyonu,
- Optimal tamir personeli sayısını belirlemek için bakım operasyonu simülasyonu,
- Bir radyasyon kalkanına yansıyan radyasyonun yoğunluğunu belirlemek için, bakım operasyonu simülasyonu,
- Bir radyasyon kalkanına yansıyan "radyasyonun yoğunluğunu belirlemek için, kalkandaki yüksüz parçacıkların akış simülasyonu,

- Uygulama, kapasite ve tesislerin şekillerindeki değişiklikleri değerlendirmek için, çelik üretim operasyonunun simülasyonu,
  - Ekonomik politika kararlarının etkilerini tahmin"etmek için ekonomi simülasyonu
  - Savunma ve saldırı silah sistemlerini değerlendirmek için büyük çaplı askeri savaşların simülasyonu,
  - Büyük çaplı dağıtım ve envanter kontrol sistemlerinin tasarımını geliştirmek için bu sistemlerin simülasyonu,
  - Firmanın politikaları ve operasyonlarındaki değişiklikleri değerlendirmek için tüm firmanın genel operasyonlarının simülasyonu,
  - En ekonomik düzeyde, tatmin edici servis sağlamak için, gerekli parça kapasitesini belirlemek maksadıyla bir telefon iletişim sisteminin simülasyonu,
- En ideal baraj, elektrik santrali ve sulama işlerinin şeklini belirlemek için, ırmak havza operasyonlarının simülasyonu.

([http://www.donusumkonagi.net/makale.asp?id=2292&baslik=simulasyon\\_ve\\_mode\\_lleme\\_nedir\\_](http://www.donusumkonagi.net/makale.asp?id=2292&baslik=simulasyon_ve_mode_lleme_nedir_))

### **3.2.10. Simülasyon Alanındaki Son Gelişmeler**

Simülasyon, bilgisayarlı bilimin en büyük avantajlarından biridir. Para, vakit ya da başka herhangi bir engelden dolayı gerçekleştiremediğimiz bir deney için tek çıkış yolu. Tıp öğrencilerinin oldukça işine yarayan “sanal kadavra”yı duymuşsunuzdur. Cansız bir insan vücudu hakkındaki tüm bilgilerin bir bilgisayar ortamına aktarılması... Bedenin orada modellenerek tamamen “etkileşimli” ve üzerinde operasyon yapılabilir bir hale getirilmesi. Aynı şekilde dünyadaki ekolojik dengede simüle edilebilir, yani bilgisayar ortamında yeniden yarata bilinir. Tabii ki maddeyi oluşturan parçacıklar da: atomlar, elektronlar... günümüz biliminde simülasyon, çoğu zaman daha ucuza mal olan, üzerinde klasik şekilde deney yapılamayan konular hakkında bilim adamlarına yeni olasılıklar tanıyan yeni bir alternatiftir.

Bilgisayar destekli tasarım her zaman üretim sektörünün vazgeçilmez yardımcılarında biri olmuştur. Oysa artık “sanal üretim” programından bahsediliyor

ve dünya piyasalarında birbiriyle rekabet eden yazılımlar vardır. Bilgisayar destekli tasarım “CAD”, tasarımcılara ve mühendislere büyük kolaylıklar getirdi.

Bir örnekle anlatılırsa;

Bir arabanın içinde binlerce irili ufaklı parça var. Bunlar bir bütünün parçaları olarak tasarlanıyor, üretiliyor, uyumlu bir şekilde birleştiriliyor ve karşımıza bir araba olarak çıkıyor. Geleneksel mühendislikte, bu binlerce parçayı üretilmeden önce bir arada görmek pek de mümkün değildi. Her şey inceden inceye hesaplanmasına rağmen, üretim aşamasından sonra ortaya çıkan en ufak bir uyumsuzluk, o parçanın yeniden tasarlanıp, yeniden üretilmesini gerektiriyordu. İşte sanal üretim yazılımları bu çileye bir son verdi. Artık mühendisler ayrı ayrı tasarlanan parçaları, üretim aşamasından çok önce bilgisayar ekranında ve hatta sanal gerçeklik kaskları aracılığıyla üç boyutlu olarak görme şansına sahip. Uyumsuzluklar başa bela olmadan çok önceden tespit edilip, değişiklikler gerçekleştirilebiliyordu. Ama bütün bunlar yanında, bu tür yazılımların bir büyük avantajı daha var. Verilerin hepsi dijital olarak kayıtlı olduğu için rahatlıkla saklanabiliyor. Farklı kıtalarda yaşayan tasarımcılar aynı proje üzerinde verimli bir şekilde çalışabiliyorlar. Bunun en tipik örneği Boeing 777 modeli. Bir Boeing in ekranında denendi. Bir araya getirildi ve test edildi. Sonuçta ilk 777 üretildiğinde bütün parçaların neredeyse kusursuz bir biçimde yerine oturduğu görüldü. Çok pahalıya mal olan prototipleri bilgisayar modelleriyle değiştirmek yeni bir fikir değil. Sanal gerçekliğin sunduğu üç boyutlu mekân hissi, tasarımcılar için bulunmaz bir fırsattı. Tasarımcıları bir kokpiti pilotun gözünden görebilmek, etrafını çevreleyen onca alete uzanarak denemek eskiden mümkün olmayan şeylerdi. Bu sanal cihazlar yardımıyla mühendisler tasarladıkları aletlerin içinde çocuklar gibi oynayarak tasarımlarının aksayan yönlerini bulabiliyorlar. Sağda solda görmeye alışkın olduğumuz simülasyonlar araba çarpışma simülasyonlarıdır. Üretilen arabaların sağlamlığını test edebilmek için, içinde mankenlerin bulunduğu arabalar son sürat birbirlerine giriyorlar, sonuçta mankenler de arabalar da hurdaya çıkıyorlar.

Bu testler içinde kullanılan her bir prototipin maliyeti 1 milyon civarındadır. Şimdi bu işi de bilgisayarlar yapıyor. Hem maliyeti az, hem de çarpışma hesaplamaları

daha detaylı tutulabiliyor. Peki, bilgisayarlar daha üretilmemiş şeyleri canlandırıyor, üretim aşamasını niye canlandırmamın? Sanal üretim yazılımlarının en uç noktası da bu olsa gerek. Bunu da düşünmüşler ve bir fabrikanın tüm üretim aşamalarını simüle eden programlar hazırlamışlardır. Desseault firmasının ürünü DMAPS bunlardan biri. Bu tür programlar yardımıyla, mühendisler tam verimli bir üretimin nasıl olması gerektiğini deneme yanılma ile bulabiliyorlardı.

Bir arabanın içinde binlerce irili ufaklı parça var. Bunlar bir bütünün parçaları olarak tasarlanıyor, üretiliyor, uyumlu bir şekilde birleştiriliyor ve karşımıza bir araba olarak çıkıyor. Geleneksel mühendislikte, bu binlerce parçayı üretilmeden önce bir arada görmek pek de mümkün değildi. Her şey inceden inceye hesaplanmasına rağmen, üretim aşamasından sonra ortaya çıkan en ufak bir uyumsuzluk, o parçanın yeniden tasarlanıp, yeniden üretilmesini gerektiriyordu. İşte sanal üretim yazılımları bu çileye bir son verdi. Artık mühendisler ayrı ayrı tasarlanan parçaları, üretim aşamasından çok önce bilgisayar ekranında ve hatta sanal gerçeklik kaskları aracılığıyla üç boyutlu olarak görme şansına sahip. Uyumsuzluklar başa bela olmadan çok önceden tespit edilip, değişiklikler gerçekleştirilebiliyordu. Ama bütün bunlar yanında, bu tür yazılımların bir büyük avantajı daha var. Verilerin hepsi dijital olarak kayıtlı olduğu için rahatlıkla saklanabiliyor. Farklı kıtalarda yaşayan tasarımcılar aynı proje üzerinde verimli bir şekilde çalışabiliyorlar. Bunun en tipik örneği Boeing 777 modeli. Bir Boeing in ekranında denendi. Bir araya getirildi ve test edildi. Sonuçta ilk 777 üretildiğinde bütün parçaların neredeyse kusursuz bir biçimde yerine oturduğu görüldü. Çok pahalıya mal olan prototipleri bilgisayar modelleriyle değiştirmek yeni bir fikir değil. Sanal gerçekliğin sunduğu üç boyutlu mekân hissi, tasarımcılar için bulunmaz bir fırsattı. Tasarımcıları bir kokpiti pilotun gözünden görebilmek, etrafını çevreleyen onca alete uzanarak denemek eskiden mümkün olmayan şeylerdi. Bu sanal cihazlar yardımıyla mühendisler tasarladıkları aletlerin içinde çocuklar gibi oynayarak tasarımlarının aksayan yönlerini

### 3.2.11. Simülasyon Dilleri ve Kullanılan Paket Programlar

#### 3.2.11.1. Simülasyon Dillerinin Tarihsel Gelişimi

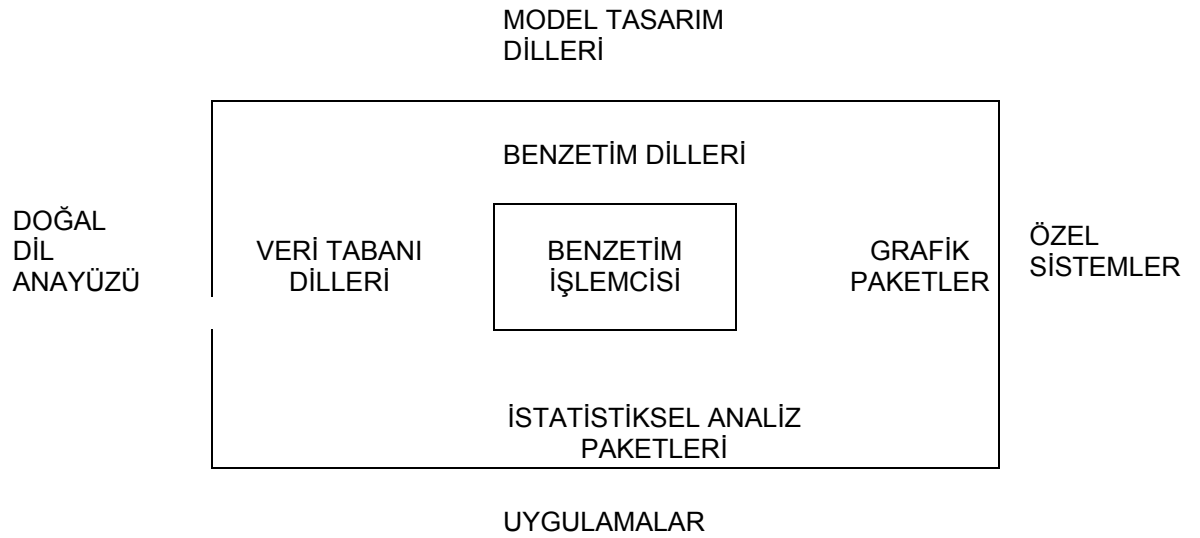
Simülasyon dilleri ilk olarak 1960' lı yuların başlarında GPSS ve SIMSCRIPT'in takdimiyle ortaya çıkmaya başlamıştır. GPSS, kuyruk sistemlerinin modellenmesi amacıyla tasarlanmıştır, özel amaçlı bir simülasyon dilidir. Günümüzde, bu şekilde konuya göre tasarlanmış özel amaçlı bir çok simülasyon dili bulunmaktadır. SIMSCRIPT, model kurmada daha geniş tasarım olanakları sağlayan, genel amaçlı süreksiz olay simülasyon dillerini temsil etmektedir. Diğer genel amaçlı süreksiz olay simülasyon dilleri GASP IV, SLAM II ve SIMAN olarak verilebilir.

Nance isimli bir araştırmacı simülasyon dillerinin kabaca beş gelişim periyodundan geçtiğini kaydetmektedir. Bunlar;

- 1955–1960 arası: Simülasyonlar özellikle FORTRAN olmak üzere, genel amaçlı programlama dilleri ile yapılmaktadır. Bu dönemde, simülasyon modellerinin çalıştırılabilmesi programlama dillerinin gelişmesine bağlı idi.
- 1960–1965 arası: Simülasyon çalışmalarını gerçekleştirecek GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT ve CSL gibi ilk simülasyon dilleri ortaya çıkmıştır. Bu diller alternatif yaklaşımlar sunarak; bugün kullanılan birçok simülasyon dili için temel oluşturmuşlardır.
- 1966–1970 arası: Simülasyon dillerinin ikinci jenerasyonu olarak adlandırılan bu dönemde GASP II, III, 360 ve V versiyonları geliştirilmiştir. Ayrıca SIMULA 67'nin yeni versiyonu kullanılmaya başlanmış, CSL yerini genişletilmiş hali olan ECSL'ye bırakmıştır.
- 1971–1978 arası: Bu dönemde SLAM ve Q-gere gibi bazı yeni diller ortaya çıkmışsa da, dönemin özelliği, mevcut dillere yeni özellikler eklenmesi olmuştur. Örneğin; SIMSCRIPT II.5'e sürekli modelleme yeteneği ve proses etkileşim stratejisi eklenmiştir. GASP IV, karma modeller tasarlayabilme yetkisini bünyesine dâhil etmiştir. Bu dönemin sonlarına doğru bazı dillerin karşılıklı etkileşim versiyonları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde; Zeigler, modellemeye ait temel kavramları sunmuştur. Ören ve Zeigler, mevcut simülasyon dillerinin kritiklerini yaparak yeni dillerin içermesi gereken iki

kavram ortaya konmuştur. İlk kavram; mantık olarak birbirinden farklı olan; modelleme, deney tasarımı ve çıktı analizleri safhalarının birbirinden ayrılmasıdır, ikinci kavram ise; programın kanıtlanması ve modelin geçerliliği için veritabanı teknolojisinin, grafiklerin v.b. kullanılmasıdır.

- 1979 'dan-günümüze kadar geçen süre: Bu dönemde programlamadan model geliştirmeye doğru kayan bir önem sırası olmuştur. Bu dönemde, program yazma paketler tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Mevcut simülasyon program donanımlarının amacı, kullanımı kolay ve "Bütünleşik Simülasyon Çevresi" sağlamaktır. Bu cins bir bütünleşik çevrede; model tasarımı, modellerin geçerliliğinin sınanması, giriş verileri hazırlama, çıkış sonuçlarının analizi, deneyleri tasarlama gibi birçok modül entegre olarak çalışır. Şekil 3.2 de bir simülasyon programı için kullanıcı "arayüz (interface)"leri görülmektedir.



Şekil 3.8 Bir Simülasyon Programı İçin Kullanıcı Arayüzleri

Şekilde 3.2 de görülen orta tabaka; günümüzdeki simülasyon çevrelerinin; simülasyon dilleri, grafikler, veritabanı dilleri, istatistiksel analiz paketleri ile entegrasyonunu göstermektedir. Genişletilmiş simülasyon sistemi (TESS), bütünleşik simülasyon çevrelerinin mükemmelleşmiş durumuna bir örnektir. SLAM II için gerçekleştirilen genişletilmiş bir simülasyon sisteminin (TESS) yapabileceği bazı şeyler:

- SLAM II şebekelerine ve şematik modellere grafik arayüz kurma,
- Girişlerin kaydını oluşturma,

- Model girişleri ve çıkışları, veri tabanı yönetimi,
- Rapor ve Grafikler hazırlanması;
- SimÜlasyon çalışmasının animasyonu;
- SimÜlasyon sonuçlarının anal izi

TESS, tüm bu modülleri SLAM II'ye dayanan tek bir makette toplayabilir. Yapay zekâ teknolojisinin artan kullanımı , "Zeki SimÜlasyon Çevrelerinin" ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunlar; model konstrüksiyonunda grafik etkileşimi nesneye-baslı (nesnel) programlama teknikleri, Üretim kuralları gibi destekler sağlar.

### **3.2.11.2. Genel Amaçlı Programlama Dillerinin Gelişimi**

Halen birçok simÜlasyon dili geliştirilmiş olmasına rağmen, pek çok simÜlasyoncu modellerini hala genel amaçlı programlama dilleri ile kurmaktadır. Bunun birçok nedeni vardır, simÜlasyon dillerinin her bilgisayarda kullanılamamasıdır. Pek çok simÜlasyon dili ve paketi Workstation (is istasyonları) için uygun olup, mikrobilgisayarlar yani PC'ler için çok geniş kapsamlıdır. Eğer uygun bilgisayar olsa bile çalışması verimsizdir. Diğer nedenlerden bazıları ise simÜlasyon dilinin compiler'ının pahalı olması, programcılarının yeni bir dili kullanmadaki isteksizlikleri, programın her yerde çalışmaması nedeniyle bir bilgisayar sisteminden diğerine taşınmamasının zor olmasıdır.

Bu zorlukların üstesinden gelmenin bir yolu, mevcut programlama dillerine simÜlasyonla ilgili ilaveler yaparak simÜlasyon dillerinin gelişmesidir. Bu yaklaşım modelciye; olay, faaliyet, işlem gibi temel elemanları genel amaçlı bir programlama dili kullanarak yazma imkânı sağlar. örneğin; PASCAL-SIM, Pascal dilinin simÜlasyon amaçlı geliştirilmiş hali olup; kuyruk tarzı işlemlerde, zaman güncelleştirmede, olay listelerinin düzeltilmesinde, kaynakların kontrolünde, rasgele sayı Üretmede, istatistiksel örneklemede, görüntüleri ekrana vermede kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kolaylıklar Pascal dilinin özellikleri sayesinde sağlanır ve her yerde çalışabilmeyi sağlar, Pascal orijinli diğer diller; PSSIM, Mikro PASSIM, SIMPAS SIMTOOLS, SIMCAL sayılabilirler.

Diğer blok-kaynaklı diller de Pascal gibi genişletilebilirler. A SİM Ada dili kaynaklı olup süresiz olay simülasyonunda kolaylıklar sağlar. SIMOD, Modül–2 kaynaklıdır.

### **3.2.11.3. Genel Amaçlı Diller İle Simülasyon Dillerinin Karşılaştırılması**

Bir simülasyon senaryosunu modelleyen bir analistin vermesi gereken en önemli kararlardan biri hangi dili seçeceğidir. Bu seçim simülasyon projesinin başarısını ve zamanlamasını önemli düzeyde etkileyebilir. Aşağıda simülasyon dillerinin C, C+, C++ veya Pascal gibi genel amaçlı dillere göre avantajları ve dezavantajları verilmiştir. .

- Simülasyon dilleri belirli bir simülasyon modelinin programlanmasından istenen özelliklerin çoğunu sağlar ve bu durum programlama zamanının azaltılmasında yararlı olabilir.
- Temel blokların oluşturulması programlama dillerine göre daha kolaydır.
- Simülasyon dillerinin kullanımı simülasyon modelinin üzerinde kolayca değişiklikler yapılmasını sağlar.
- Çoğu simülasyon dilleri işlem esnasında dinamik bellek ayırımını sağlar.
- Daha az sayıda program satırı olduğu için hata ayıklaması daha kolaydır. (Yani versiyonlardaki hataların izlenmesi kullanıcılar için daha zor olabilir).
- Diğer yandan çoğu simülasyon modelleri (Özellikle güvenlik ve savaş endüstrisine yatkın olanlar) hala genel amaçlı programlama dilleri ile oluşturulmaktadır. Bunun nedeni genel amaçlı programlama dillerinin avantajları olarak; çoğu uygulamalar genel amaçlı programlama dillerine, simülasyon dillerine göre daha yatkındırlar.
- Genel amaçlı programlama dili ile yazılan bir program etkin bir şekilde oluşturulduğu zaman simülasyon dili ile yazılana oranla daha kısa zamanda çözümleme aşamasına ulaşabilir.
- Genel amaçlı programlama dilleri daha esnek bir yapıya sahiptir.
- Genel amaçlı programlama dilleri simülasyon projesinin yazılım giderlerinin daha az olmasına yol açabilir.

Yukarıda sözü edilen simülasyon dillerinin avantaj ve dezavantajları bir arada dikkate alındığında, iyi bir simülasyon yazılımından beklenen özelliklerin kritik bir şekilde irdelenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

#### 3.2.11.4. İmalat Sistemleri Modellemesinde Kullanılan Simülasyon Dilleri

Günümüzde artık simülasyon, imalat sektörü tarafından da geçerliliği kabul edilen ve geniş olarak uygulanan bir çalışma haline gelmiştir. Bu nedenle imalat sistemleri modellemede özel simülasyon dilleri geliştirilmiştir. Bugün bu dillerden çok sayıda mevcuttur. SIMFACTORY gibi simülasyoncu olmayan birinin bile rahatça kullanabileceği diller, AutoMOD gibi çok kapsamlı bir dile kadar pek çok dil vardır. Bu dillerin çoğu iki ana özelliğe sahiptir:

- İmalat çevreleri için modelleme özelliği sağlarlar,
- Kullanımı kolay olup karşılıklı iletişim özellikleri vardır. Örneğin; grafik etkileşimi yada, menü kullanımı simülasyon dilinin öğrenilmesinde kullanıcıya büyük kolaylık sağlar.

Bu sınıftaki dillere bir örnek olarak Model Master TM Fabrika modelleme sistemi verilebilir. Model Master'in grafik kolaylıklarını kullanarak elemanlar ve imalatla ilgili olarak; makineler, makine hücreleri, nakil araçları, nakil yolları, bekleme yerleri, iş türleri ve iş sıraları vb. hakkında bilgi edinmek mümkündür. Data giriş bölümü, çalışma zamanlarının, durmaların, tamir sürelerinin, montaj sürelerinin, yükleme zamanının girdi olarak girilebilmesini sağlar. Model Master programcı tarafında programlanmaya gerek duymaz. Bir model girilen verilere göre otomatik kurulur ve sonra icrasına başlanır.

Simülasyon sonucunda raporlar; standart rapor şeklinde, grafik kartları şeklinde ya da animasyon çıktısı olarak elde edilebilir.

İmalat simülasyonu için yapılmış diğer paketler; PC Model, PC Model/GAF, XCELL'de PC'ler için geliştirilmiştir. KCELL tamamen amatör modelciler için geliştirilmiş olup tamamen grafik etkileşimli bir programdır. STAR CELL'in önemi ise, JIT (Just in Time) ve FMC (Flexible Manufacturing Cell) türü imalatla uygulanabilmesidir.

FACTOR, SEE WHY/WITNESS, SIMAN, EMSS (Expert Manufacturing Simulation system ) gibi simülasyon paketleri, elektronik parçalar imalat dalında kullanılır. Emssinin elemanları; bir doğal dil arabirimi, SIMAN kodunda program Üreteci, sistem veriminin artırılması için öneriler sunan bir uzman sistem olarak belirtilebilir.

### **3.2.11.5. Yaygın Simülasyon Paket Programları**

Günümüzde, kullanılan pek çok simülasyon paket programı vardır. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlar aşağıdaki yazılımlardır:

- SIMAN (SIMulation Analysis)
- SIMSCRIPT
- SLAM (Simulation Language for Alternative Modelling)
- INSIGHT
- MODSIM
- SIM ++
- Simulink/Matlab

gibi diller sayılabilir.

Bunlara ek olarak üretim sistemlerinin simülasyonu için,

- AutoMod
- ProModel
- SIMFACTORY
- WITNESS
- XCELL +

isimli dillerin yanı sıra network uygulamaları için geliştirilmiş

- NETWORK
- COMNET

isimli yazılımlardan söz edilebilir. (<http://idari.cu.edu.tr/sempozyum/bil34.htm>)]

## **3.3. Matlab**

### **3.3.1. Matlab Hakkında Genel Bilgi**

MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü ve analizi için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. MATLAB adı, MATrix LABoratory (Matrix Laboratuvarı) kelimelerinden gelir. MATLAB, ilk olarak Fortran Linpack ve Eispack projeleriyle geliştirilen ve bu programlara daha etkin ve kolay erişim sağlamak amacıyla 1970'lerin sonlarında yazılmıştır. İlk başlarda bilim adamlarına problemlerin çözümüne matris temelli teknikleri kullanarak yardımcı olmaktaydı.

Bugün ise geliştirilen yerleşik kütüphanesi ve uygulama ve programlama özellikleri ile gerek üniversite ortamlarında (başta matematik ve mühendislik olmak üzere tüm bilim dallarında) gerekse sanayi çevresinde yüksek verimli araştırma, geliştirme ve analiz aracı olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca işaret işleme, kontrol, fuzzy, sinir ağları, wavelet analiz gibi birçok alanda ortaya koyduğu Toolbox adı verilen yardımcı alt programlarla da özelleştirilmiş ve kolaylaştırılmış imkânlar sağlamış ve sağlamaya da devam etmektedir.

Yapılan çalışmaların içeriği ve amacı ne olursa olsun, MATLAB'ın teknik hesaplama araçları, daha etkin ve verimli çalışma olanağı sağlar. Esnek ve etkileşimli MATLAB ortamı; ileri analizler, veri görüntüleme ve algoritma geliştirme sürelerini C, C++ veya Fortran gibi programlama dillerine oranla oldukça kısaltmaktadır. Açık kaynak kodlu MATLAB dili, paylaşımı sayesinde hızlı çözümler geliştirmeye yardımcı olur.

Sayısı 1000'i aşan matematiksel, istatistiksel ve mühendislik fonksiyonları ile MATLAB, yüksek başarılı sayısal analiz ortamı sağlar. Etkileşimli grafiksel yetenekleri sayesinde çizimler, resimler, yüzeysel ve hacimsel gösterimler bu ortamı daha da verimli hale getirir.

(<http://www.figes.com.tr/urunler/matlab/uygulama.matlab.php>)

### **3.3.2. Matlab İle Yapılabilecek Çalışmalar**

- Diferansiyel bir denklemleri veya denklem sistemini çözmek veya bir matrisin tersini hesaplamak
- Dinamik bir sistemin simülasyonunu yapmak
- Grafikler çizip, bunlar üzerinde düzenlemeler yapmak
- Kontrol kartı kullanarak herhangi bir sistemin gerçek zamanlı kontrolünü gerçekleştirmek
- Finansal veri analizi yapmak
- OCR (otomatik karakter tanıma) programı yazabilmek

Bu örnekleri çoğaltılması çok kolaydır. Ama kesin olan şu ki, geleneksel programlama dilleri genel amaçlı tasarlanmıştır. Dolayısı ile yukarıda verilen örneklerdeki gibi daha özel işlerin gerçekleştirilmesi gereken durumlarda yeterli araçlara sahip değildirler. Bu ise işin inanılmaz düzeyde zorlaşmasına sebep olur. Bu,

yukarıda verilen örneklerin geleneksel programlama dilleri ile yapılamayacağı anlamına da gelmemelidir. Ancak, amaca ulaşmak için harcana zaman işin zorluğu ile orantılı olarak çok ciddi boyutlara ulaşır. Hatta tek bir kişi ile mümkün olmayan, bir proje takımının oluşturulması gereken durumlar ortaya çıkar. Buradan Matlab'ın sadece bu gibi özel durumlar için kullanışlı olduğu anlamı da çıkarılmamalıdır. Bu gibi özel işlemlerin yapılmasını inanılmaz derecede kolaylaştıran ve hızlandıran bir programın genel uygulamalar için neler yapabileceğini açıklamaya gerek yoktur.

Bu durumda matlab'ın tipik kullanım alanlarını şu şekilde tanımlayabiliriz.

- Matematik ve Hesaplama
- Algoritma geliştirme
- Veri toplama ve gerçek zamanlı kontrol
- Modelleme, simülasyon ve prototip geliştirme
- Veri analizi ve grafiksel görüntüleme
- Grafiksel arabirimi ile birlikte uygulama geliştirme

### **3.3.3. Matlab Ortamında Simülasyon: Simulink**

Simulink; MATLAB ailesinin kullanıcılara, zamana bağlı dinamik olaylar için arayüz yardımı ile görsel sistem modellerinin kurulması, benzetimi ve çözümü konusunda hizmet sunan bir üründür. Simulink ile hazırlanan uygulamalar bir test ortamındaymışçasına sürekli veya ayırık zamanlı analiz edilebilir, analize bağlı tasarım ve geliştirme işlemleri gerçekleştirilebilir.

Simulink birçok matematiksel ifadeden başlayarak; havacılık, haberleşme, elektrik, elektronik ve kontrol sistemleri, finansal, mekanik, kablosuz sistemler ile sinyal işleme, sanal gerçeklik, yüksek seviyeli gerçek zamanlı donanımsal çalışma, gömülü kontrol ve otomatik kod üretimi ile birim programlama gibi birçok özel alana yönelik blok kütüphaneleri içermektedir.

Simulink ile modelleme, bir sistemin kağıt üstüne taslak çizimi yapılması kadar kolaydır. Simulink grafiksel kullanıcı arayüzü; hali hazırda barındırdığı çeşitli blok setleri ile “Sürükle ve Bırak” işlemine dayanan basit bir mantıkla, sistem elemanlarını ve sistemleri oluşturur. Sistem elemanlarının parametrelerini değiştirmek temel çift tıklama ile yapılabilmektedir. Sistem özellikleri de hazır

kullanıcı arayüzleri ile belirlenmektedir. İstenildiği takdirde, kullanıcılar kendi bloklarını oluşturabilmekte ve kendi kütüphanelerini hazırlayabilmektedirler.

#### **3.3.4. Simulink Kullanım Sebepleri**

Simulink, kullanıcılara modellemek istedikleri sistemler için bir yol haritası sunar. Standart programlamada mevcut olan kod yazma mantığına karşın Simulink'te bloklar ile görsel programlama yapıldığından, kullanıcılar bir bakışta modellemek istedikleri sistemi görebilir, girişlerin hangi aşamalardan geçtiğini ve hangi çıkışları oluşturduğunu pratik bir şekilde gözleyebilirler. Analizler sonucu elde edilen veriler, MATLAB ve Simulink ortamındaki diğer ürünler ile etkileşimli bir şekilde kullanılabilir, bu verilere yönelik farklı bilim dallarında görsellemeler ve işlemler tek platform özelliği ile uygulanabilir.

SIMULINK, gerçek dinamik sistemlerin modellenmesi, analiz edilmesi ve simülasyonu için kullanılan etkileşimli bir simülasyon ve prototipleme ortamıdır. MATLAB'ın nümerik, grafiksel ve programlama alanlarındaki tüm işlevselliğini koruyan bir blok şemaları arayüzü aracılığıyla çalışır.

SIMULINK blok kümeleri adı verilen ek ürünler, konuya özel modelleme ve tasarım, kod üretme, algoritma uygulama, test ve doğrulama gibi alanlarda SIMULINK ortamını daha da geniş kılmaktadır.

#### **3.3.5. Simulink'in Belirleyici Özellikleri:**

- Ayrıntılı ve daha da genişletilebilir önceden tanımlı bloklar
- Blok şemalarını düzenlemek için etkileşimli grafiksel editör
- Karmaşık modelleri basitleştirmek için hiyerarşik model yapısı
- Model katları arasında rahat çalışmayı sağlayan Model Gezini
- Farklı simülasyon programlarıyla bağlantı kurma, elle MATLAB algoritmalarını dahil edebilme
- Değişken veya sabit adım aralığı ile simülasyon yapabilme
- Görsel hata ayıklayıcı
- Veri analizi, görselleme ve arayüz oluşturma için MATLAB ile tam iletişim

- Model tutarlılığı ve modelleme hatalarının tespiti için model analizi ve hata tanı koyma araçları

SIMULINK, elektromekanik sistemlerin tasarımını ve modellenmesini son derece verimli ve kolay bir hale getirir. SIMULINK denetim sistemleri tasarımı modülü sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin zaman ve frekans alanlarında analizleri. Yapılabilmekte ve kutup-sıfır dinamikleri kolaylıkla modellenmektedir.

SIMULINK denetim sistemleri tasarımı modülü sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin zaman ve frekans alanlarında analizleri yapılabilmekte ve kutup-sıfır dinamikleri kolaylıkla modellenmektedir.

Modellerinizi, fiziksel sistemlerinize bağlayarak gerçek zamanlı PC-tabanlı simülasyonlar gerçekleştirerek SIMULINK'in size sağladığı hızlı prototipleme yeteneklerinden faydalanabilirsiniz.

SIMULINK sinyal, görüntü ve video işleme araçları, havacılık, savunma, gökbilim, tıbbi ve bilimsel görüntüleme gibi pek çok alandaki karmaşık problemlerin çözümüne olanak sağlar.

SIMULINK, dinamik sistemlerin modellenmesi, analizi ve benzetimi için kullanılan etkileşimli bir benzetim ve prototipleme ortamıdır. MATLAB'in sayısal, grafiksel ve programlama alanlarındaki tüm işlevselliğini koruyan bir blok şemaları arayüzü aracılığıyla çalışır.

SIMULINK'in kendi blok kitaplığı, sistem modellemede en sık kullanılan özellikleri kapsayacak şekilde, toplamda 1000'den fazla blok içermektedir. İntegratör, sıfırıncı dereceden tutucu gibi sürekli ve ayrık modelleme blokları; toplama, çarpma, arama tabloları gibi algoritmik bloklar ve işaret yönlendirmeye ve anahtarlamaya yarayan çoklayıcı, veriyolu yaratıcı gibi yapısal bloklar bunlar arasında sayılabilir. Bu kapsamlı kitaplığa ek olarak, kullanıcının kendi bloklarını yaratması veya konusunda özelleşmiş bloklardan oluşan diğer SIMULINK blok kümelerini kullanması da mümkündür. Blok kümeleri, konuya özel modelleme ve tasarım (havacılık, haberleşme, görüntü işleme, vb.), otomatik kod üretme, algoritma

uygulama, test, doğrulama ve onaylama gibi alanlarda SIMULINK ortamını daha da geniş kılmaktadır.

SIMULINK, bloklardan oluşan hiyerarşik yapısı sayesinde, modellerin açık ve anlaşılabilir şekilde tasarlanmasını sağlar. Blokları ve işaretleri alt sistemlere dönüştürüp model içinde tek bir blok olarak kullanmak mümkündür. İstenirse başka modeller de referans olarak eklenip kullanılabilir.

SIMULINK ile modelleme yaparken, işaretler üzerinde de kapsamlı bir denetime sahip olunur. Tek/çift duyarlıklı, 8/16/32 bit tamsayı formatlı gerçel veya karmaşık işaretler tanımlanabilir, format dönüşümleri yapılabilir. Ek bir modül kullanılarak, sabit noktalı verilerle benzetim yapılabilir.

Model başarımını test etmek için, çeşitli giriş işaretleri tanımlayarak, belirtilen koşullara göre model çıkışları otomatik olarak denetlenebilir. Tasarım aşamasında, modelin istenilen yerlerine yazılı belgeler eklemek, böylece teknik bilgileri model ile taşımak da mümkündür.

SIMULINK'in Kontrol Sistemleri Tasarım eklentisi sayesinde, doğrusal olmayan modelleri doğrusallaştırmak, frekans ve zaman yanıtını elde etmek veya sıfır/kutup dinamiklerini belirlemek mümkündür.

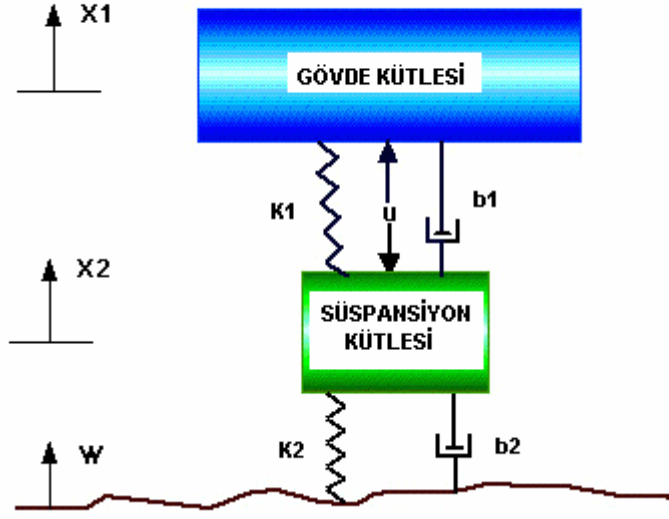
Parametre Tahmini ve Sistem Yanıt Eniyilemesi modülleri ile, gerçek sistemden alınan giriş/çıkışlar kullanılarak, modeldeki parametreleri otomatik olarak ayarlamak mümkün olmaktadır. ([www.figes.com.tr/urunler/simulink/uygulama2.simulink.php](http://www.figes.com.tr/urunler/simulink/uygulama2.simulink.php))

### **3.3.6. Simulink'te Örnek Bir Çalışma**

#### **Otobüs Süspansiyon Sisteminin Simulink'te Modellenmesi**

Bir otobüs için otomatik süspansiyon sistemi tasarlamak oldukça ilginç bir kontrol problemidir. Eğer süspansiyon  $\frac{1}{4}$  lük bir otobüs modeli için (dört tekerden biri) düzenlenirse problem tek boyutta bir yaylanma – sönümlleme sistemine indirgenebilir. Otobüs süspansiyon sistemine ait diyagram şekil 4.1 de gösterilmektedir.

### İNCELENEN SİSTEMİN GENEL MODELİ



Şekil 3.9. Otobüs Süspansiyon Sistemi Diyagramı

Bu süspansiyon sistemine ait fiziksel parametreler için aşağıdaki sayısal değerleri kullanılır.

- $m_1$  (gövde kütlesi) = 2500 kg
- $m_2$  (süspansiyon kütlesi) = 320 kg
- $k_1$  (süspansiyon sisteminin yay sabiti) = 80000 N/m
- $k_2$  (lastik ve tekerleğin yay sabiti) = 500.000 N/m
- $b_1$  (süspansiyon sisteminin sönümleme sabiti) = 350 Ns/m
- $b_2$  (lastik ve tekerleğin sönümleme sabiti) = 15.020 Ns/m

Bu problem için tasarım gereksinimleri aşağıda verildiği gibidir.

- İyi bir otobüs süspansiyon sisteminin yeterli yol tutuş özelliği olmalı, yol üzerindeki tümsek ve çukurlardan geçerken bile konfor sağlayabilmelidir.
- Eğer otobüsün yoldan kaynaklanan herhangi bir problemi varsa (çukurlar, çatlaklar, düz olmayan zeminler gibi.), otobüs kütlesi büyük salınımlara girmemeli ve salınımlar çabuk sönümlenmelidir.  $X_1-W$  uzaklığının ölçülmesi çok zor olduğundan ve lastiğin deformasyonu da  $(X_2-W)$  önemsiz olduğundan, bu problemde  $X_1-W$  yerine  $X_1-X_2$  uzaklığını çıkış olarak alınır.

Bu problemde yolun verdiği sarsıntı ( $W$ ), basamak giriş olarak simule edilecektir. Bu basamak giriş otobüsün bir çukurdan çıktığı anı tasvir edebilir. Tasarlanacak geribeslemeli kontrol sisteminin çıkışına ait  $(X_1-X_2)$  aşım yüzdesinin %5'in altında ve sönümleme süresinin de 5 sn'den kısa olması istenmektedir. Örneğin otobüs 10

cm yüksekliğinde bir basamak çıkarken otobüs kütlesi +/- 5 mm sınırlarında salım yapabilsin ve yumuşak bir şekilde 5 sn'de eski haline geri dönebilsin.

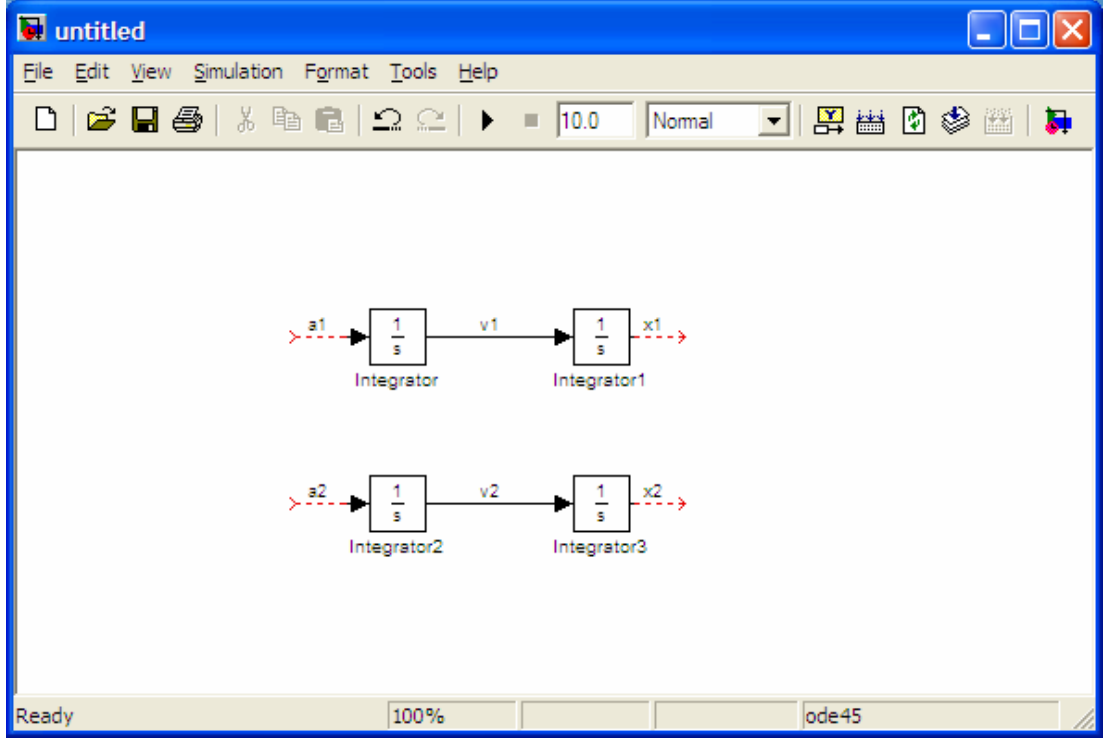
### **Simulink'te modelin oluşturulması**

Sistem, iki kütlede de rol oynayan kuvvetlerin (ana ve süspansiyon) toplanması ve her birine ait ivmelerin hız ve pozisyonlarının bulunması için iki kez integral alınması ile modellenir. Her kütleyle Newton yasaları Formül 3.1 uygulanır.

$$\begin{aligned}\iint \frac{d^2 x_1}{dt^2} &= \int \frac{dx_1}{dt} = x_1 \\ \iint \frac{d^2 x_2}{dt^2} &= \int \frac{dx_2}{dt} = x_2\end{aligned}\tag{3.1}$$

Öncelikle kütlelerin ivmelerinin integralleri modellenir.

- Simulink'te yeni bir model penceresi açılır.
- Simulink blok kütüphanesinde Linear ikonunu çift tıklayarak iki adet integratör bloğunu model penceresine eklenir ve hatlar yardımıyla bu blokları birbirine seri olarak bağlanır.
- İntegratör bloğunun giriş ve çıkış hatları belirlenir. Birinci integratörün çıkış hattını “x1” (position) olarak isimlendirilir. İki integral arasındaki hat bağlantısını da “v1” (velocity) olarak isimlendirilir.
- Bu adıma kadar yapılmış olunanlar bir kez daha tekrarlanarak yeni oluşturulacak seri integratör bloklarını, daha önceden oluşturulan yapının hemen altına konulur. Birinci integratörün giriş hattını “a2” ve ikinci integratörün çıkış hattını “x2” olarak isimlendirilir. İki integral arasındaki hat bağlantısını da “v2” olarak isimlendirilir (şekil 3.10).



Şekil 3.10. İntegratör Bloklarının Eklenmesi

Her bir kütle için Newton yasaları Formül 3.2 modellenir.

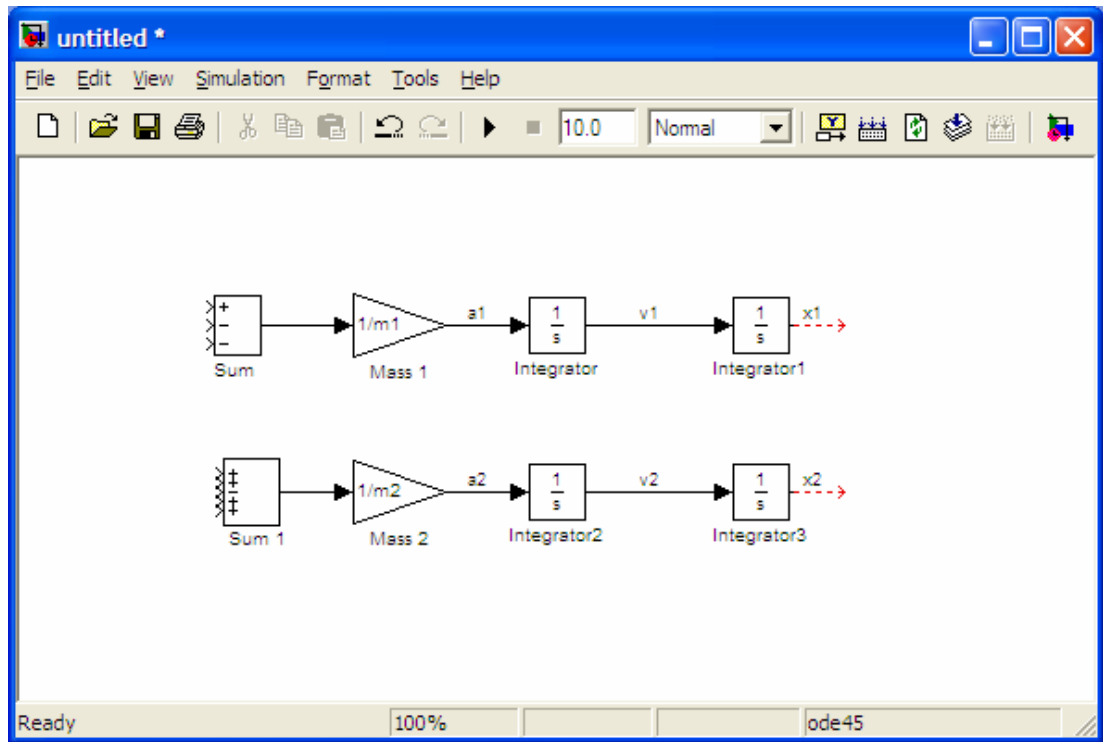
$$\begin{aligned} \frac{1}{M_1} \sum_1 F &= \frac{d^2 x_1}{dt^2} \\ \frac{1}{M_2} \sum_2 F &= \frac{d^2 x_2}{dt^2} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikler kazanç blokları halinde (1/M1 ve 1/M2) ya da iki toplam bloğu ile gösterilebilir.

- Simulink blok kütüphanesinde linear ikonunu çift tıklayarak gelen pencereden alınacak iki kazanç bloğunu her bir seri integratör yapısının girişine bir hat yardımıyla bağlanır.
- İlk kazanç bloğunun değeri “1/m1”, ismini “Mass 1”, ikinci kazanç bloğunun değerini “1/m2” ve ismini “Mass 2” olarak değiştirilir.

M1 üzerine etki eden bir yay, bir sönümleyici ve u girişi olmak üzere 3 kuvvet vardır. M2 üzerine de etki eden iki yay, iki sönümleyici ve u girişi olmak üzere 5 kuvvet vardır.

- Simulink blok kütüphanesinde Linear ikonunu çift tıklanarak iki adet toplam-fark bloğu alınır ve modeldeki kazanç bloklarının girişine eklenir.
- “Mass 1” kazanç bloğuna bağlı ve 3 kuvveti temsil eden işlem bloğunun giriş işaretini “+--“ şeklinde, “Mass 2” kazanç bloğuna bağlı ve 5 kuvveti temsilen işlem bloğunun giriş işareti de “++-++” şeklinde değiştirilir (şekil 3.11).

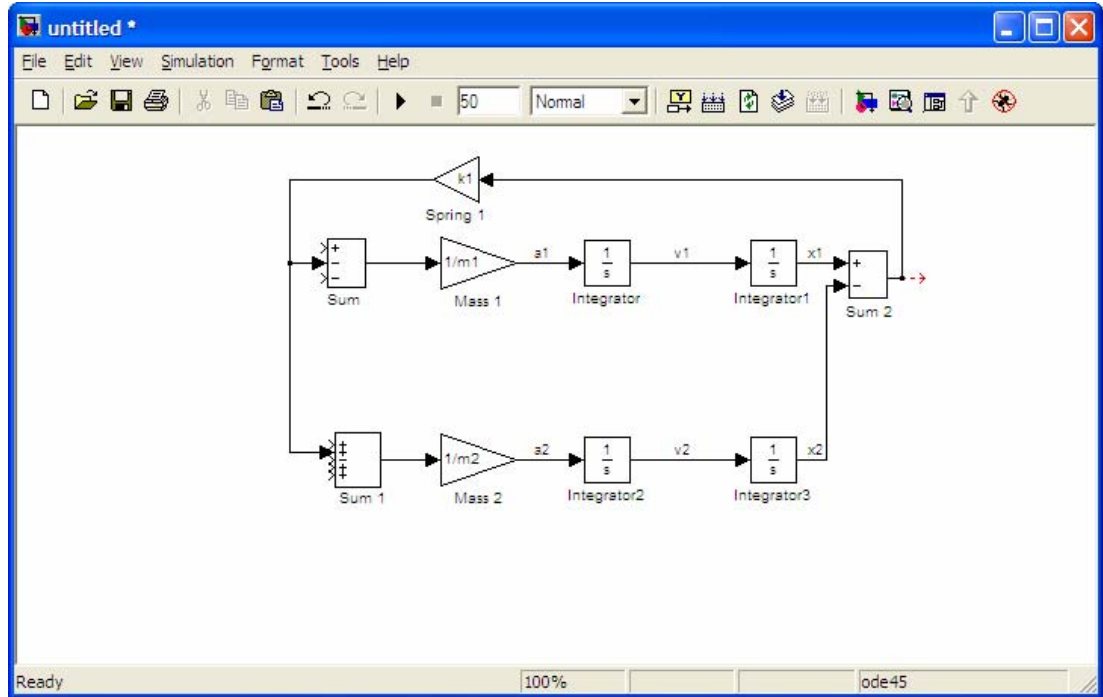


Şekil 3.11. Kazanç ve Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi

Her bir kütleyle etkiyen kuvvetleri eklenir. İlk olarak yay 1’den gelen kuvveti eklenir. Bu kuvvet;  $k_1 \cdot (x_1 - x_2)$  ye eşittir.

- Model penceresindeki üstteki yapının sağ tarafına bir toplam – fark bloğu yerleştirilir. Bloğun giriş işaretini “+--“ olarak değiştirilir. “x1” sinyalini pozitif girişe ve “x2” sinyalini negatif girişe bağlanır.

- “Mass 1” kazanç bloğunun hemen üzerine bir kazanç bloğu yerleştirilir. Kazanç bloğunun değerini “k1”, bloğun ismini “Spring 1” olarak değiştirilir ve bloğu yönü sağdan sola doğru çevrilir.
- “Spring 1” bloğunun girişine “Sum2” toplam-fark bloğunun çıkışı bağlanır. “Spring 1” bloğunun çıkışı da (yay kuvveti) “Mass 1” işlem bloğunun ikinci girişine bağlanır. Bu giriş  $x_1 > x_2$  koşulunda “spring 1”, “Mass 1” e aşağı doğru baskı yaptığından negatif olmalıdır.
- “Spring 1” bloğunun çıkışından (yay kuvvetinden) bir hat daha alınıp onu da “Mass 2” işlem bloğunun ikinci girişine bağlanır. “Spring 1”, “Mass 2”yi yukarı çektiğinden bu giriş pozitif olmalıdır.

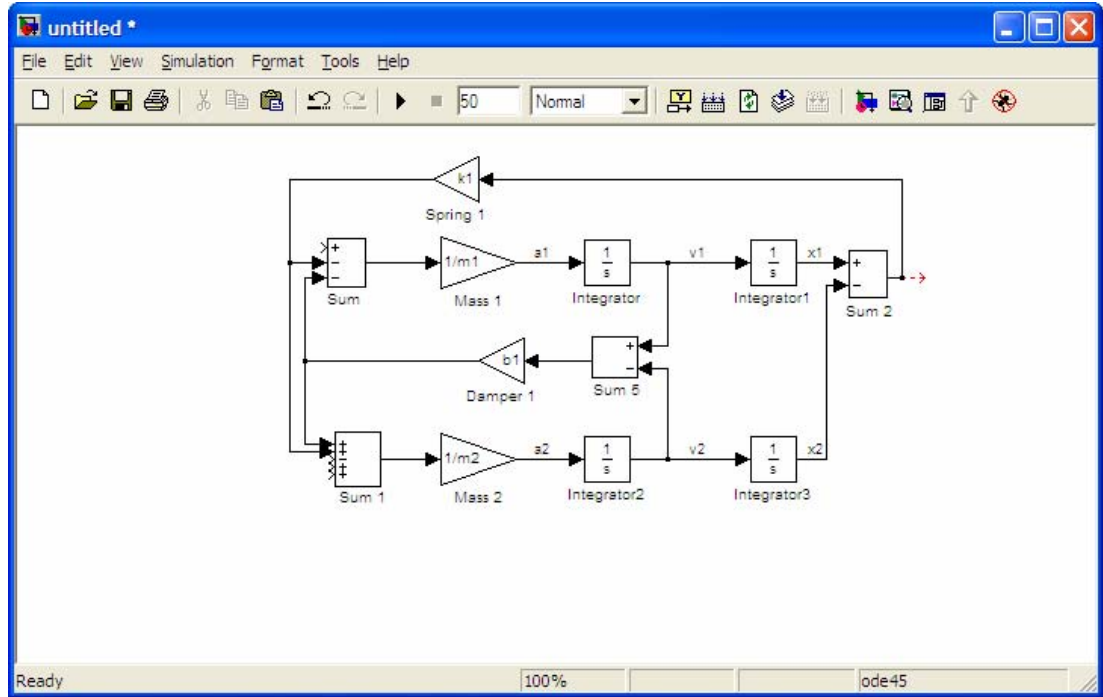


Şekil 3.12. Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi

Sisteme “Damper 1” (1. sönümleyici) kuvveti eklenir. Bu kuvvet;  $b_1 \cdot (v_1 - v_2)$ ’ye eşittir.

- İlk önce “Mass 1” bloğunun bağlı olduğu integratörün altına bir tane toplam-fark bloğu yerleştirilir. Bloğun giriş işaretini “+” olarak değiştirilir ve yönü sağdan sola doğru çevrilir.
- “v1”den alınacak bir hattı toplam-fark bloğunun pozitif girişine, “v2”den alınacak diğer bir hattı da toplam-fark bloğunun negatif girişine bağlanır.

- Toplam – fark bloğunun çıkışına bir kazanç bloğu eklenir. Bu kazanç bloğunun değerini “b1”, ismini “Damper 1” olarak değiştirilir.
- Kazanç bloğunun yönünü değiştirilerek toplam-fark bloğunun çıkışını bu kazanç bloğunun girişine bağlanır. Kazanç bloğunun çıkışını da (sönümlleme kuvveti) “Mass 1” işlem bloğunun üçüncü girişine bağlanır. Bu giriş “Spring 1” in kuvvetinin “Mass 1” deki etkisi gibi negatiftir.
- “Damper 1” in çıkış hattından bir hat daha alınır ve onu “Mass 2” işlem bloğunun ilk girişine bağlanır.

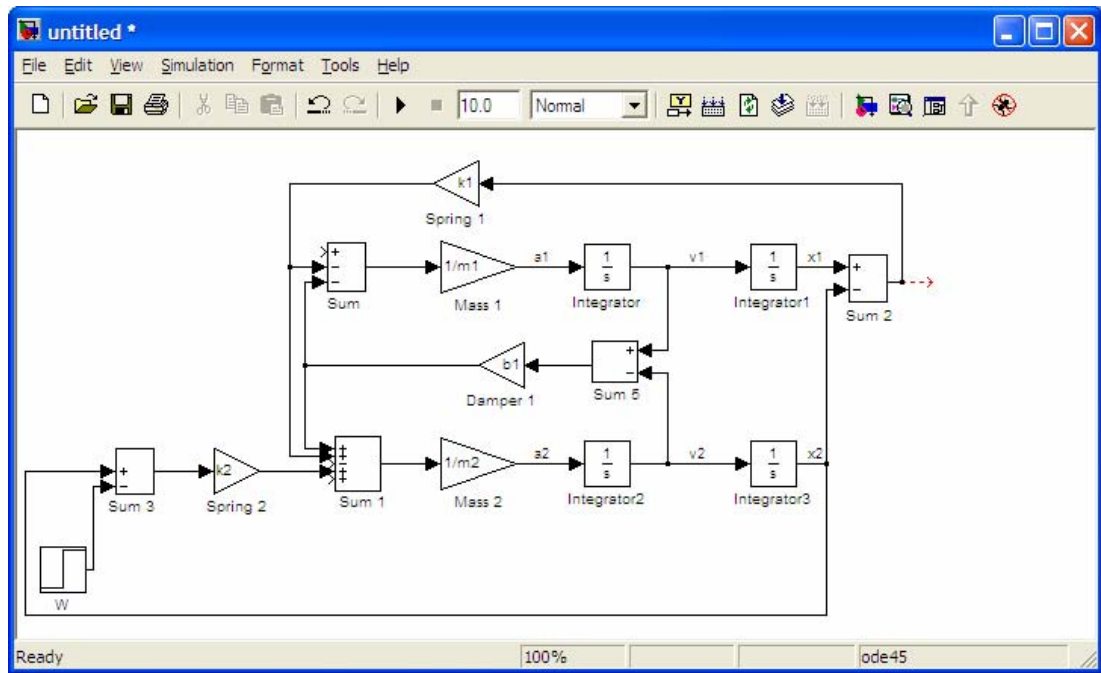


Şekil 3.13. Diğer Toplam-Fark Bloklarının Eklenmesi

Sisteme “Spring 2” deki kuvvet eklenir. Bu kuvvet “Mass 2” üzerine etki eder. Fakat yer şekline göre “W” bağlıdır. “Spring 2” nin kuvveti  $(x2-W)$  eşittir.

- Model penceresinin sol altına bir step bloğu yerleştirilir ve adını “W” olarak değiştirilir. Step bloğuna ait “Step Time” ve “Final Value” değerlerini “0” olarak girilir (şimdilik düz bir yüzey olarak kabul edilecektir.)
- “W” step bloğunun sağına bir toplam-fark bloğu yerleştirilir ve giriş işaretlerini “-+” olarak girilir.
- “Step” bloğunun çıkışını bu toplam – fark bloğunun pozitif girişine bağlanır.

- “x2” sinyal hattını uzatılır ve yeni toplam – fark bloğunun negatif girişine bağlanır.
- Bir kazanç bloğu olarak bu toplam-fark bloğunun sağına yerleştirilir ve kazanç değerini “k2”, ismini de “Spring 2” olarak değiştirilir.
- “Step” bloğunun çıkışına eklenen toplam-fark bloğunun çıkışını “Spring 2” bloğunun girişine bağlanır. Bu bloğun çıkışını da (“Spring 2”nin kuvveti) “Mass 2” işlem bloğundaki toplam – fark bloğunun 4. girişine bağlanır. Bu kuvvet pozitif duyum ekler (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Step Bloğunun Eklenmesi

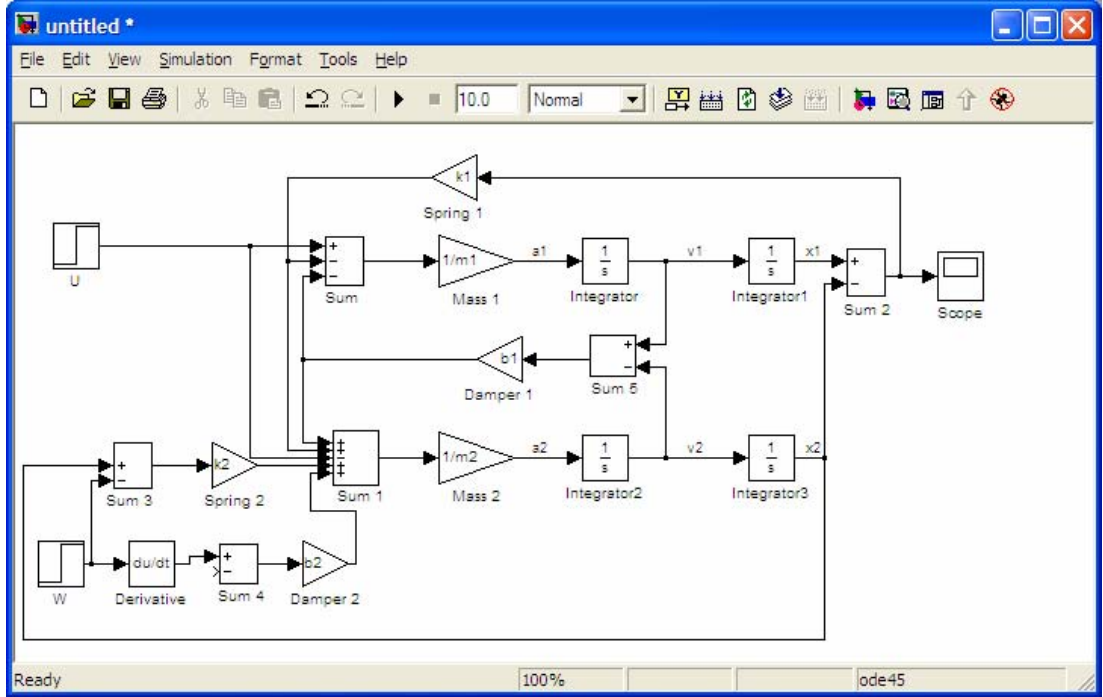
Sisteme “Damper 2” den gelen kuvvet eklenir. Bu kuvvet;  $b_2 \cdot (v_2 - d/dt(W))$ ’ye eşittir. “W” nin türevini ifade eden hiçbir sinyal olmadığından bu sinyali üretilmesi gerekir.

- Simulink blok kütüphanesinde Linear ikonunu çift tıklanarak bir adet türev işlemi gerçekleştiren “Derivative” bloğu alınır ve “W” “step” bloğunun sağ tarafına yerleştirilir.
- “Step” bloğunun çıkış hattı uzatılır ve “Derivative” bloğunun girişine bağlanır.
- “Derivative” bloğunun da sağ tarafına bir toplam-fark bloğu yerleştirilir ve giriş işaretini “+” olarak değiştirilir.

- “Derivative” bloğunun çıkışı bu toplam-fark bloğunun pozitif girişine bağlanır. “v2” hattı da uzatılarak toplam-fark bloğunun negatif girişine bağlanır.
- Bu toplam-fark bloğunun çıkışı (“Damper 2” nin kuvveti) “Mass 2” nin toplam-fark bloğunun 5. girişine bağlanır. Bu kuvvet pozitif işaretle eklenmektedir (şekil 3.15)

Şekil 3.15. “Derivative” Bloğunun Eklenmesi

- Model penceresinin sol üstüne bir “Step” bloğu yerleştirilir ve adı “U” olarak değiştirilir. “Step” bloğa ait “Step Time” değerini “0”, final value değerini “1” olarak girilir.
- Bu “Step” bloğun çıkışını “Mass 1” işlem bloğundaki toplam-fark bloğunun pozitif girişine bağlanır. Bu sinyalden bir hat daha alınarak “Mass 2” işlem bloğundaki toplam-fark bloğunun negatif girişine bağlanır.
- Son olarak çıkışı ( $x_1 - x_2$ ) görmek için “Sum2” isimli toplam – fark bloğunun çıkışına bir osiloskop yerleştirilir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. “Step” Bloğu ve “Scope” Bloğunun Eklenmesi

### Açık Çevrim Hesabı

Sistemin simülasyonunu yapılabilmesi için uygun simülasyon zamanını belirlemek gerekir. Model penceresinde Simulationon menüsünden Parameters seçeneğini seçilir ve “Stop Time” değerini “10” olarak girilir. Bu sistemde açık çevrim cevabını görmek için 10 saniye yeterlidir. Simülasyon çalıştırılmadan önce gerekli fiziksel sabitleri belirtilmesi gerekir. Bunun için Matlab komut penceresine aşağıdaki satırlar girilir.

$$m1 = 2500 ;$$

$$m2 = 320 ;$$

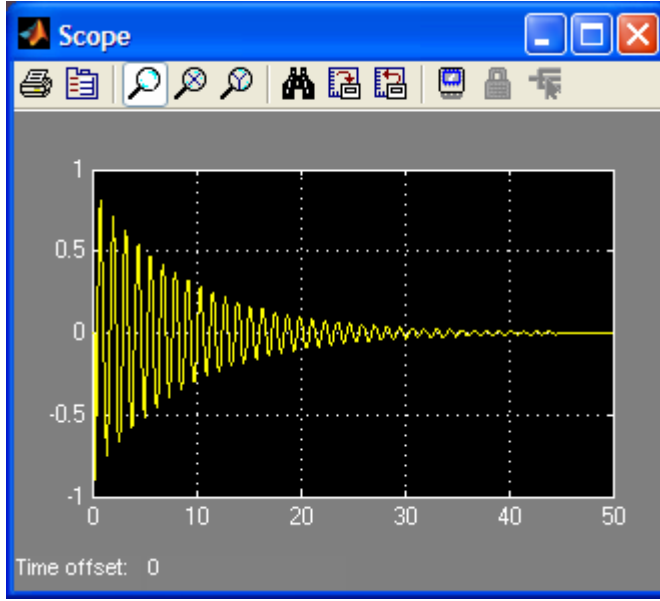
$$k1 = 80000 ;$$

$$k2 = 500000 ;$$

$$b1 = 350 ;$$

$$b2 = 15020 ;$$

Simulation menüsünden “Start” seçeneği ya da Ctrl-T kısa yolunu kullanılarak simülasyon çalıştırabilir. Simülasyon bittikten sonra “Scope” açılır ve “autoscale” butonuna basılır. Sistemin şekil 3.18’de gösterilen açık çevrim cevabını görülecektir.(Bingöl, 2005).



Şekil 3.17 Sistemin Açık Çevrim Hesabı

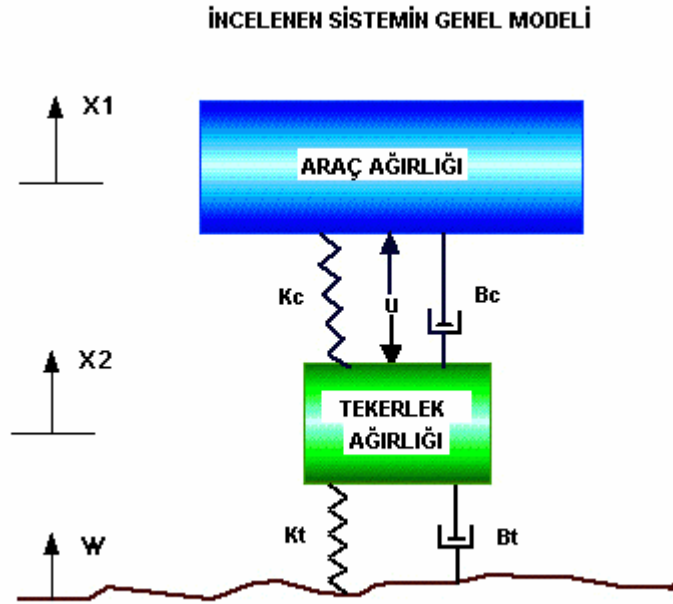
Şekil 3.17 de genliğin zamana göre değişimi görülmektedir. Zamanla birlikte genliğin ne şekilde azaldığı, hangi zamanda ne kadar genlik meydana geldiği görülebilmektedir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında hız tümseklerinin araçlar için ne kadar doğru tasarlandığını incelemekteyiz. Araçların hız tümseklerinden geçerken ki maruz kaldıkları darbenin hangi hızlarda ve ne kadar hissedilebilir olduğu çok önemlidir. Hız tümseklerinin araç içerisinde seyir halindeki insanlara zarar vermeden hissettirdiği darbenin büyüklüğü çok önemlidir, çünkü aracın hız limitinin altında gitmesi durumunda bu cezalandırmaya maruz kalmaması gerekir. Önemli olan hız limitinin üstünde seyir eden araçların bu darbeye maruz kalmasıdır.

Bu amaçla çalışmada araçların farklı hızlarda, farklı hız tümseklerinden geçerken ki tekerlek ve aracın düşey ekseninde yer değiştirmeleri ve ivmeleri incelenmiştir.

Taşıtın hız tümseğinden geçerken ki uyarılara karşı tepkisini incelenmesi sırasında sistemin iki kütleli olduğu kabul edilmiştir. Taşıtın hız tümseğinden geçme anında yol temasının hiçbir şekilde kesilmediği kabul edilir. Yalnızca düşey yöndeki kuvvetler dikkate alınmaktadır. Model şekil 6.1. de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. İncelenen Sistemin Genel Modeli

Bu sistemdeki;  
Kc; amortisör (yay) sabitini,  
Kt; tekerlek yaylanma sabitini  
Bc; araç sönümlleme sabitini  
Bt; tekerlek sönümlleme sabitini  
X1; araçta meydana gelen tepkiyi  
X2; tekerleklerde meydana gelen tepkiyi  
W; yoldan kaynaklanan tepkiyi  
ifade etmektedir.

Bu sistemden yola çıkarak şekil 4.1 deki model matlab/simulink ortamında çalışılmıştır.

Bu çözümde bazı değerler sabit alınmıştır. Bu sabit alınan değerler Çizelge 4.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan Sabit Değerler

| Simge | Açıklama                   | Değeri | Birim    |
|-------|----------------------------|--------|----------|
| Mc    | Araç ağırlığı              | 450    | Kg       |
| Kc    | Araç amortisör sabiti      | 35.000 | N/m      |
| Bc    | Araç sönümlleme sabiti     | 7.300  | N/(m/sn) |
| Mt    | Tekerlek Ağırlığı          | 18     | Kg       |
| Kt    | Tekerlek yaylanma sabiti   | 70.000 | N/m      |
| Bt    | Tekerlek sönümlleme sabiti | 233    | N/(m/sn) |

Çizelge 4.1. deki sabitler kullanılarak hız tümsekleri incelenmiştir. Bu inceleme sırasında bazı hız tümsek profilleri kullanılmıştır. Bu hız tümsek profillerinden araçlar farklı hızlarda geçirilmiştir. Simülasyon ortamında tümseklerden farklı hızlarda geçen araçlarda bazı gözlemler yapılmış ve bunlar karşılaştırılmıştır. Bunun yanında sabit hızlarda standartların ön gördüğü hız tümseklerinin boyutları da (H ve L değişkenleri) değiştirilerek bilgisayar analizi ile çıkan sonuçlar incelenmiştir. Dikkate alınan değerler tekerlek ivmesi, tekerleğin düşey yönde yer değiştirmesi, araç ivmesi ve aracın düşey yönde yer değiştirmesidir. Üzerinde çalışılan hız tümsek tipleri, boyutları ve aracın hız tümseğinden geçme anındaki hızları Çizelge 4.2, Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. deki değerler ile simülasyon ortamında bir aracın, yüksekliği ve uzunluğu beş tipte ele alınan hız tümseklerinden şehir içinde uygulanabilecek beş farklı hız limiti ile geçişinde oluşacak dinamik değişkenler incelenmiştir.

Çizelge 4.2. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 1.Kombinasyonlar

| Hız Tümseği Tipi | H (cm) | L (m) | V (km/sa) |
|------------------|--------|-------|-----------|
| Tip 1            | 10     | 3,60  | 20        |
|                  |        |       | 40        |
|                  |        |       | 50        |
|                  |        |       | 60        |
|                  |        |       | 80        |
| Tip 2            | 7,5    | 3,60  | 20        |
|                  |        |       | 40        |
|                  |        |       | 50        |
|                  |        |       | 60        |
|                  |        |       | 80        |
| Tip 3            | 4,2    | 0,30  | 20        |
|                  |        |       | 40        |
|                  |        |       | 50        |
|                  |        |       | 60        |
|                  |        |       | 80        |
| Tip 4            | 5,0    | 0,35  | 20        |
|                  |        |       | 40        |
|                  |        |       | 50        |
|                  |        |       | 60        |
|                  |        |       | 80        |
| Tip 5            | 4,5    | 0,50  | 20        |
|                  |        |       | 40        |
|                  |        |       | 50        |
|                  |        |       | 60        |
|                  |        |       | 80        |

Tümsek uzunluğunun araçta oluşan dinamik değişkenlere etkisinin belirlenmesinde şehir içi hız limiti olan 50 km/sa değeri ve tümsek yüksekliği 5 cm alınarak farklı tümsek uzunlukları için çözümler yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 2.Kombinasyonlar

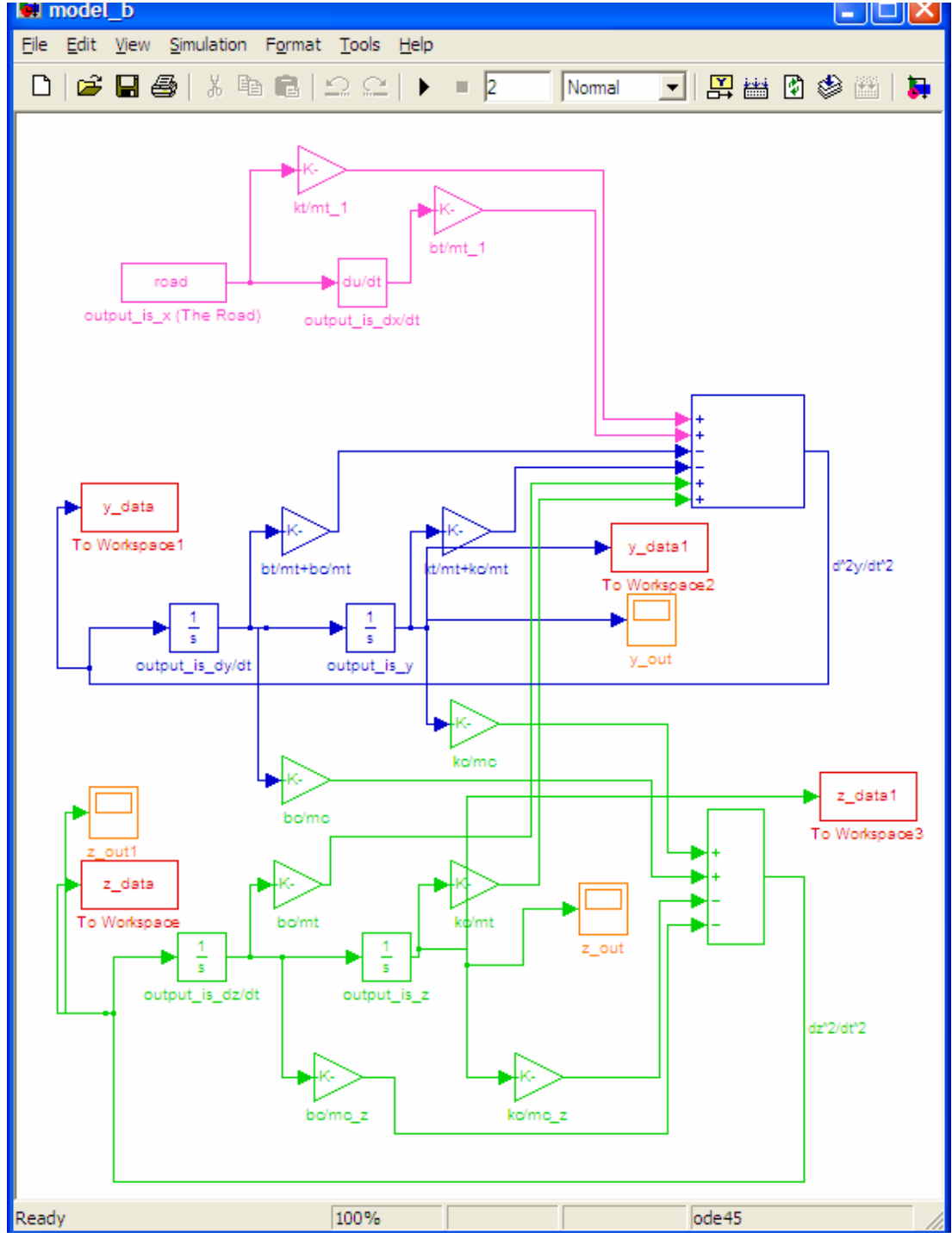
| Hız Tümseği Tipi | H (cm) | V (km/sa) | L (m) |
|------------------|--------|-----------|-------|
| Tip 6            | 5,00   | 50,00     | 3,60  |
|                  |        |           | 0,30  |
|                  |        |           | 0,35  |
|                  |        |           | 0,50  |

Tümsek yüksekliğinin araçta oluşan dinamik değişkenlere etkisinin belirlenmesinde şehir içi hız limiti olan 50 km/sa değeri ve tümsek uzunluğu 50 cm alınarak farklı tümsek yükseklikleri için çözümler yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Hız Tümseklerinde, Dinamik Simülasyonda Kullanılan 3.Kombinasyonlar

| Hız Tümseği Tipi | L (m) | V (km/sa) | h (cm) |
|------------------|-------|-----------|--------|
| Tip 7            | 0,50  | 50,00     | 10,00  |
|                  |       |           | 7,50   |
|                  |       |           | 4,2    |
|                  |       |           | 5,00   |
|                  |       |           | 4,50   |

Çizelge 4.1. deki sabitler ile Çizelge 4.2., Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. deki değişkenler kullanılarak Şekil 4.2 deki simülasyon ile araçların farklı hızlarda farklı hız tümseklerinden geçme anındaki tekerlek ivmeleri, tekerlek düşey yer değiştirmeleri, araç ivmeleri ve araç düşey yer değiştirmeleri matlab/simulink te çözülmüş ve bu değerler grafikler ile gösterilmiştir.

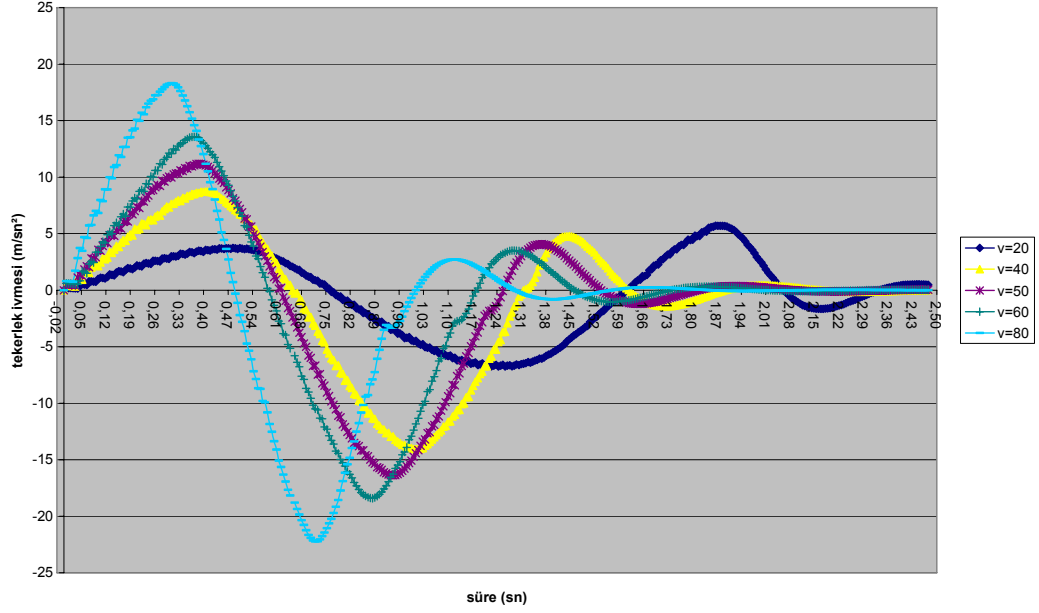


Şekil 4.2. Sistem Modelinin Matlab/simulink te Diyagramlar ile Gösterimi

Şekil 4.2. de ki sistemin temeli, incelenen modeldeki mevcut taşıt ve tekerlek ağırlıklarının 2 defa integrallerinin alınması ile ivmenin hesaplanmasıdır. 1/s blokları bu integralleri ifade etmektedir. “K” blokları kazanç blokları olarak ifade edilmekte,

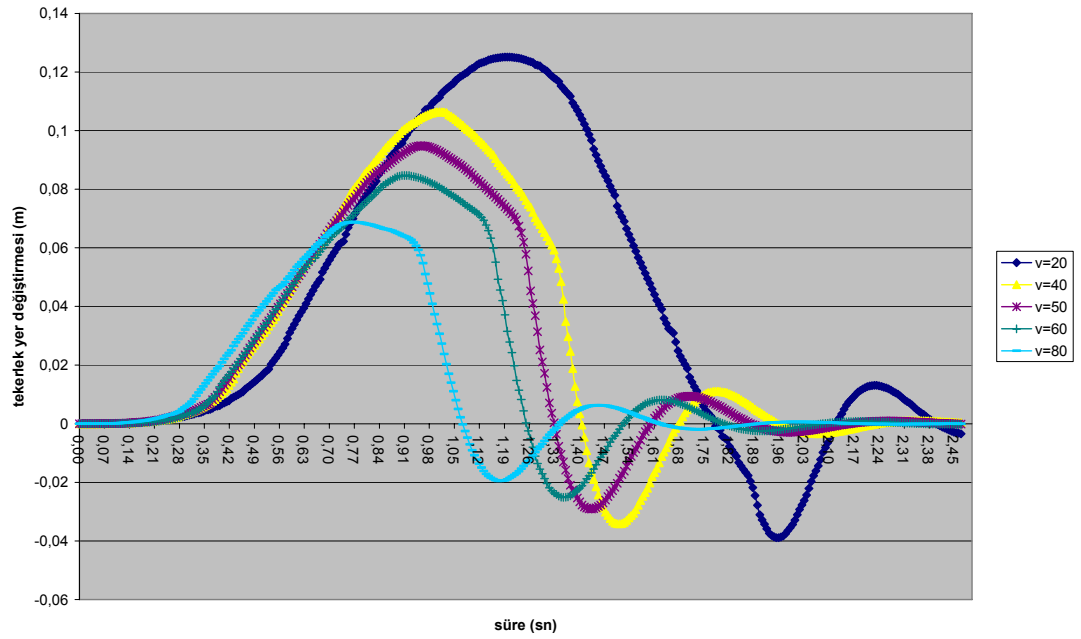
bu bloklar kendi içerisinde katsayıları olup, bu katsayılarla çarpılarak toplam bloğuna bağlanılmaktadır. “road” bloğunda hız tümseğinin profilini çizmektedir. Simülasyon çalıştırılmadan önce “road” bloğunda hız tümseğinin profili değiştirilebilmektedir. “workspace” bloklarında grafikler elde edilebilmektedir. “y\_data” bloğu; tekerlek ivmesini, “y\_data1” bloğu; tekerlek yer değiştirmesini, “z\_data” bloğu; araç ivmesini, “z\_data1” bloğu ise araç yer değiştirmesini ifade etmektedir.

Şekil 4.3'te hızlı giden araçta tekerlek ivmesi en yüksek, yavaş gidende ise en düşüktür. Hızlı gidende sönümlenme daha erken, yavaş gidende ise en geç meydana gelmektedir.



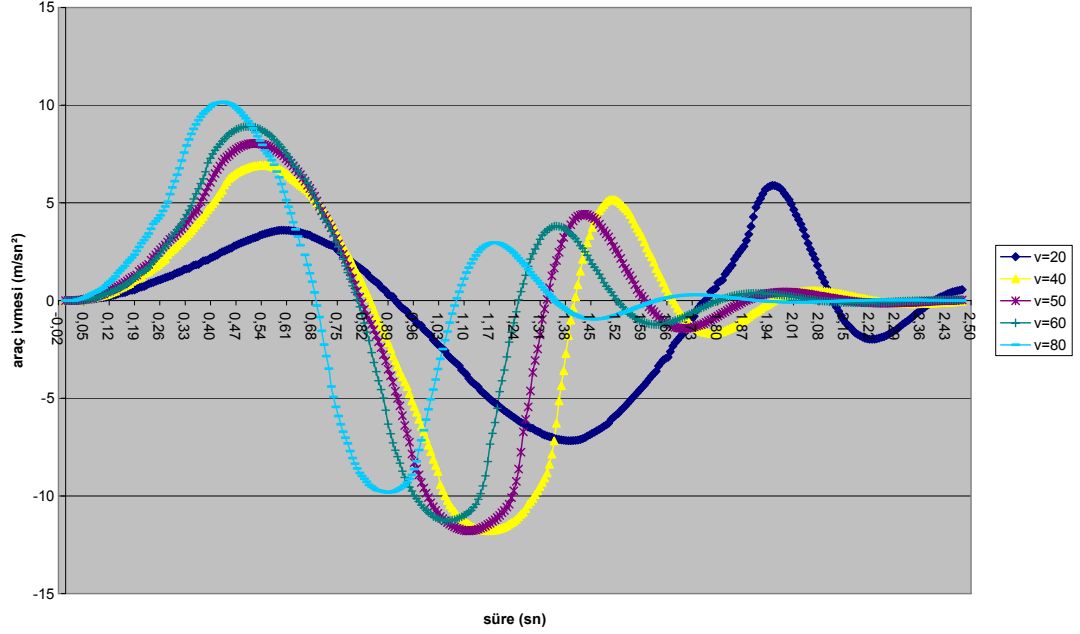
Şekil 4.3. Tip 1 – (H=10 cm, L=3,6m) - Tekerlek ivmesi

Şekil 4.4 te düşük hızda tekerlek yer değiştirmesi en yüksekken, yüksek hızda en düşüktür.



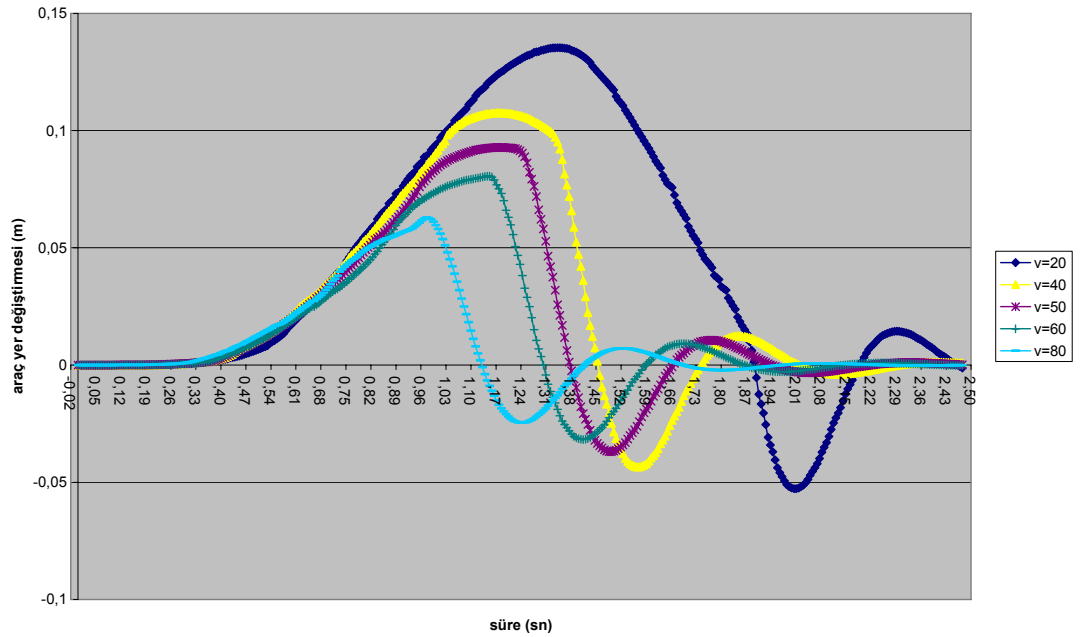
Şekil 4.4. Tip 1 – (H=10 cm, L=3,6m) - Tekerlek Yer değiştirme

Şekil 4.5 te yüksek hızdaki araç ivmesi en yüksek, yavaş hızdaki ise en düşüktür. Yavaş giden araçta araç ivmelenmesi en geç sönümlenmekte ve 2. sönümlenme değeri en yüksek görülmektedir.



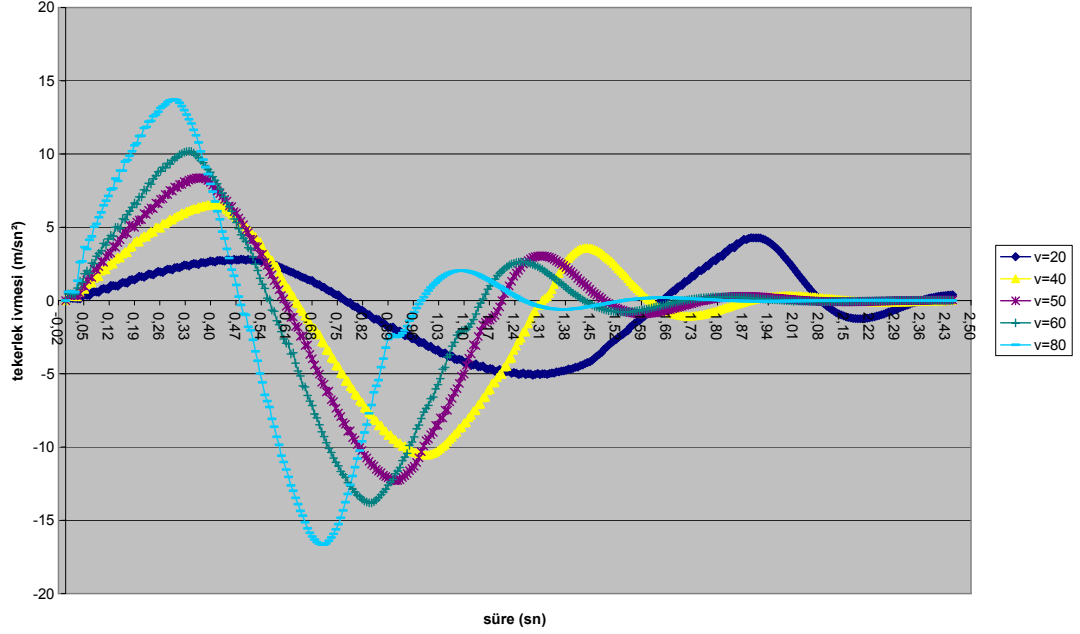
Şekil 4.5. Tip 1 – (H=10 cm, L=3,6m) - Araç İvmesi

Şekil 4.6 da düşük hızdaki araçta düşey yer değiştirme en yüksekken, en hızlı tümseğe giren araçta en düşük değer görülmektedir.



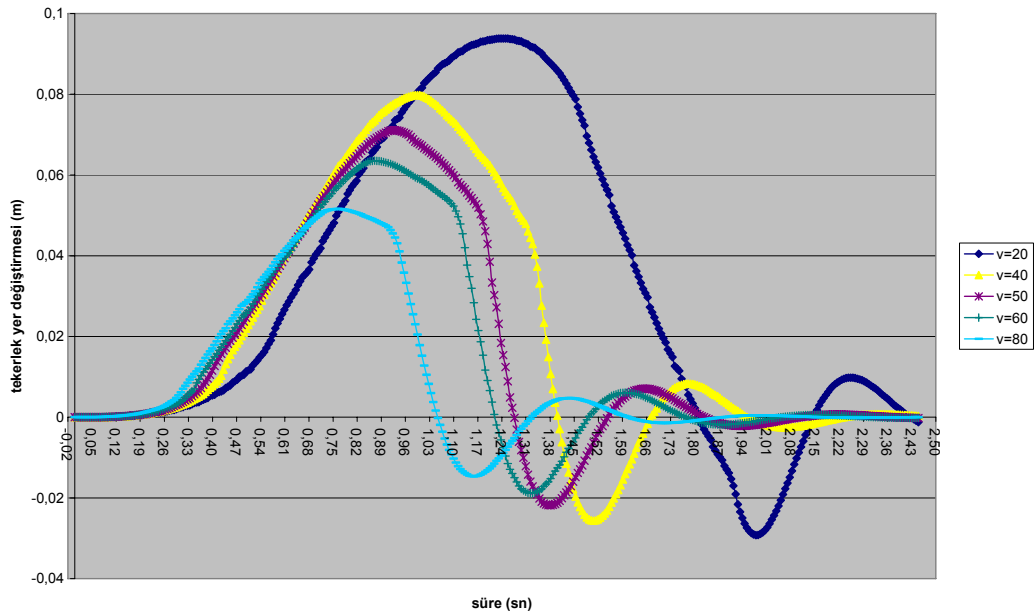
Şekil 4.6. Tip 1- (H=10 cm, L=3,6m) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.7 de hızlı geçen araçta tekerlek ivmesi çok yüksek,yavaş geçen araçta ise düşük değerdedir. Yavaş geçen araçta tekerlek ivmesi en geç zamanda sönümlenmektedir.



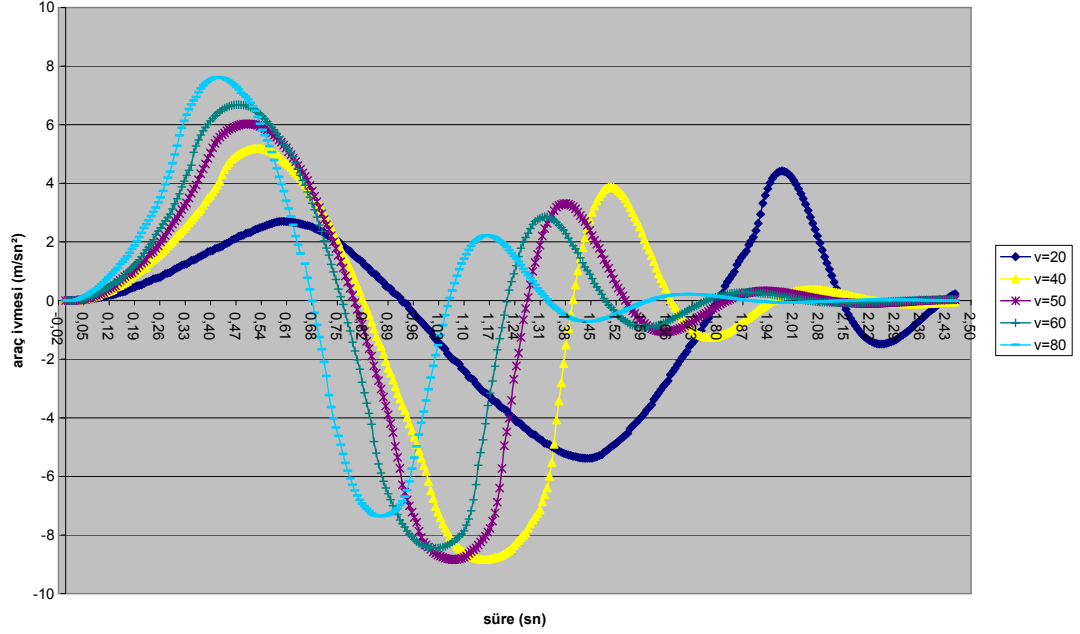
Şekil 4.7. Tip 2 – (H=7,5cm, L=3,6m) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.8 de hız tümseğinden geçme anındaki hızı en düşükken tekerlek yer değiştirmesi en fazladır.



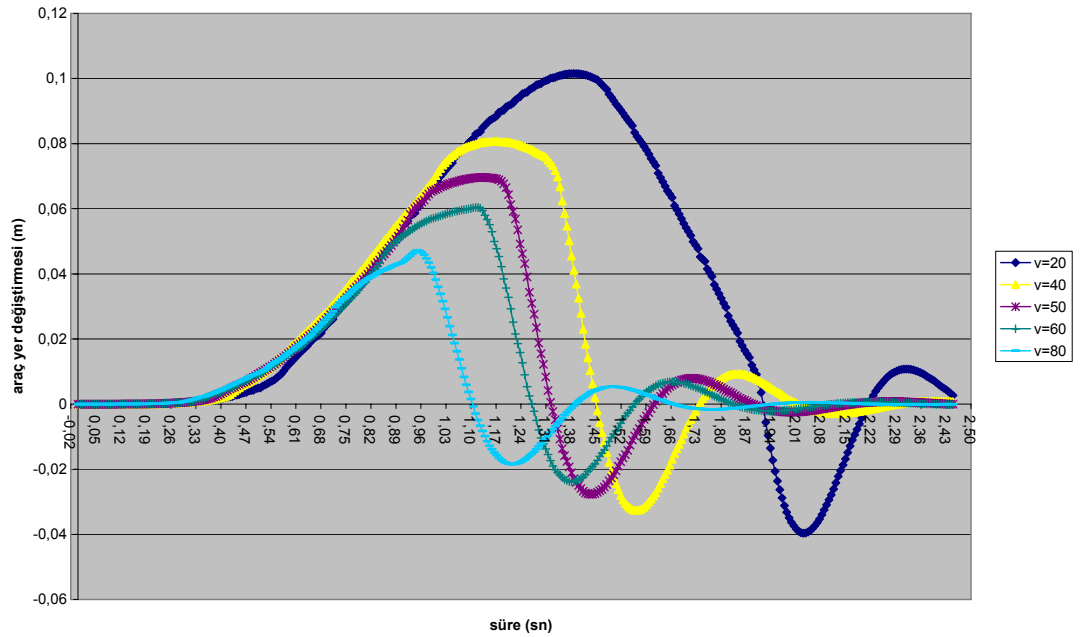
Şekil 4.8. Tip 2 – (H=7,5cm, L=3,6m) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.9 da yüksek hızda araç ivmesi en yüksekken, düşük hızda ise en düşüktür. Düşük hızda sönümlleme en geç olurken, hızlı giden de sönümlleme en kısa sürede bitmektedir.



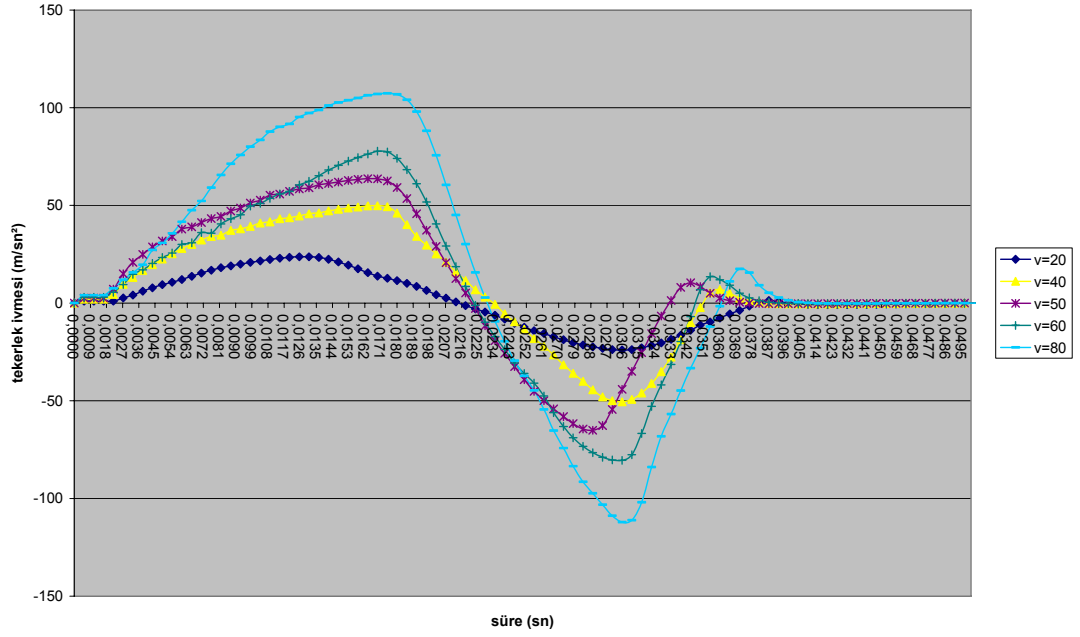
Şekil 4.9. Tip 2 – (H=7,5cm, L=3,6m) - Araç İvmesi

Şekil 4.10 da en yüksek araç yer değiştirmesi en düşük hızda görülmektedir. En geç biten yer değiştirmede düşük hızda görülmektedir.



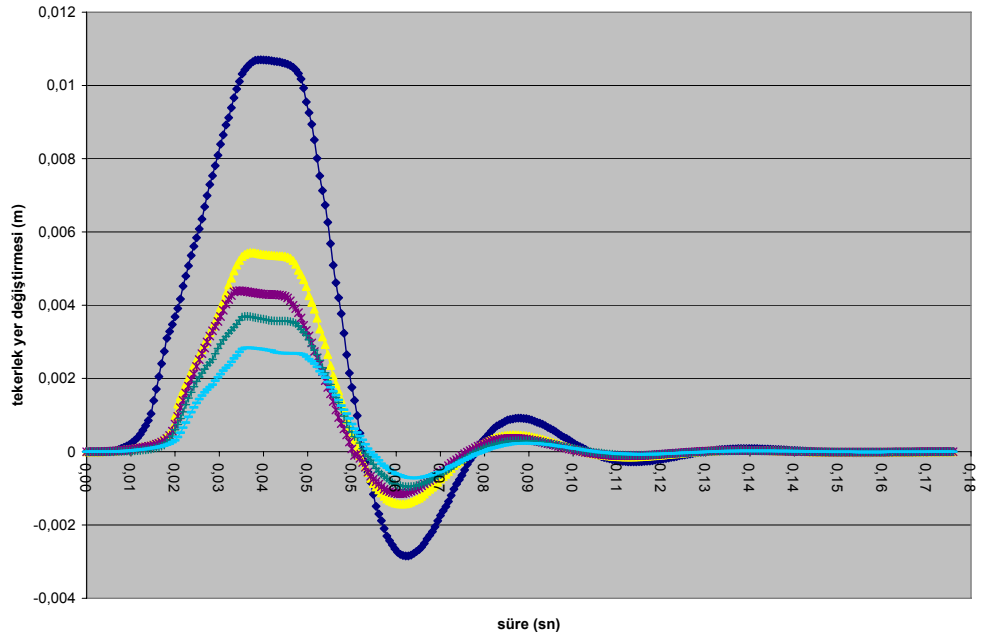
Şekil 4.10. Tip 2 – (H=7,5cm, L=3,6m) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.11 de en büyük tekerlek ivmesi en yüksek hızda görülmektedir.



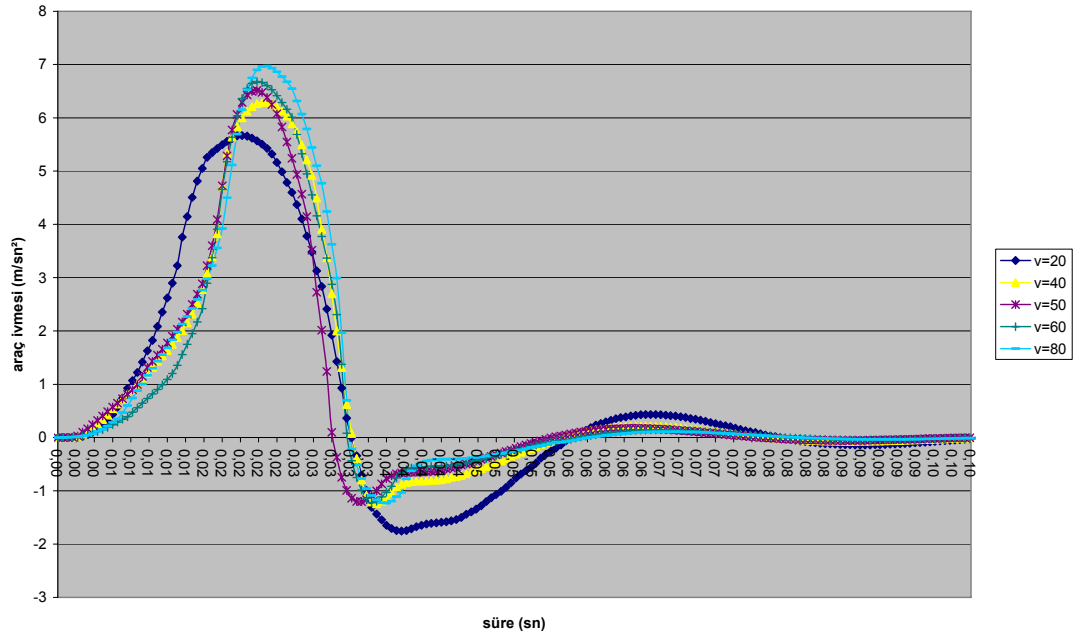
Şekil 4.11. Tip 3 – (H=4,2cm, L=0,30 m) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.12 de en yüksek tekerlek yer değiştirmesi en düşük hızda görülmektedir. Diğer hızlardaki değerlerin birbirine yakın olduğu gözlenmektedir.



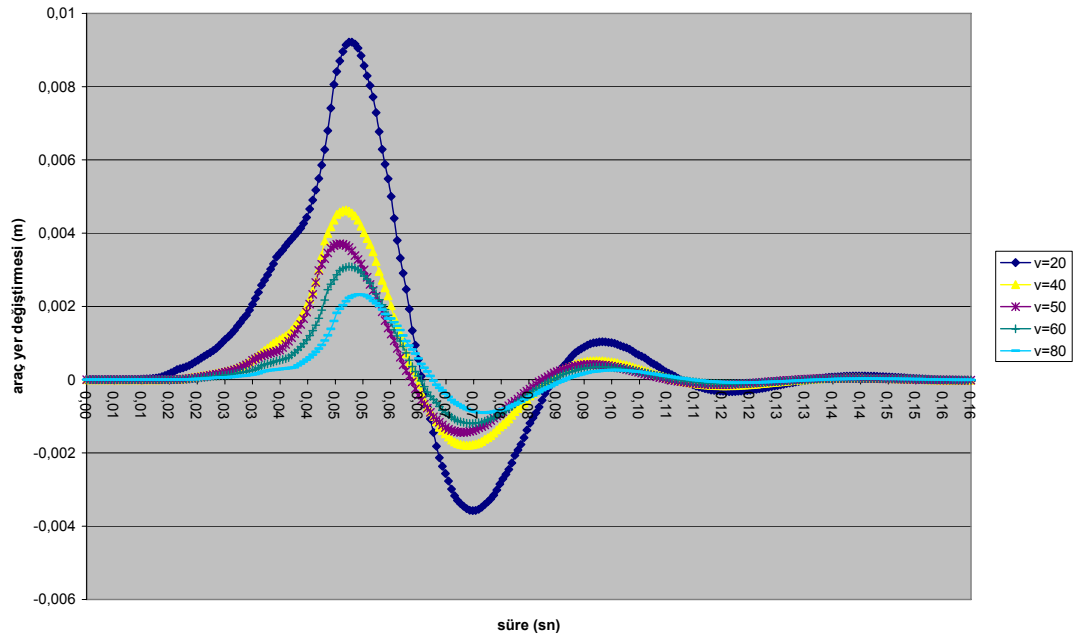
Şekil 4.12. Tip 3 – (H=4,2cm, L=0,30 m) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.13 te araç ivmeleri biri birine yakın değerler olduğu görülmektedir, en yüksek hızın az da olsa yüksek değerde olduğu görülmektedir.



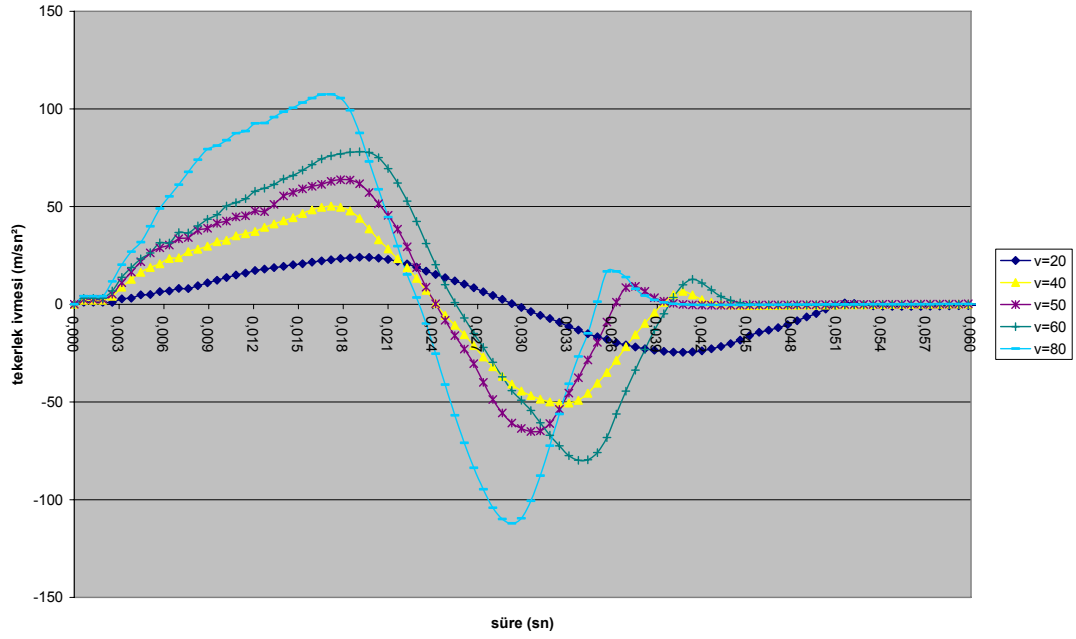
Şekil 4.13. Tip 3 – (H=4,2cm, L=0,30 m) - Araç İvmesi

Şekil 4.14 te araç yer değiştirmeleri en düşük hızda en yüksek değeri aldığı görülmektedir. Diğer hızlardaki değerlerin yakın olduğu gözlenmiştir.



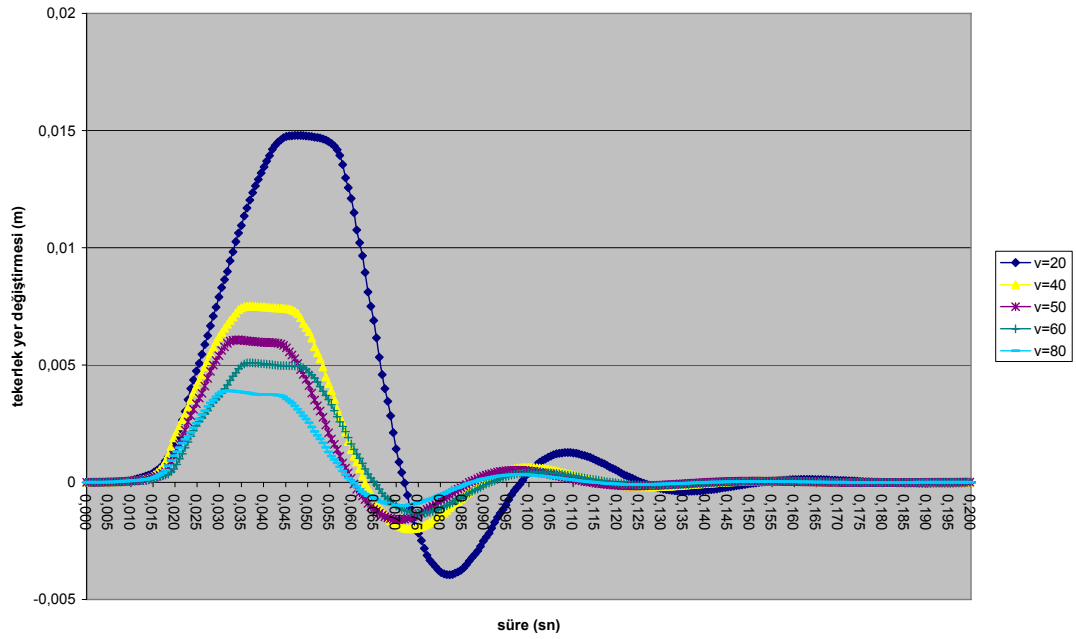
Şekil 4.14. Tip 3 – (H=4,2cm, L=0,30 m) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.15 te tekerlek ivmesinin en yüksek değeri en yüksek hızda, en düşük değerde en düşük hızda olduğu görülmüştür.



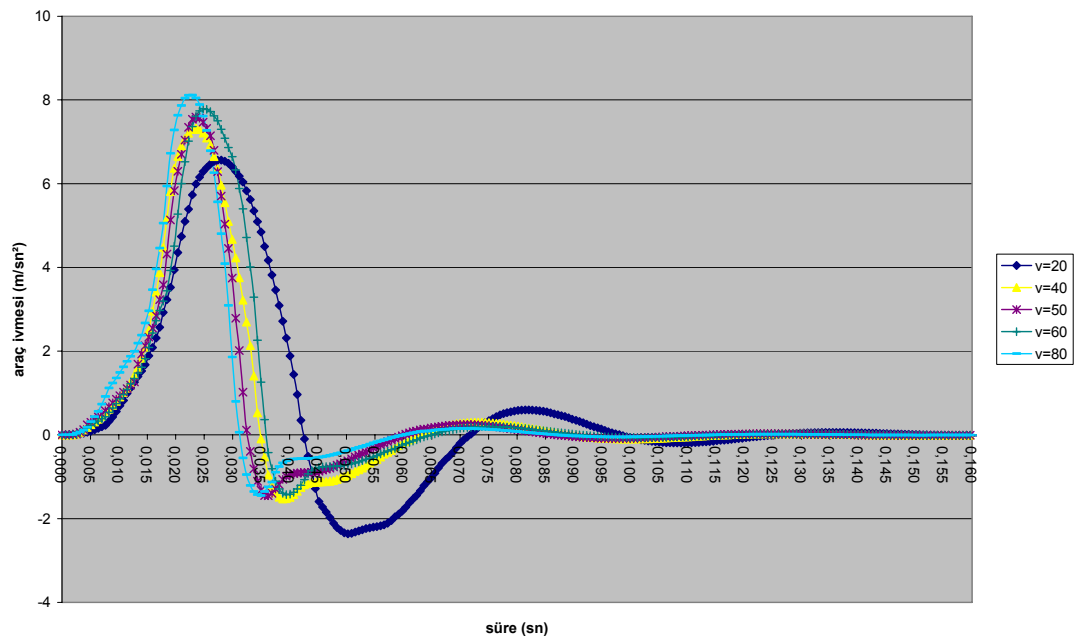
Şekil 4.15. Tip 4 – (H=5 cm, L=0,35 m) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.16 ta tekerlek yer değiştirmelerin en yüksek değeri en düşük hızda görülmektedir. Diğer hızların tekerlek yer değiştirmelerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.



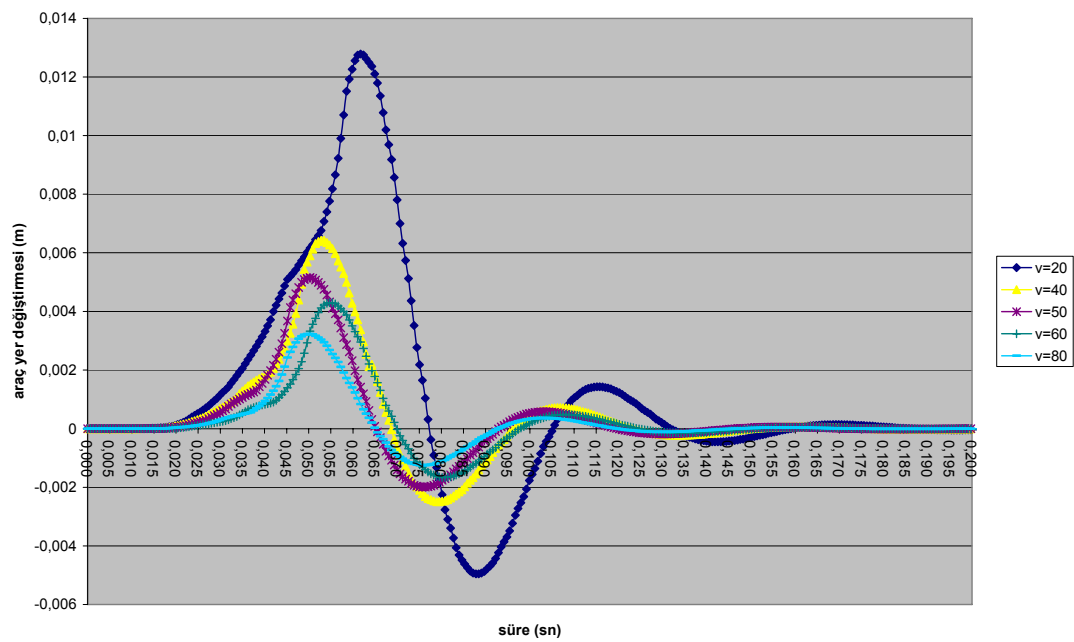
Şekil 4.16. Tip 4 – (H=5 cm, L=0,35 m) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.17 de araç ivmeleri değerleri yakın olduğu, az bir fark olmakla birlikte hızı yüksek olanda fazla olduğu görülmektedir.



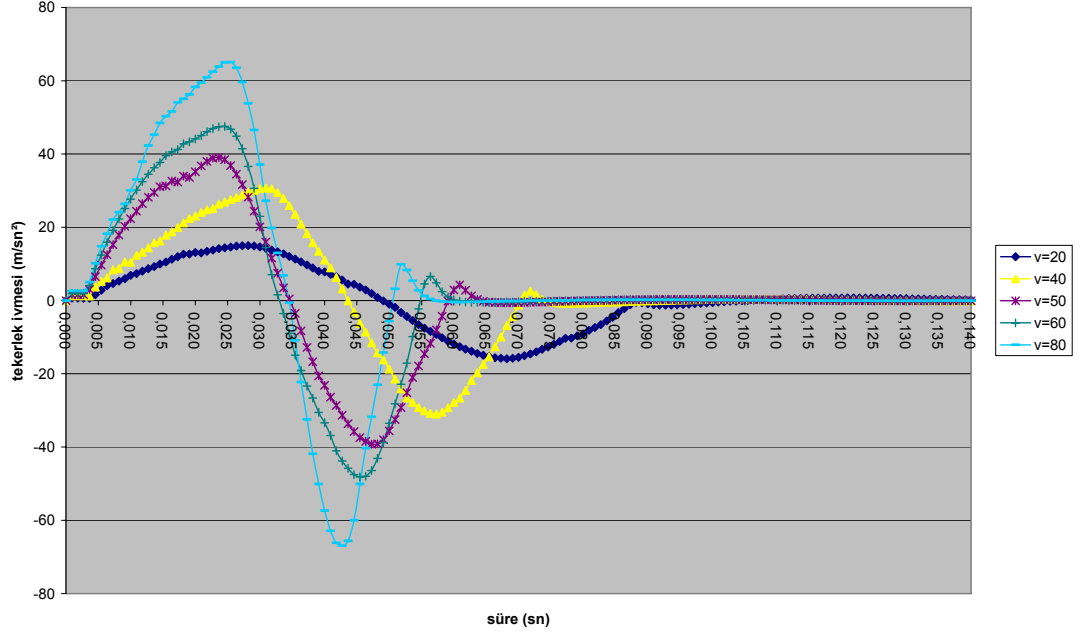
Şekil 4.17. Tip 4 – (H=5 cm, L=0,35 m) - Araç İvmesi

Şekil 4.18 de hızın düşük olduğu zamanda araç yer değiştirme değerinin en yüksek olduğu ve diğer hızlara göre de gözle görülür bir fark olduğu gözlenmiştir.



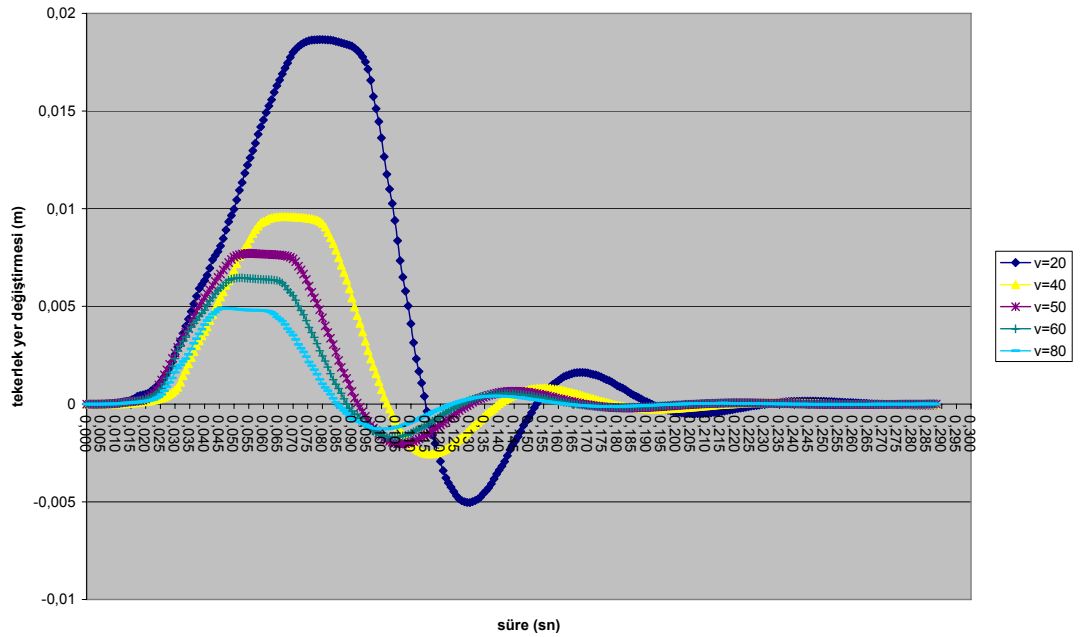
Şekil 4.18. Tip 4 – (H=5 cm, L=0,35 m) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.19 da tekerlek ivmesinin en yüksek değerinin hızın en yüksek olduğu durumda görülmektedir. Hızın yavaş olduğu durumda ise sönümlenmenin en geç bittiği de gözlenmiştir.



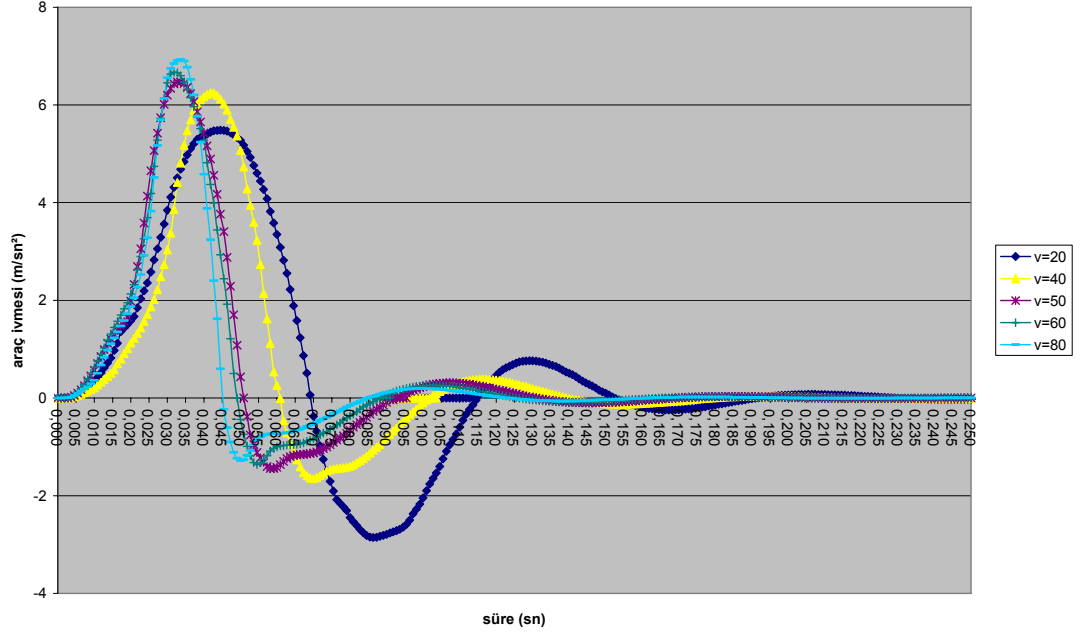
Şekil 4.19. Tip 5 – (H=4,5 cm, L=0,50 m) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.20 de tekerlek yer değiştirmenin en yüksek hızda, diğer hızlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir.



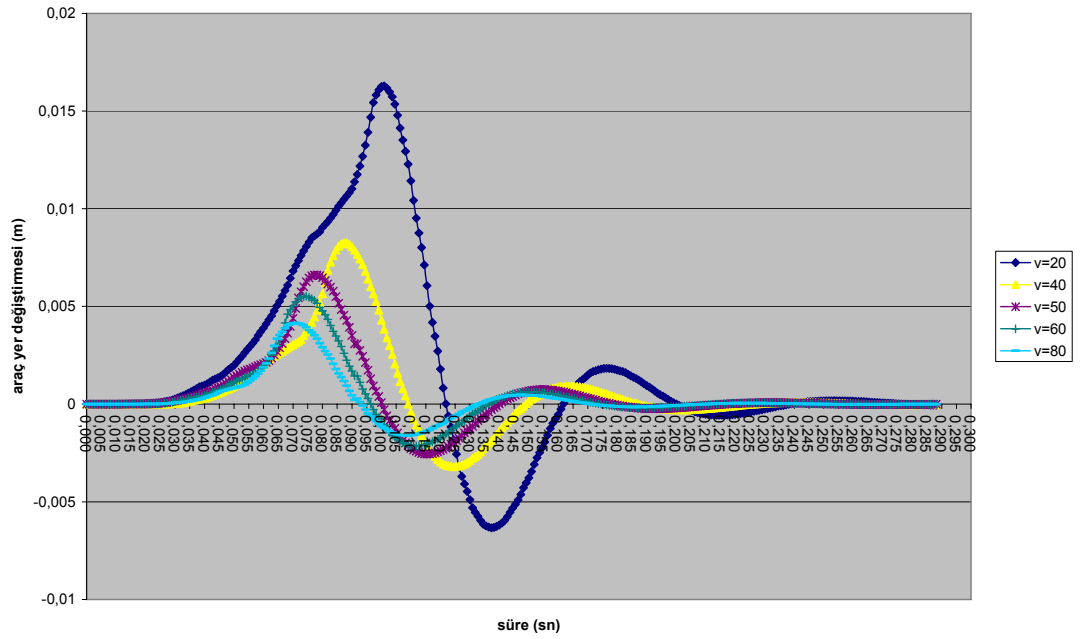
Şekil 4.20. Tip 5 – (H=4,5 cm, L=0,50 m) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.21 de araç ivme değerlerinin birbirine yakın ve yüksek değerin en yüksek hızda olduğu görülmüştür.



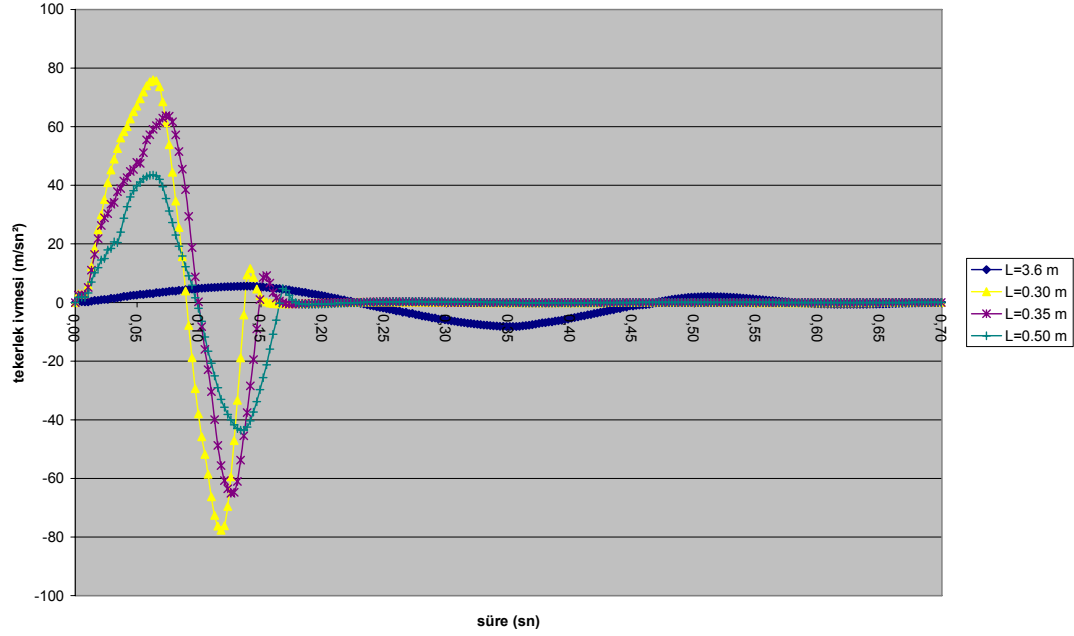
Şekil 4.21. Tip 5 – (H=4,5 cm, L=0,50 m) - Araç İvmesi

Şekil 4.22 de araç yer değiştirmelerin en yüksek değeri en düşük hızda olduğu görülmektedir. Hızın değerinin artmasıyla araçtaki yer değiştirme değerinin azaldığı gözlenmiştir.



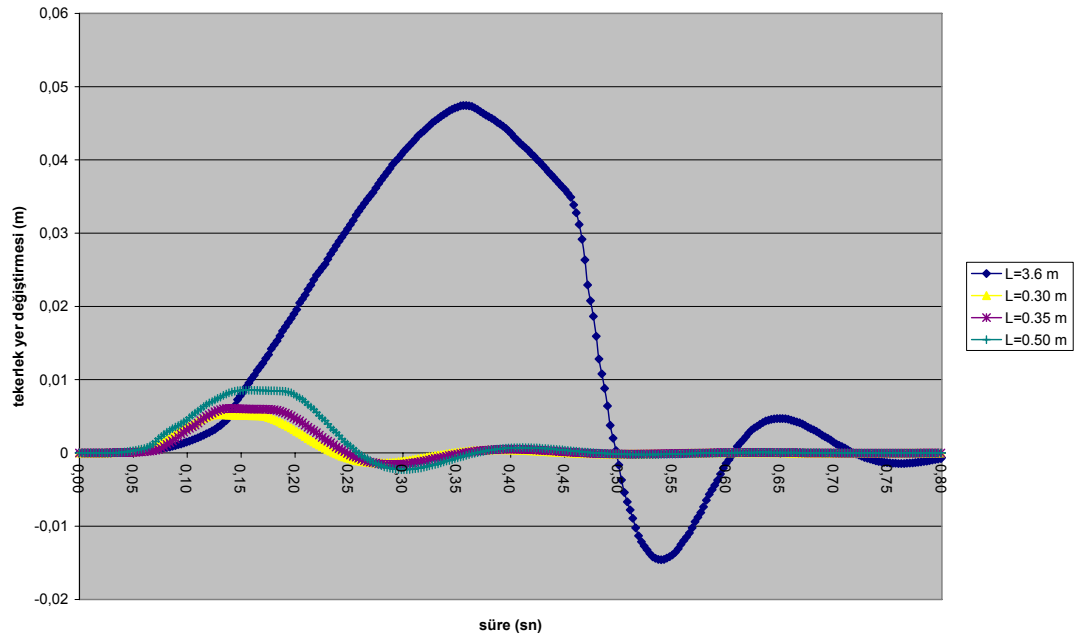
Şekil 4.22. Tip 5 – (H=4,5 cm, L=0,50 m) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.23 teki hız tümseğinin en kısa olduğu durumda tekerlek ivmesinin en yüksek olduğu görülmektedir. Tümseğin boyu uzadıkça tekerlek ivmesinin değeri azalmaktadır.



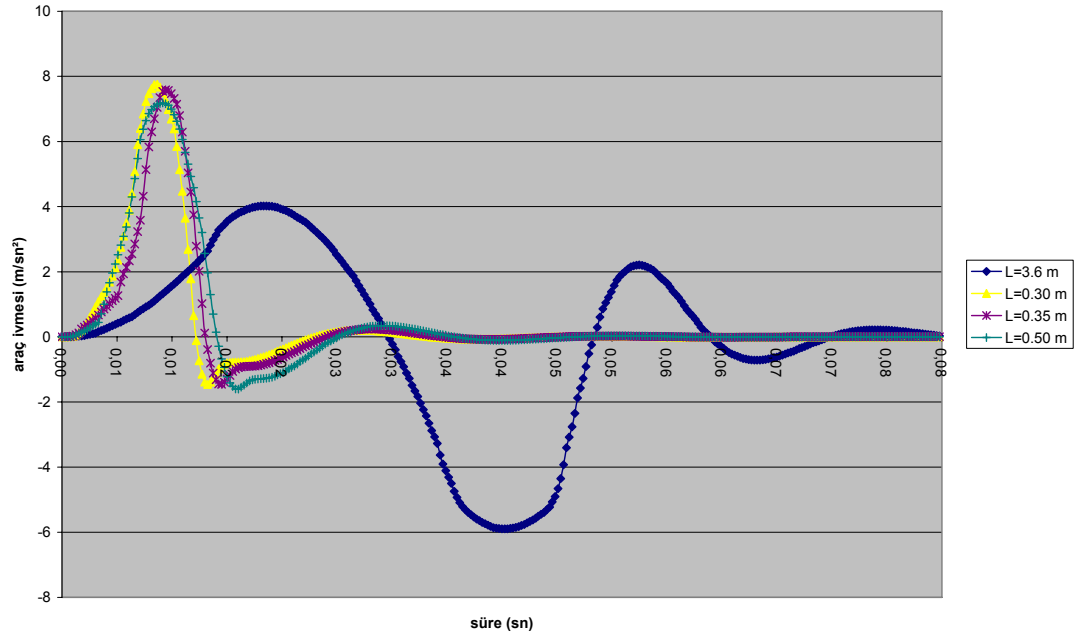
Şekil 4.23. Tip 6 – ( $V=50$  km/sa,  $H=5$  cm) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.24 te tümseğin uzunluğu arttıkça tekerlek yer değiştirme değeri artmıştır. Kısa tümseklerde tekerlek yer değiştirme değerinin düşük olduğu görülmektedir.



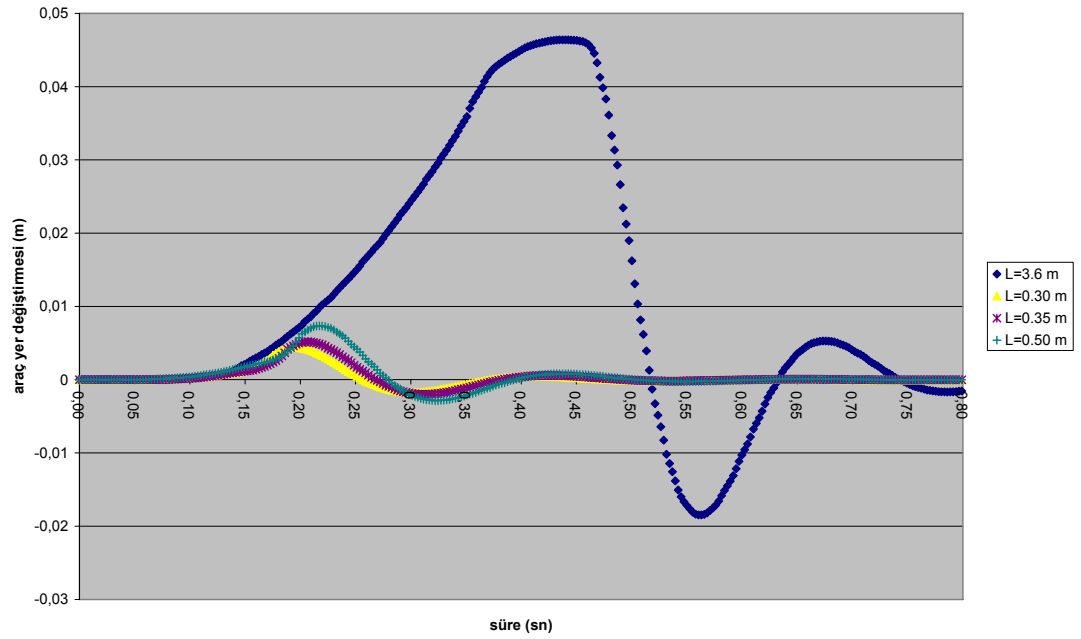
Şekil 4.24. Tip 6 – ( $V=50$  km/sa,  $H=5$  cm) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.25 te tümsek boyu uzadıkça araç ivmesi değeri arttığı, tümsek boyu uzunluğunun artması ile ise sönümleme zamanının geciktiği görülmektedir.



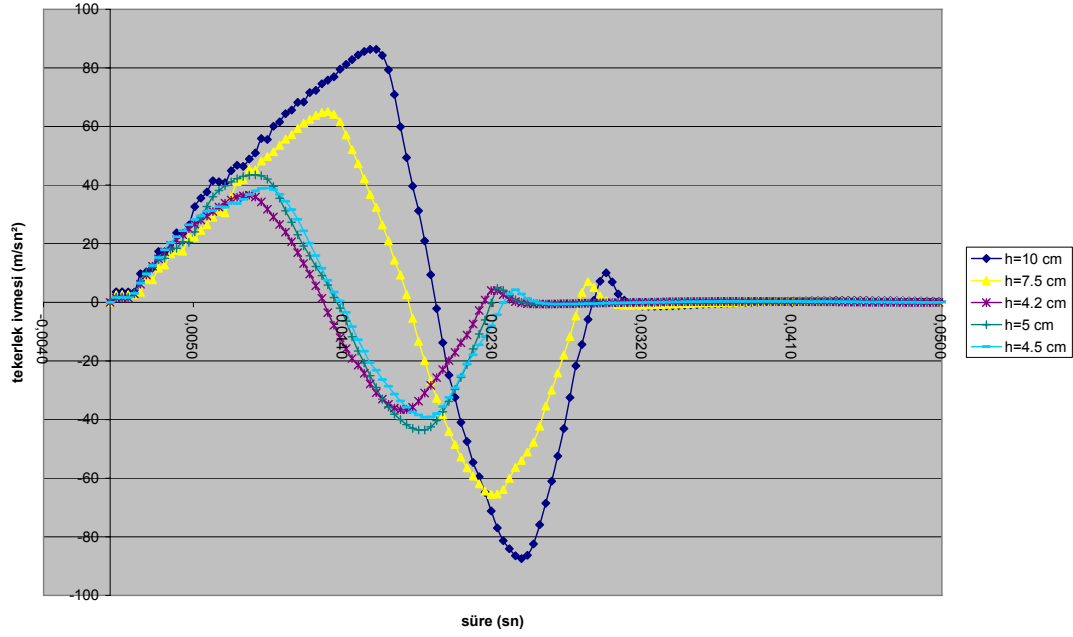
Şekil 4.25. Tip 6 – (V=50 km/sa, H=5 cm) - Araç İvmesi

Şekil 4.26 ta tümseğin uzunluk değeri ile aracın yer değiştirme değeri doğru orantılı arttığı gözlenmektedir.



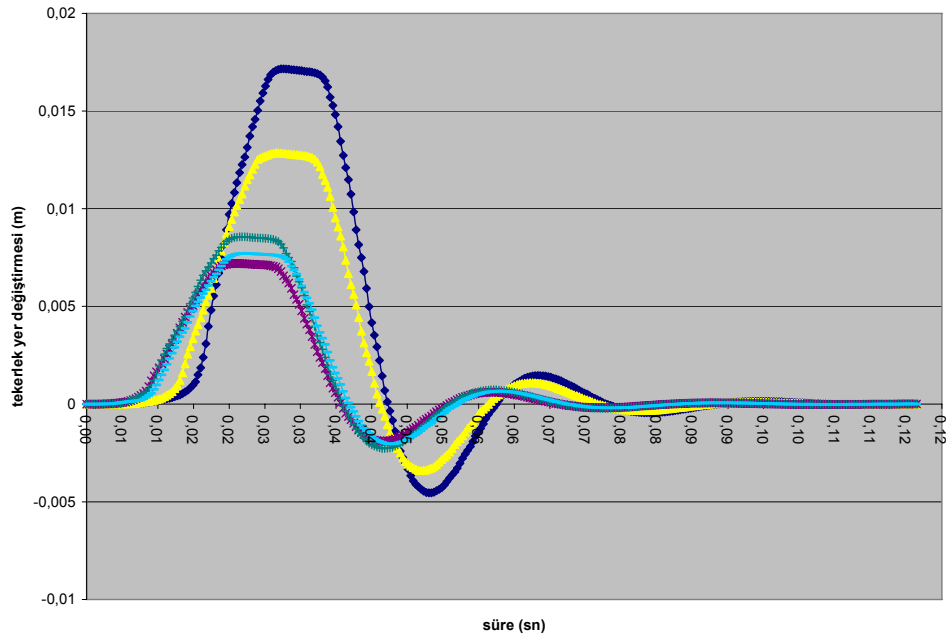
Şekil 4.26. Tip 6 – (V=50 km/sa, H=5 cm) - Araç Yer Değiştirmesi

Şekil 4.27 de tümseğin yüksekliğinin artması ile tekerlek ivmesinin arttığı ve geç sönümlemenin olduğu gözlenmektedir.



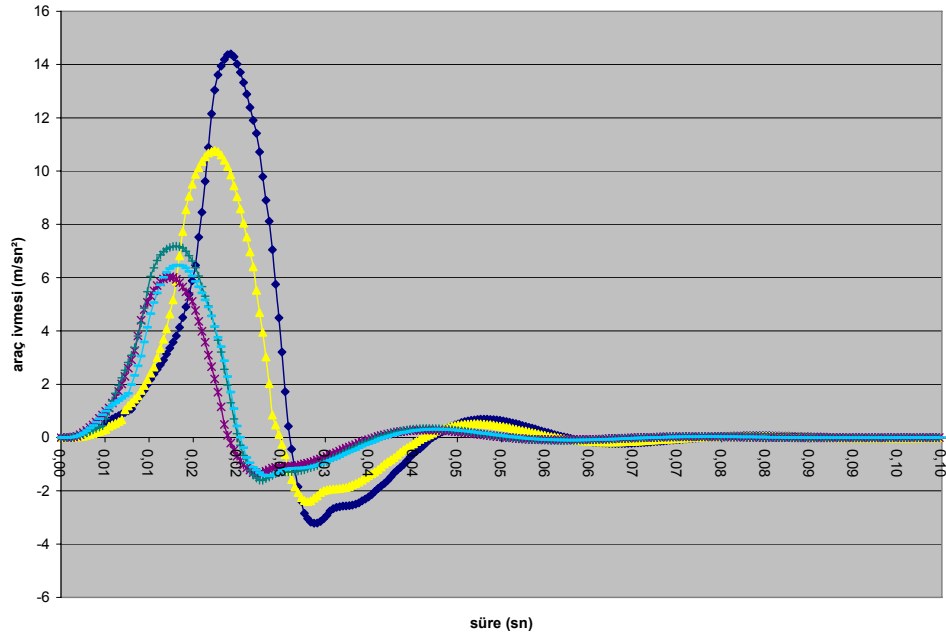
Şekil 4.27. Tip 7 – ( $V=50$  km/sa,  $L=0.50$  m) - Tekerlek İvmesi

Şekil 4.28 de tümsek yüksekliğinin artması ile tekerlek yer değiştirme değerinin arttığı ve düşey yer değiştirmenin daha geç zamanda bittiği gözlenmektedir.



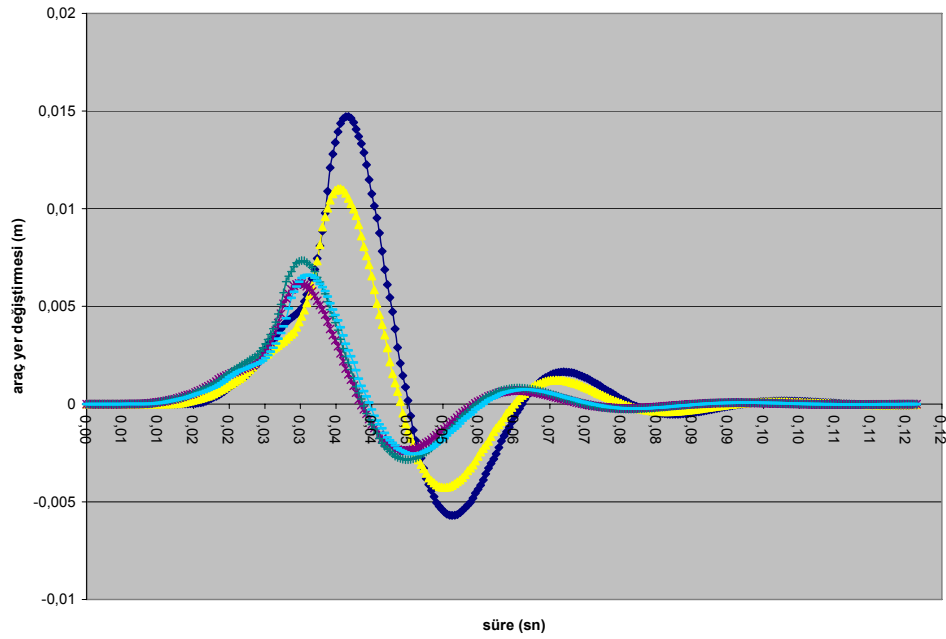
Şekil 4.28. Tip 7 – ( $V=50$  km/sa,  $L=0.50$  m) - Tekerlek Yer Değiştirmesi

Şekil 4.29 da araç ivmesinin kasis yüksekliğinin artması ile artmaktadır ve sönümlemenin daha geç sürede olduğu gözlenmektedir.



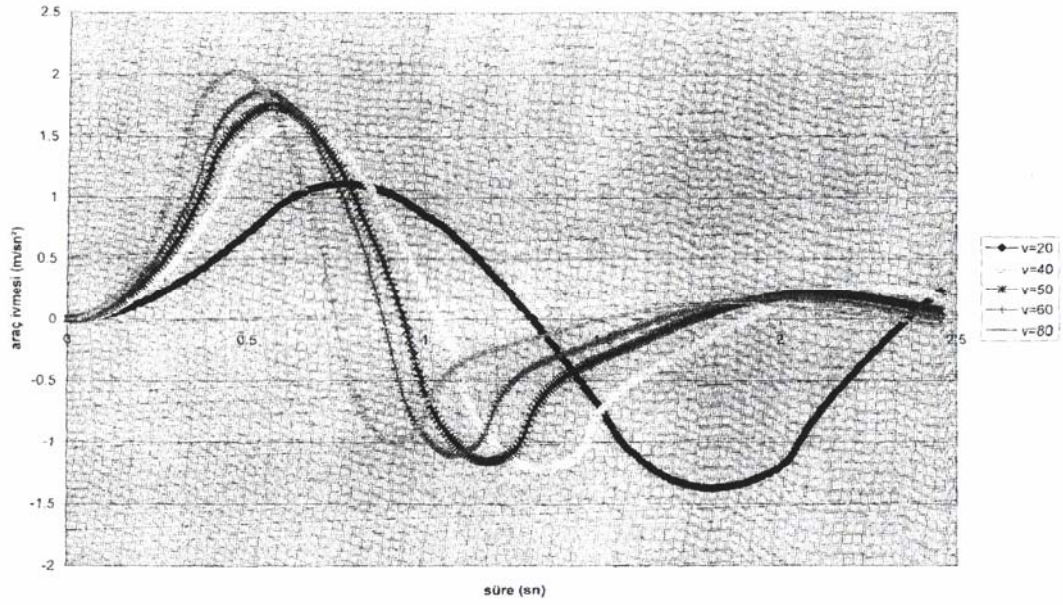
Şekil 4.29. Tip 7 – (V=50 km/sa, L=0.50 m) - Araç İvmesi

Şekil 4.30 da tümseğin yüksekliğinin artması ile araç yer değiştirme değerinin doğru orantılı arttığı gözlenmektedir. Tümsek yüksekliğinin azalması ile araç yer değiştirme değeri azalmaktadır.

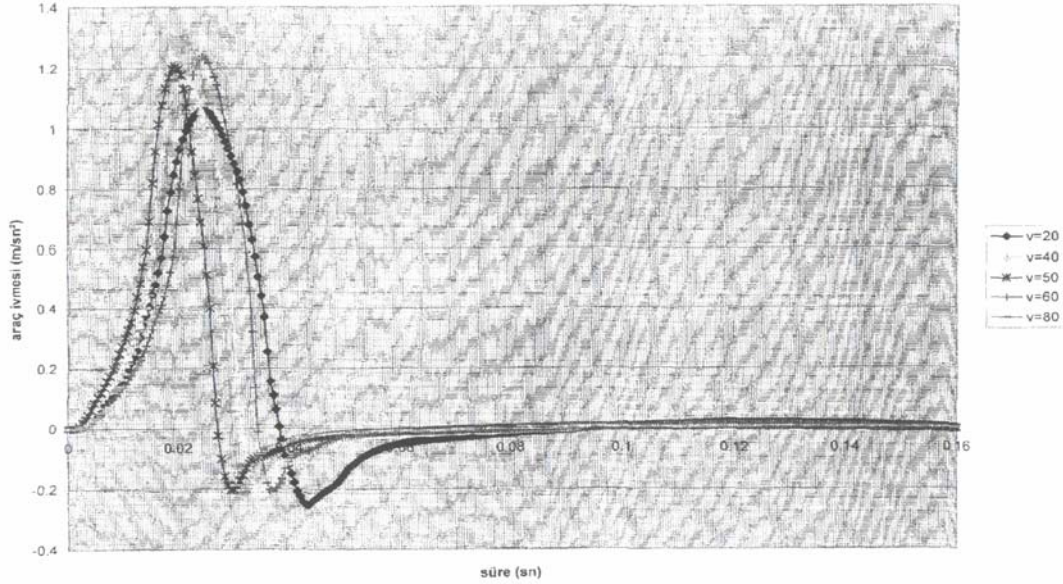


Şekil 4.30. Tip 7 – (V=50 km/sa, L=0.50 m) - Araç Yer Değiştirmesi

Araç ağırlığının araç ivmelenme değerlerine etkisinin belirlenmesi için çeyrek araç simulasyon çözümünde tam yüklü bir yolcu otobüsü dikkate alınmıştır. Otobüsün ağırlığı, yolcular ve eşyaların toplam ağırlığına eşdeğer olarak düşünülen 2500 kg araç ağırlığı alınarak çözüm yapılmıştır. Çözümlerde uzun kasis (Tip 3) ve kısa kasis (Tip 1) için farklı hızlar kullanılmıştır (Şekil 4.31, 4.32).



Şekil 4.31. Tip 1 – (H=10 cm, L=3,6m) - Araç İvmesi



Şekil 4.32. Tip 3 – (H=4,2 cm, L=0,30 m) – Araç İvmesi

Normal araç ve otobüsün farklı ağırlıkları için uzun kasisten geçişleri sırasında oluşan araç ivmeleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.5 ile Şekil 4.31):

- Normal araçta oluşan pozitif ivmelenmenin hıza bağlı olarak 4-10 m/sn<sup>2</sup> aralığında, otobüste ise 1-2 m/sn<sup>2</sup> aralığında olduğu
- Normal araçta oluşan negatif ivmelenmenin hıza bağlı olarak (-7)-(-12) m/sn<sup>2</sup> aralığında, otobüste ise (-1)-(-1.4) m/sn<sup>2</sup> aralığında olduğu görülmektedir.

Araçların kısa kasisten geçişlerinde araçta oluşan ivmelenme değerlerinin karşılaştırılması sonucunda da (Şekil 4.13 ile Şekil 4.32):

- Normal araçta oluşan pozitif ivmelenmenin hıza bağlı olarak 5.5-7 m/sn<sup>2</sup> aralığında, otobüste ise 1.1-1.3 m/sn<sup>2</sup> aralığında olduğu
- Normal araçta oluşan negatif ivmelenmenin hıza bağlı olarak (-1.1)-(-1.9) m/sn<sup>2</sup> aralığında, otobüste ise (-0.2)-(-0.25) m/sn<sup>2</sup> aralığında olduğu görülmektedir.

Buradan araç ağırlığının araçta hissedilen rahatsız edici ivme değerinin azalmasında etkili olduğu görülmektedir.

Araçta bulunan yolcularının konforu açısından araç düşey ivmelenme değerlerinin 0.5m/sn<sup>2</sup>-2m/sn<sup>2</sup> aralığında olması istendiği düşünüldüğünde kasislerden geçen araçların ivme değerlerinin oldukça büyük olduğu görülmektedir (Ulaştırma Bakanlığı,2006)

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüz mühendislik problemlerinin her alanında simülasyonun yaygın kullanılması, yapılan bu tez çalışmasında bu yöntemi kullanmamızda etkili olmuştur. Yararları içerisinde simülasyonun diğer metotlara nazaran daha hızlı olması, çok fazla değişkenle çalışabilme imkânı vermesi, maliyet yönünden avantajlı olması, yapılan hataları geriye dönüp düzeltme imkânı vermesi sayılabilir.

Matlab/simulink programı ile yapılan çalışmamızda farklı hız tümseklerinden, farklı hızlardaki araçların tepkiselliklerinin simülasyon ile çözümünün sonucunda;

- Hız tümseklerinde hızın artması ile tekerlek ve araç ivmelerinin arttığı, tekerlek ve araç yer değiştirmelerinin ise azaldığı gözlenmiştir.
- Büyük tip hız tümseklerinde hızlı giden araç ile yavaş giden araç arasında araç ivme farkının çok olduğu gözlenmiştir, küçük tip hız tümseklerinde ise bu fark fazla olmadığı gözlenmiştir.
- Küçük tip hız tümseklerinde araç, aynı değerdeki yer değiştirmeyi büyük tip hız tümseklerine nazaran daha kısa sürede hissetmektedir.
- Büyük tip hız tümseklerinde şehir içi hız limitine yakın hızda geçme durumunda 2. sönümleme daha az olduğu gözlenmiştir.
- Büyük tip hız tümsekleri kendi arasında, tümsek yüksekliğinin artması araç ivmesi değerlerinin çok fazla artmasına sebep olmamaktadır. Hız tümseğinin yüksekliğinin artması ile ivme değerleri az miktarda artmaktadır.

Belirtmiş olduğumuz sonuçların doğrultusunda büyük tip hız tümsekleri küçük tip hız tümseklerin göre daha olumlu sonuçlar vermektedir. Büyük tip hız tümseklerinden hızlı geçen araçların cezalandırıldığı, küçük tiplerde ise bu amaca varılmadığı sonucuna gidilmiştir. Küçük tip hız tümsekleri amacından uzaklaşmıştır. Yurt dışında büyük tip hız tümsekleri daha yaygın olmasına rağmen, yurdumuzda küçük tip hız tümsekleri kullanımı yaygındır.

## **6. KAYNAKLAR**

- Acı, M., 2006. Yapay sinir ağları ile hidrolojik modelleme. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Manisa.
- Akmehmet, V., 2006. Bilgisayar ortamında modelleme ve görselleştirme verim artırımına yönelik değerlendirmeler. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 183s, İstanbul.
- Almaz, Ö.A., 2006. İstanbul boğazi transit gemi trafiğinin benzetim modelleme ve senaryo analizi ile incelenmesi. Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 190s, İstanbul.
- Baktır, O., 2006. Eclipse platformu için yüksek düzeyli mimari yazılım modelleme aracı. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Ankara.
- Başlamışlı, S.Ç., 2001. Hız kontrol kasis profillerinin optimizasyonu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s, Ankara.
- Beşikçi, U., 2006. Üretim sahası kontrol mimarilerinin zaman adımli dağınk benzetim yöntemiyle karşılaştırılması. Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 181s, İstanbul.
- Bingöl, Z., 2005. Matlab ve Simulink'le Modelleme/Kontrol 1. Birsan Yayınevi, 323s, İstanbul.
- Bolat, B., 2006. Asansör kontrol sistemlerinin genetik algoritma ile simülasyon. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 170s, İstanbul.

Çadırılı, D., 2006. Elektrik cihazlarının testi için geliştirilen benzetim uyartım arayüzünün modellenmesi ve kararlılık analizi. Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91s, Niğde.

Çörekçioğlu, M., 2006. Dokuma tezgahlarında çizelgeleme yaklaşımının iş süreçleri modelleme notasyonu (Business Process Modeling Notation - BPMN) ile gösterimi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112s, Denizli.

Denizhan, B., 2006. İmalat lojistiği benzetim modeli ve bir uygulama. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 227s, Sakarya.

Er, S.N., 2006. İstanbul'un kentsel planlamasında CBS tabanlı analiz/sentez modelleme tekniklerinin geliştirilmesi ve uygulamaları üzerine bir araştırma. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 148s, Kocaeli.

Güney, N., 2006. 8051 mikrodenetleyicisi için işlevsel tabanlı benzetim programı tasarımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s, Sakarya.

Gürer, M., 2006. hız Tümseklerinin Taşıt Titreşim Tekniği Açısından İncelenmesi. İstanbul Teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s, İstanbul.

Hoyur, G., 2006. Dağıtım depoları için bir simülasyon modeli. Boğaziçi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, İstanbul.

İstanbuluoğlu, İ., 2006. Dmih faz kaydırıcılar için özgün modelleme metodu ve performans arttırma tekniği. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155s, Ankara.

Kalebek, B., 2006. Esnek üretim sistemleri ve simülasyon yoluyla iş çizelgelemesi. Gazi Üniversitesi. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145s, Ankara.

Karataş, S., 2006. Alçak yörünge uyduları : Dinamik modelleme, simülasyonlar ve kimi doğrusal olmayan konum denetim teknikleri. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Ankara.

Özbey, A., 2006. Ters ikili sarkacın modelleme ve kontrolü. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s, İstanbul.

Şen, B., 2006. Tarihi yığma yapıların modelleme ve analizi. Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, İstanbul.

Uncu, C., 2006. Boğaziçi köprüsü gişe sahasının AIMSUN mikro simülasyon yazılımı ile modellenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 178s, İstanbul.

Varol, A., Benzetim (Simülasyon), [http://listweb.bilkent.edu.tr/ab/1999/Dec/att-0029/01-bt.12.11.1999-S\\_M\\_LASYON\\_NED\\_R.doc](http://listweb.bilkent.edu.tr/ab/1999/Dec/att-0029/01-bt.12.11.1999-S_M_LASYON_NED_R.doc)

Yener, M.K., 2006. Yuvacık havzasında yarı-dağılımlı hidrolojik modelleme çalışmaları. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 196s, Ankara.

Ulaştırma Bakanlığı, 2006, [http://ubak.gov.tr/tr/dlh/etkinlikresim/Deprem/Demiryollari\\_bolum\\_202.pdf](http://ubak.gov.tr/tr/dlh/etkinlikresim/Deprem/Demiryollari_bolum_202.pdf)

## ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: ALİ SÖZEN

Doğum Yeri ve Yılı: Antalya, 1980

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dil: İngilizce (iyi), Arapça (orta)

### Eğitim Durumu:

Lise: Antalya Lisesi, 1994–1997

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat

Mühendisliği, 1998–2003

### Çalıştığı Kurum:

Asturem Yapı Denetim Ltd.Şti. (Kontrol Mühendisi), ANTALYA, Ocak 2004-  
Haziran 2005

Kayı Group, Kayı Group Plaza Şantiyesi (Kesin Hesap ve Planlama), ANTALYA,  
Temmuz 2005 – Mart 2006

Kayı Group, Adam&Eve Otel Şantiyesi (Saha Mühendisi), Belek/ANTALYA, Nisan  
2006 – Eylül 2006

Turunch Company, Kahire Havaalanı, (Şantiye şefi), Kahire/Mısır, Ekim 2006 –  
Mart 2007

Polimeks İnşaat (Saha Mühendisi), Aşkabat/Türkmenistan, Halen çalışmaya devam  
ediyorum, Nisan 2007

