

**BİLGİ SAYARDA İNSAN- MAKİNE ETKİLEŞİMİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Müh. Öğr. Gör. BALÇIK
(503991121)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Ocak 2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. N. Aydın HIZAL
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Ahmet KUZUCU
Prof. Dr. Abdülkerim KAR (M.Ü.)

OCAK 2004

ÖNS ÖZ

Yüksek lisans eğitimi ve tez çalışmaları sürecinde bana yol gösterip destek olan ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. N. Aydın Hızal'a teşekkür ederim.

OCAK 2004

Çiğdem BALÇIK

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. EL İLE KONTROL	3
2.1. İzleme	3
2.1.1. İzlemede Giriş ve Çıkışlar	4
2.1.1.1. Giriş	4
2.1.1.2. Çıkış	4
2.2. Ekran	4
2.2.1. Hataı Gösteren Ekran Görüntüsü	5
2.2.2. Kovalanmalı Ekran Görüntüsü	5
2.3. El ile Kontrolde Geri Besleme	6
2.3.1. Görsel Geri Besleme	6
2.3.2. İşitsel Geri Besleme	7
2.3.3. Dokunsal Geri Besleme	7
2.3.4. Dengesel Geri Besleme	7
2.4. El ile Kontrolde Kapalı Çevrim Sistemlerinin Sınıflandırılması	7
2.4.1. Hataı Dayalı Kontrol	7
2.4.2. Kovalanmalı Kontrol	9
2.4.3. Ön Bilgiye Dayalı Kontrol	10
2.5. El ile Kontrolde Performansın İncelenmesi	11
2.5.1. Operatör Performansını Etkileyen Değişkenler	11
2.5.2. El ile Kontrolde Performans Etkileyen İnsan Kaynaklı Sınırlamalar	12
2.5.2.1. Bilgi İşlem Zamanı	12
2.5.2.2. Bant Genişliği	12

2.5.2.3. Öngörü	13
2.5.2.4. Uygunluk	13
2.5.2.5. Hata	14
2.5.3. Sistem Dinamiklerinin Performansa Etkisi	14
2.5.3.1. Kontrol Edilen Sistemin Mertebesi	14
2.5.3.2. Kazanç	16
2.5.3.3. Zaman Gecikmesi	16
2.5.4. Görüntünün Sistem Performansına Etkisi	17
2.5.4.1. Ön Görüntü	17
2.5.4.2. Görüntünün Çeşitli	17
2.6. İzleme Performansını Arttırmanın Yolları	18
2.6.1. Hızlandırılmış Görüntü	18
2.6.2. Öngörü	19
2.6.3. Destekleme	21
2.7. Kontrol Aygıtları	21
2.8. Frekans Cevabı: İnsan Operatörün Modellenmesi	23
2.8.1. Yaklaşık Lineerlik	23
2.8.2. Gross-Over Model	24
3. GÖRÜNTÜ DEĞİŞKENLERİNİN ETKİLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ	28
3.1. Birinci Mertebe Sistemlerinin İncelenmesi	34
3.2. İkinci Mertebe Sistemlerinin İncelenmesi	43
3. SONUÇ	59
KAYNAKLAR	61
EK 1	63
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Hataya dayalı ekran görüntüsünün şematik gösterimi	5
Şekil 2.2 : Kovalanmalı ekran görüntüsünün şematik gösterimi	6
Şekil 2.3 : Hataya dayalı kontrolün şematik gösterimi	8
Şekil 2.4 : Sınır-adale hareket alt sistemi	9
Şekil 2.5 : Kovalanmalı kontrolün şematik gösterimi	10
Şekil 2.6 : Ön bilgiye dayalı kontrol	10
Şekil 2.7 : Cebir-kendinden kaynaklanan hata; (a) küçük hata (b) büyük hata	12
Şekil 2.8 : Kazancı bire eşit olan sıfırıncı mertebe sistemi	14
Şekil 2.9 : Birinci mertebe sistemi	15
Şekil 2.10 : İkinci mertebe sistemi	15
Şekil 2.11 : Görüntüyü hızlandırma	18
Şekil 2.12 : Uçaklarda görülen, uçağın alçalması esnasındaki anlık ve 8sn sonraki konumunu gösteren gelenekselleşmiş bir öngörü göstergesi	20
Şekil 2.13 : İnsan operatörün yaklaşık-lineer modeli	23
Şekil 2.14 : Tipik bir hataya dayalı izleme işi	24
Şekil 3.15 : Deney düzeneği	28
Şekil 3.16 : Program başlangıcı	29
Şekil 3.17 : Program çalıştırıldığı anda ortaya çıkan ekran görüntüsü	30
Şekil 3.18 : Bozucunun etkileşimiyle başlayan sarı çizginin hareketi	30
Şekil 3.19 : İnsan-makine etkileşimini deneysel çalışmasının ana yapısı	31
Şekil 3.20 : Deneysel çalışmada yer alan görüntüyü hızlandırma	32
Şekil 3.21 : Bozucunun ve hatanın zamanına göre değişimi	33
Şekil 3.22 : Farklı konum katsayıları için, ortalama mutlak göreceli hataların dağılımı	34
Şekil 3.23 : Farklı konum katsayıları için, minimum ortalama mutlak göreceli hata değerini veren hız katsayıları	35
Şekil 3.24 : Farklı konum katsayıları için, hız katsayısının olmadığı, düşük veya orta seviyede olduğu durum	36
Şekil 3.25 : Farklı konum katsayıları için, hız katsayısının 5 olması durumunda elde edilen omg'h değerleri	36
Şekil 3.26 : (8,5) ve (10,5) katsayıları ile yapılan deneylerin kararlılık kararsızlık yüzdesi	37
Şekil 3.27 : Farklı konum katsayıları için, hız katsayısının 6 olması durumunda elde edilen ortalama mutlak göreceli hatalar	38
Şekil 3.28 : Konum katsayısının 1 ve 3 olduğu durumda hız katsayısı 6 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (1,6) (b) (3,6).	39

Şekil 3.29 : Konum katsayısının 5 ve hız katsayısının 6 olması durumundaki deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi.	39
Şekil 3.30 : Konum katsayısı 13 için farklı hız katsayılarında elde edilen ortalama mutlak göreceli hatalar	40
Şekil 3.31 : Konum katsayısı 13 için hız katsayıları 0 ve 0.2 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (13, 0) (b) (13, 0.2).	41
Şekil 3.32 : Konum katsayısı 13 için hız katsayıları 1 ve 3 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (13, 1) (b) (13, 3)	41
Şekil 3.33 : Konum katsayısının 13 ve hız katsayısının 5 olması durumundaki deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdeleri	42
Şekil 3.34 : Konum katsayıları 1 ve 3 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri (a) (1, 0, 0) (b) (3, 0, 0)	43
Şekil 3.35 : Konum katsayıları 5 ve 8 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri (a) (5, 0, 0) (b) (8, 0, 0)	44
Şekil 3.36 : Konum katsayıları 10 ve 13 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri a) (10, 0, 0) b) (13, 0, 0)	45
Şekil 3.37 : Konum katsayıları 1, 3, 5 ve 8 için hız ve ivme katsayıları 0.2 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri (a) (1, 0.2, 0.2) (b) (3, 0.2, 0.2), (5, 0.2, 0.2), (8, 0.2, 0.2)	46
Şekil 3.38 : Konum katsayıları 10 ve 13 için hız ve ivme katsayıları 0.2 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri a) (10, 0.2, 0.2) b) (13, 0.2, 0.2)	47
Şekil 3.39 : Farklı konum katsayıları için türev katsayıları 0 ve 0.2 olduğu durumda elde edilen ortalama mutlak göreceli hataların grafiği (a) Hz ve ivme katsayısı (0, 0) (b) Hz ve ivme katsayısı (0.2, 0.2)	48
Şekil 3.40 : İvme katsayısının 0.2 olarak sabit tutularak hız katsayılarının değiştirilmesi sonucunda farklı konum katsayıları için elde edilen ortalama mutlak göreceli hataların dağılım grafiği	49
Şekil 3.41 : İvme katsayısının 0.2 olarak sabit tutularak hız katsayılarının değiştirilmesi sonucunda farklı konum katsayıları için minimum hatayı veren hız katsayıları	49
Şekil 3.42 : Konum katsayıları 10 ve 13 için ivme katsayısı 0.2 ve hız katsayısı 1 iken yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (10, 1, 0.2) (b) (13, 1, 0.2)	50
Şekil 3.43 : Konum katsayıları 10 ve 13 için ivme katsayısının 0.2 ve hız katsayısının 13 olduğu durumda yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi a) (10, 13, 0.2) b) (13, 13, 0.2)	51

Şekil 3.44 : Farklı konum katsayıları için hız katsayısının 0.2 olarak sabit tutularak ivme katsayılarının değiştirilmesi ile bulunan (a) Minimum mortalama mutlak görelî hatayı veren ivme katsayıları (b) Minimum mortalama mutlak görelî hata değerleri	52
Şekil 3.45 : Hz katsayısının 0.2 ve ivme katsayısı 3 olması durumunda konum katsayıları 5 ve 8 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (5, 0.2, 3) (b) (8, 0.2, 3)	53
Şekil 3.46 : Hz katsayısının 0.2 ve ivme katsayısı 3 olması durumunda konum katsayıları 10 ve 13 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (10, 0.2, 3) (b) (13, 0.2, 3)	53
Şekil 3.47 : Hz ve ivme katsayılarının eşit olarak artırılması durumunda farklı konum katsayıları için elde edilen ortalama mutlak hataların dağılım grafiği	54
Şekil 3.48 : Hz - ivme katsayısı çiftinin (1, 1) olması durumunda konum katsayıları 1, 3 ve 5 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (1, 1, 1) ve (3, 1, 1) (b) (5, 1, 1)	55
Şekil 3.49 : Hz - ivme katsayısı çiftinin (1, 1) olması durumunda konum katsayıları 8 ve 10 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (8, 1, 1) (b) (10, 1, 1)	55
Şekil 3.50 : Farklı konum katsayıları için minimum mortalama mutlak görelî hatayı veren hız-ivme katsayıları çiftleri ve bu çiftlere denk gelen ortalama mutlak görelî hata değerleri (a) Hz-İvme Çiftleri (b) Minimum mortalama mutlak görelî hata değerleri	56
Şekil 3.51 : Üçüncü ve beşinci durumda elde edilen minimum mortalama mutlak görelî hatalarının karşılaştırılması	57
Şekil 3.52 : Uyku hali ile ve uyku hali geçtikten sonra (8, 0, 0) katsayıları ile yapılan deneyler (a) Uyku hali (b) Uyku hali geçtikten sonra	58

SEMBOL LİSTESİ

$e(t)$	: Hata fonksiyonu
$u_N(t)$	: Hareket sınırlarına gelen uyarı (giriş)
$u(t)$	: Operatörün kontrol edilen sisteme uyguladığı giriş
$y(t)$	: Kontrol edilen sistemin cevabı (çıkış)
$d(t)$	: Bozucu girişler
$r(t)$	: Referans girişi
Y_H	: Operatörün transfer fonksiyonu
Y_{Hr}, Y_{Hy}	: Referans giriş ve çıkış için operatörün transfer fonksiyonu
Y_p	: Kontrol edilen sistemin transfer fonksiyonu
$\dot{y}(t)$	: Çıkışın birinci mertebe türevi (geninin açısal sunumu)
$\ddot{y}(t)$	: Çıkışın ikinci mertebe türevi (dümenin açısal sunumu)
$\dddot{y}(t)$	: Çıkışın üçüncü mertebe türevi (dümen eğiden kontrol sinyali)
a_i, a_0	: Görüntü katsayıları
$u'(t)$	: Yaklaşık-lineer cevap
K	: Kazanç
w	: Frekans
τ	: İnsanın reaksiyon zamanını yansıtan zaman gecikmesidir
w_c	: Crossover frekansı
T_N, T_L, T_I	: Zaman Sabitleri

BİLGİ SAYARDA İNSAN- MAKİNE ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

İçinde bulunduğumuz bu yüzyılda, mekanik ve elektronik araçlardaki teknolojik gelişmeler ile beraber, kontrol edilen sistemlerin yapılarının da daha karmaşıklaşması kapalı çevrelerde insan operatöre verilen rollerin artmasını gerektirmiştir. Böylece insan-makine etkileşiminin, sistem performansı üzerindeki etkileri büyük önem kazanmıştır.

Günümüzde ortaya çıkan bu yeni kontrol sistemlerinde insan operatörün kontrol çevresindeki rolü, daha önceden tanımlanmış prosedürlerin uygulayıcılığı ve otomatik kontrol operasyonlarının yöneticiliğini yapmaktır. Bu işleri yaparken operatör, temeli algılamaya dayanan uzaktan kumanda cihazlarından (kontrol aygıtlarından), görsel ekranlardan ve hatanın varlığını, neden kaynaklandığını anlamasına yardımcı olacak bazı sistemlerden faydalanır.

İnsan-makine sistemlerinde insan operatör; değişen ortam koşullarına uyabilen, sisteme en uygun girişi belirleyebilen, karar verebilen bir bilgi işlemci hâzi olarak çok fazla bilgi ve beceriye sahip olduğundan niceliksel olarak tanımlanmak için çok karmaşık olan bir kontroldür. Bu sebeple kontrol teorisine dayanarak insan operatörün davranışlarını modelleyebilme için 1950'li yıllardan bu yana pek çok araştırmalar yapılmış ve belirli bazı modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modeller sayesinde çeşitli çevresel ve psikolojik değişkenler ile beraber alkol, uyuşturucu, yorgunluk v.b faktörlerin de insan performansı üzerindeki etkilerini incelemek fırsatı olmuştur.

Bütün bu bilgilerden faydalanılarak oluşturulan bu tezde amaç; Matlab 4.0 kullanılarak oluşturulmuş bir bilgisayar programı vasıtasıyla görüntü değişkenlerinin farklı değerleri için el ile kontrol sistemi performansını incelemektir. Farklı şartlar için sistem kararlılığını bozmayacak şekilde seçilen görüntü değişkenleri, insan operatörün kontroldeki yükünün azalmasını sağlarlar.

Buna ilave olarak, aynı program kullanılarak kontrolü etkileyen diğer değişkenler olan, görev değişkenleri, operatör merkezli değişkenler, v.s de kısaca incelenmiştir.

OBSERVATION OF MAN-MACHINE INTERACTION ON COMPUTER

SUMMARY

In this century, by the effects of the technological developments at the mechanical and electronic devices the structures of the control systems have become more complicated and accordingly the importance of the human operator in the closed loop has increased. Thus, the effects of the man-machine interaction over system performance have gained huge importance.

In this new control strategy, the role assigned in the control loop to the human operator is of executor of well-established procedures and of supervisor of automatic control operations. During these tasks, the operator benefits from the visual display units, accurate remote control systems (control devices) and decision support systems that help in the identification and diagnosis of malfunctions.

In man-machine systems, the human operator is a too complex controller to be described quantitatively because of having so much knowledge and competency as a hierarchical, adaptable, optimizing and decision making information processing device. Therefore, to model the behaviours of human operator based on control theory lots of research have been performed and some specific models have been formed since the 1950s. These models have given the opportunity of examining the effects of alcohol, drugs, fatigue etc. as well as environmental and psychological variables on human performance.

The main aim of this thesis that is formed by using above-mentioned information, is to examine the system performance for different display variables by using a computer program based on Matlab 4.0. Display variables that are chosen in stability limits of the system for different conditions decrease the burden of human operator in the control loop.

In addition, by the same programme the variables affecting the control, task variables, operator centred variables etc, has been briefly examined as well.

1. GİRİŞ

1.1. GİRİŞ ve ÇALIŞMANIN AMACI

İnsan-makine etkileşiminin veya ergonominin doğmasından önce yapılan dizaynlarda insan faktörü düşünülmeden makinelere dizayn yapılıyor ve daha sonra insanın bu makineye uyması bekleniyordu. Bu durumda da insanın eğitimi önem kazanıyordu. Ancak özellikle II. Dünya Savaşı boyunca, en eğitilmiş operatörler ile bile sistemlerin çalışmadığı gözlemlendi. Örneğin bazı uçaklar hiçbir mekanik neden olmaksızın yere çakılıyor veya çok kaliteli monitörler kullanmasına rağmen, radarda düşman ile olan bağlantı kaybedilebiliyordu. Bunun üzerine dünyanın pek çok yerinden psikologlar ve bilimadamları bir araya gelerek sorunun ne olduğunu araştırmaya başladılar ve sonuç olarak sistemlerde insan faktörünün önemi ortaya çıktı (Sanders ve McCormick, 1993).

Bu yüzyıldaki artan teknoloji ile beraber sistemler, yapılarındaki birbiri ile ilişkili elementlerin artmasına bağlı olarak daha karmaşık bir hale gelmişlerdir. Bunun sonucu olarak da tasarımlar, sistem ve insan arasındaki görev dağılımını, diğer bir deyişle etkileşimi de düşünmeye zorlanmıştır. Bu da beraberinde, farklı işler için insan ve makine performansının hangi fonksiyonlar ile tanımlanabileceği sorusunu ortaya çıkarmıştır.

İnsan tarafından uygulanan kontrol pek çok yerde karşımıza el ile kontrol olarak çıkmaktadır. El ile kontrol genelde insan-makine etkileşiminin yaygın olarak görüldüğü uçaklar, otomobiller, bisikletler ve gemiler gibi serbestlik derecesi yani kontrole ihtiyaç duyan parametre sayısı sınırlı olan yerlerde karşımıza çıkmaktadır (Sheridan ve Ferrel, 1974). El ile kontrol sistemlerinde operatörün görevi, kendine gelen bilgiyi yorumlamak ve bu konuda verdiği kararları uygulamaktır. Diğer bir deyişle; operatör, sistemin kontrol organıdır. El ile kontrolde insan operatör; değişen

orta mkoşulları na uyabilen, verdiğ i karar ile sisteme en uygun girişi belirleyebilen bir kontrol organıdır.

Bugün kullanılan her türlü sistemde yüksek veri melde edilebil mesi ancak insan-makine etkileşi mintamolarak anlaşılabil mesi ile mümkün olmaktadır. Bu sebep ile, pek çok işte insanı tanımlayan (uçaklarda pilotu, otomobillerde sürücüyü, bir bilgisayar oyununda oyuncuyu) modeller üzerine pek çok araştırmalar yapılmıştır.

Ol uşturulan bu modeller ile beraber pek çok araştırmanın konusunu da kontrol organı olarak insan performans ı ile beraber, birinci ve ikinci nertebe sistemlerin kontrol ünü de arttırıcı; ön görüntü tahmin, çabuklaştırılmış görüntü gibi konular ol uşturmaktadır.

Bu çalışma süresince insan-makine etkileşi mi üzerine pek çok kitap, makale incelenmiş ve tezin teorik bölümünde bu araştırmalardan elde edilen bilgilere dayanarak insan-makine etkileşi minin temel unsurları ve bu unsurlara bağlı olarak ol uşturulan performans arttırıcı metotlardan bahsedilmiştir.

Tezin deneysel bölümünde ki deney düzeneği ise; bilgisayar, klavye, operatörün girişi ni yansıtan fare ve MATLAB® V 4. 2c. 1 de hazırlanan bir programdan meydana gelmektedir. Burada yapılan deneylerin amacı; insan operatöre verilen görsel bilgi de kullanılan değişkenlerin rolünün incelenmesidir. Kontrol edilen büyüklüğün çeşitli türevlerinin de görüntü değişkenlerine katılması performansı arttırmakta ve kararsızlık görülen bazı şartlarda kararlılığı da sağlamaktadır. Bu amaçla yönelik olarak bu deneylerde rasgele bozucunun etkilediği birinci ve ikinci nertebe sistemler el ile kontrol edilmiştir. Birinci nertebe sistemlerde hata ve hatanın birinci türevi, ikinci nertebe sistemlerde de hata, hatanın birinci ve ikinci türevleri kontrole katılarak deneyler yapılmıştır.

2. EL İLE KONTROL

Günümüzde insanların gerek evlerinde gerekse işlerinde kontrol ettikleri sistem ve mekanizmalar çok çeşitlidir. Bu çeşitliliğe örnek olarak ise en basit ısıtma kapağı düğmeleri, nükleer santraller, uçaklar, arabalar ve gemiler olmak üzere pek çok sistemi verebiliriz. Sistemin doğası ne olursa olsun kontrol esnasında insan ile ilgili olan temel faktörler aynıdır. İnsan bilgiyi alır, değerlendirir, bir hareket seçer ve son olarak da bu seçilen hareketi sisteme giriş olarak uygular.

El ile kontrolde kişi, verilen sistem ile ilgili değişkenlerin, referans ve cevap değerleri ile ilgili bilgiyi görsel, işitsel, duysal veya dengesiz olarak algılar ve bazı araçlar kullanarak (düğme, kontrol çubukları, pedallar, fare, vb..) hatayı azaltmaya veya karışık fonksiyonları basitleştirmeye çalışır. En basit el ile kontrol sürekli tek boyutlu izlemidir. Bu kontrol şeklinde insanın görevi kontrol edilen sistemin cevabının, referans yani giriş değerine mümkün olduğunca yakın olmasını sağlamaktır.

2.1. İZLEME

Operatörün elini hareket ettirerek belirli bir yörüngeyi takip etmeye çalışmasıdır. İzleme, kişinin bir pozisyondan diğer pozisyona en kısa zamanda ve olabilecek en doğru şekilde elini hareket ettirmesi yani bir şeylerin sürekli kontrolünü gerektirir ve otomobilin kullanılması, uçağın uçurulmasına, uzay araçlarında ve bisiklet üzerinde yön belirlenmesinden, dengenin korunmasına kadar araç kontrolü ile ilgili her alanda görülür. Deneysel laboratuvarlarda ise izleme; operatörün, dinamikleri bilgisayar tarafından oluşturulan bir sistemi, kontrol çubuğunu hareket ettirerek kontrol etmesi ve cevabı monitör üzerinde hareketli bir sembol olarak görmesi şeklinde gerçekleşir.

2.1.1. İzlemede Giriş ve Çıkışlar

İzlemede giriş sistemden istenilen çıkışı belirler. Örnek olarak yoldaki virajlar, otomobil tarafından izlenmesi gereken yolu belirler.

2.1.1.1. Giriş

İzlemede girişler sabit olabildikleri gibi (geminin belirlenen bir yöne yönlendirilmesi veya uçağın belirlenen bir basınçta uçurulması), değişken de olabilirler (sürekli yön değiştiren bir kelebeğin bir ağla yakalamaya çalışmak). Bu çeşit girişler direkt olarak çevreden gelen ve mekanik sensörler veya insanlar tarafından algılanan girişlerdir. Bu girişler mekanik olarak algılandıkları zaman operatöre sinyal formunda veya daha farklı olarak ekranlar üzerinden gösterilirler. Giriş sinyali bazen hedef olarak adlandırılır ve hareketi de izadını alır.

Basamak ve rampa gibi geçici girişler ve, periyodik ve rasgele girişler gibi sürekli girişler en çok karşılaşılan girişlerdir. Basamak giriş, değer de birdenbire gerçekleşen değişimi tanımlar. Örnek olarak bir uçağa kontrol kulesinden bulunduğu yüksekliği değiştirilmesi için verilen emir veya belirli bir zamanda fırının sıcaklığını arttırmak verilebilir. Rampa girişi bazı değişkenlerdeki sabit değişmeyi belirler. Aracın hızının (pozisyonundaki değişme oranı) sabit olarak korunması gibi.

2.1.1.2. Çıkış

Çıkış çeşitli biçimlerde fakat genel olarak ekran üzerinde ve imlec vasıtasıyla operatöre gösterilir. Çıkış, genelde kontrol edilen element olarak adlandırılır.

2.2 EKRAN

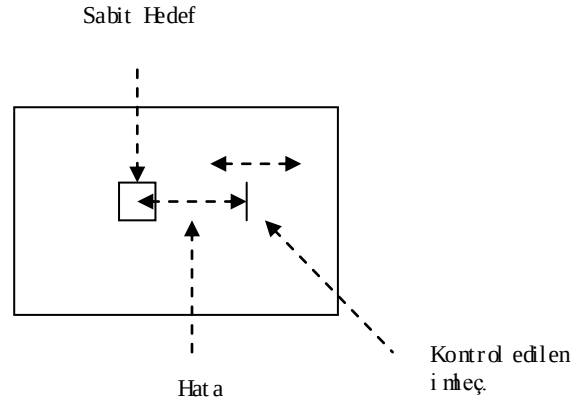
Operatörün düzeltici hareketi uygulayabilmesi için gerekli olan bütün bilginin kaynağı ekrandır. Bir otomobil sürücüsü için en basit şekilde ekran, otomobil ön camından görülen alandır.

Fakat alçal makt a olan bir pilot için ise ekran, alçal m a veya yüksel m e açısını, yere indikten sonra uçağ ın gideceğ i mikt arı, basıncı ve yönü gösteren büt ün aygıtlard ır.

Basit izlemelerde operatör, ekranda görülen i mlec i kontrol et m ek için fare veya kontrol çubuğ u kullanır. Bu basit izlem e hatayı gösteren ve kovalamalı tip ol m ak üzere iki şekilde operatöre ekranda sunul ur.

2.2.1. Hatayı Gösteren Ekran Görüntüsü

Ekranın ortas ındaki sabit i mlec , kontrol edilen siste m ile hedef iz aras ındaki sıfır hat alı durum u gösterir. İkinci i mlec ise hatanın büyükl üğ üyle orantılı olarak bu i mlec e göre hareket eder. Operatör, fareyi veya kontrol çubuğ unu hatayı azaltacak yönde kullanır. Operatörün başarılı ol m ası durumunda hareketli i mlec de ekran ın ortasına gelir. Hatayı gösteren görüntüde yalnızca kontrol edilen sistem ile hedef iz aras ındaki görel i hata operatör tarafından görüleb ilir. Şekil 2.1’deki şematik gösteri mde de ol duğ u gi bi hedef sabittir ve kontrol edilen objeni n pozisyonu hatanın büyükl üğ ü ve yönüyle değ işir (Jagacinski ve Flach, 2003).

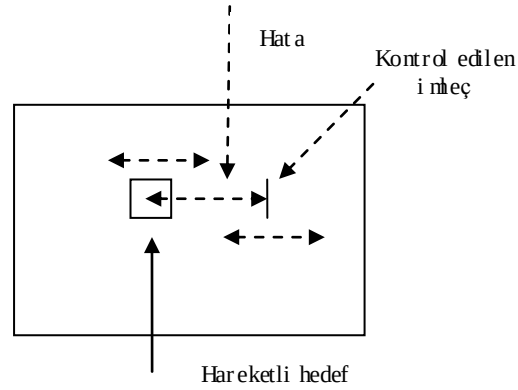


Şekil 2.1 Hataya dayalı ekran görüntüsünün şematik gösterimi

2.2.2. Kovalamalı Ekran Görüntüsü

Bu tarz izlemelerde iki tane hareketli i mlec vardır. İlk i mlec in bir tanesi hedef izi, diğeri de kontrol edilen objeyi gösterir. Operatör, fareyi veya kontrol çubuğ unu hareket ettirerek ikinci i mlec i hedef i mlec in yoluna sokmaya çalışır.

Şekil 2.2’deki şematik gösterimde olduğu gibi ekran görüntüsündeki hedef bağımsız olarak hareket eder, kontrol edilen obje kontrol hareketinin etkilerini yansıtır ve hata da iki hareketli imleç arasındaki göreceli pozisyonudur (Jagacinski ve Flach, 2003).



Şekil 2.2 Kovalanmalı ekran görüntüsünün şematik gösterimi

2.3 EL İLE KONTROLDE GERİ BESLEME

2.3.1. Görsel Geri Besleme

El ile kontrolün bulunduğu pek çok deneysel çalışma ve modellenmenin temelinde giriş sinyalinin görüntülenmesi vardır. Bu görüntülenme ekranlar ile gerçekleştirilir. Örneğin bir bilgisayar oyununda ya da pilotların yetiştirilmesinde kullanılan simülasyonci hazırlarında kişi, ekranda gördüğü doğrultusunda oyunu kazanmaya ya da uçağı değişen koşullara uydurmaya çalışır (Sanders ve McCormick, 1993; Wickens, 1992; Jagacinski ve Flach, 2003)

Görsel geri besleme, göz ve elin çok uyumlu bir şekilde birbiri ile çalışmasını gerektirir. Bu nedenle bu tarz geri beslemede çok yüksek mertebede konsantrasyon sağlanmalıdır (Haanpa ve Roston, 1997).

Yorgunluk, herhangi bir sebeple dikkatin dağılması, stres, uykusuzluk gibi faktörler konsantrasyonu azalttıklarından kontrol edilen sistemin kararsız çalışmasına veya ciddi kazalara sebep olurlar. Bu tarz kazalar özellikle nükleer sistemlerde hayati öneme sahiptir.

2.3.2 İşitsel Geri Besleme

Bir kontrol çevriminde duyma hissinin kullanılması günlük bir olaydır. Örneğin, bir otomobil kullanıcısı aracının hızını korumak için işitsel ipuçlarını kullanır.

2.3.3 Dokunsal Geri Besleme

Bu tarz geri beslemelerde kullanılan kontrol aygıtı, operatörün uyguladığı kontrol girişinin sonucunu ($e(t)$) deri yüzeyine basınç uygulayarak operatörün hissetmesini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Görsel geri beslemeden farklı olarak bu tarz geri besleme çok yüksek yoğunlukta konsantrasyon gerektirmez.

2.3.4 Dengesel Geri Besleme

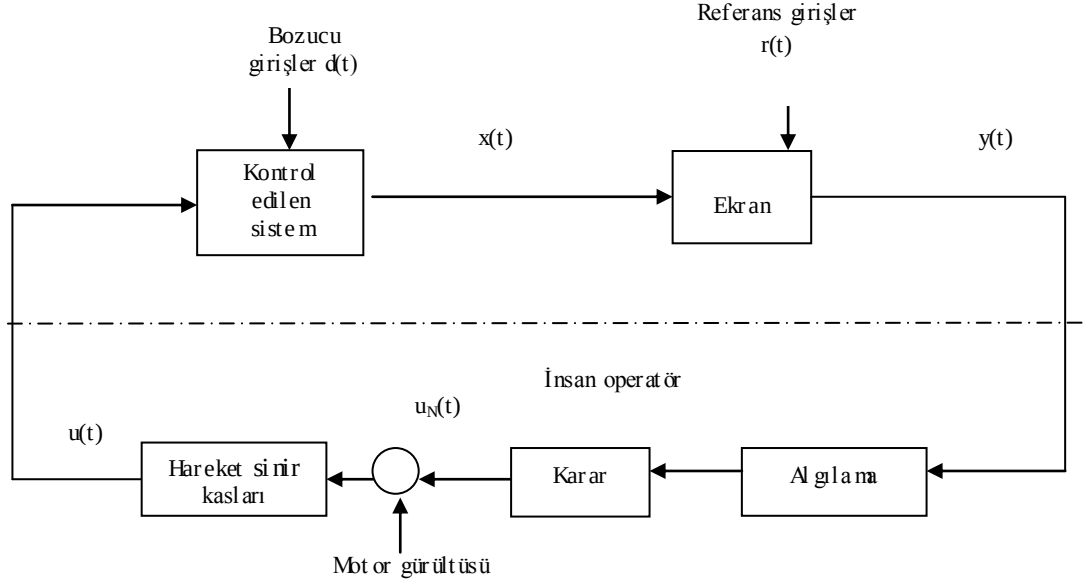
Dönüşsel ivmeyi algılamak için yarı m daire kanallarından ve hareket ivmesini algılamak için kulaktaki denge organlarından meydana gelen dengesel algılama, el ile kontrolde çok yaygın değildir.

2.4 EL İLE KONTROL KAPALI ÇEVRE SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

El ile kontrolde, operatöre sunulan girişin doğasına göre kontrol sistemleri dörde ayrılır.

2.4.1. Hataya Dayalı Kontrol

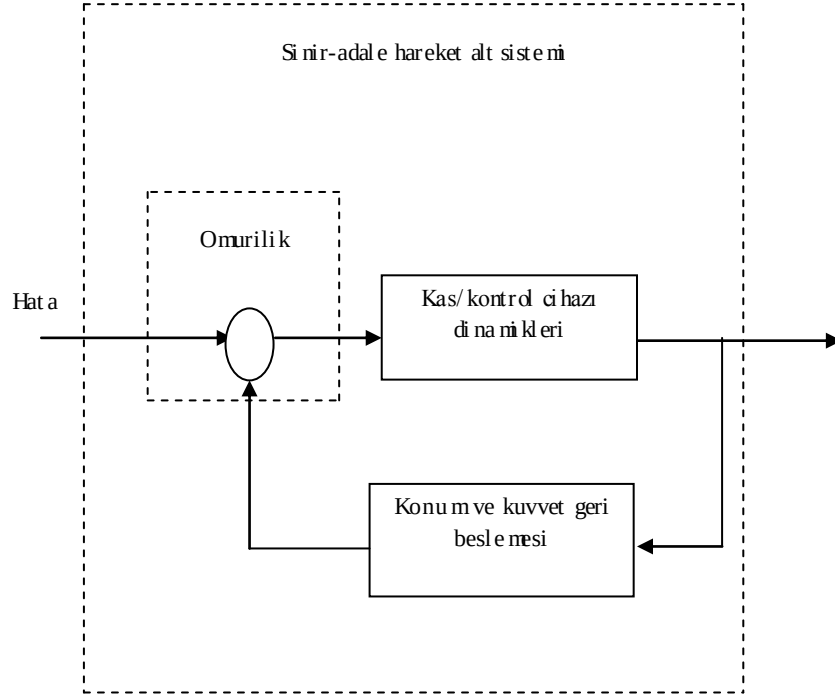
Hataya dayalı kontrol insan makine sistemlerinde en çok karşılaşılan kontrol türüdür. Bu konuda pek çok çalışmalar yapılmış ve bu tür sistemlerde insan operatörüne tarz ayarlanabilir davranışlar sergilediği belirlenmiştir. Bu sayede adaptif kontrolde de yeni ilerlemeler sağlanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemi insan operatörün davranışlarının açıklanmasında ve modellenmesinde kullanılan teorik yaklaşımlara karşılık bize pratik bir yaklaşımda sunar. Şekil 2.3’de hataya dayalı kontrolün şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 2.3 Hataya dayalı kontrolün şematik gösterimi

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi operatör $y(t)$ çıkışına göre hareket eder ve kontrol edilen sistem üzerinde $u(t)$ girişi ile kontrol sağlar. Kontrol edilen sistemin operatörün girişine ve bozucuya cevabı bir ekran üzerinde operatöre gösterilir. Burada bahsedilen görüntüleme, görüntüleme elemanına farklı makinelerden veya çevreden iletilen uyarılar ile, operatöre dokunsal, işitsel ve diğer çeşitlerde gelen bilgileri de içerir (McRuer, 1979).

Ekranı görüntülenen bilgi kendisine gelen operatör, kendi içinde en uygun kararı verdikten sonra bunu kontrol hareketinin yapılması için sinir-adale hareket alt sistemine gönderir. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi sinir-adale hareket alt sistemi; ileri çevrim elemanları olarak kol/bacak kasları ve kontrol için kullanılan aygıtın dinamiklerinden, geri çevrim elemanları olarak da konum ve kuvvet geri beslemesini sağlayan organ gruplarından (göz, deri, v.s.) meydana gelir (McRuer, 1979).



Şekil 2.4 Sınırlı-adaptasyon hareket alt sistemi

Karar verme ve sınırlı-adaptasyon hareketleri ile ilgili özellikler ileride açıklanacak olan yapılan görev değişkenlerine bağlıdır. Operatörün en uygun girişi belirleyecek kararı verebilme özelliği sistemdeki sapmaları azaltmasını sağlayan en önemli özelliktir.

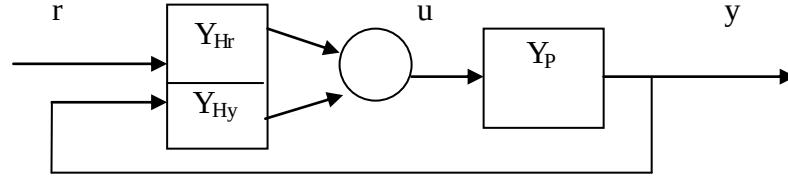
Son aşamada operatör sisteme bir giriş $u(t)$ uygular. Burada operatörün amacı kontrol edilen sistemdeki kişinin, referans girişi mümkün olduğu kadar yakından takip etmesini sağlamak olduğundan, uyguladığı giriş ile bu takibin kalitesini gösteren hatayı azaltmaya çalışır.

Kontrol işleminin gerçekleştirilmesi esnasında operatörün yaptığı gözlemleme, uygun olabilecek girişleri tanıma ve motor gürültüsü (çevreden, ekrandan veya kontrol aygıtından kaynaklanan bozucular) operatörün cevabında gecikmelere sebep olan istenmeyen bileşenlerdir. Bu istenmeyen bileşenlerin sisteme etkisi yapılan görev değişkenlerine ve görüntünün kalitesine bağlıdır.

2.4.2 Kovalanmalı Kontrol

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi sistemdeki ve referans girişinin operatöre ayrı ayrı görüntülendiği ve operatöre, girişi (Y_H) ve çıkışı (Y_{Hy}) ayrı ayrı inceleme fırsatı

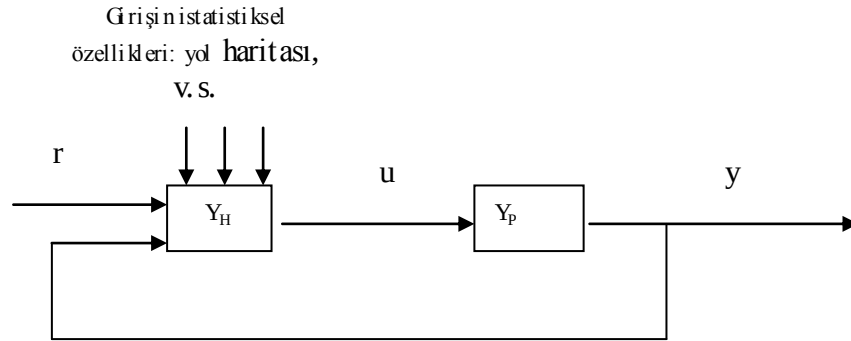
veren sistemlerdir. Kovalanmalı kontrol hataya dayalı kontrol ile beraber kontrole katıldığında daha ileri seviyede bir kontrol sağlanır (Sheridan ve Ferrel, 1974).



Şekil 2.5 Kovalanmalı kontrolün şematik gösterimi

2.4.3 Ön Bilgiye Dayalı Kontrol

Şekil 2.6'da anlatılan bu sistemde operatör, girişi direk görmek yerine giriş hakkında daha önceki deneyimlerine dayanan istatistiksel bilgiye sahiptir (Sheridan ve Ferrel, 1974). Örnek olarak araç kullanan sürücünün elinde bir yol haritasının olması ve daha önce geçtiği yerlerde neyin meydana geldiğini bilerek davranması verilebilir. Bu tarz sistemlerde operatör hatayı azaltmaya ya da sistemin cevabını hızlandırmaya çalışırken sistem performansını bozucu aşırı girişler de sisteme uygulayabilir.



Şekil 2.6 Ön bilgiye dayalı kontrol

2.5 EL İLE KONTROLDE PERFORMANSI NİN İNCELENMESİ

2.5.1. Operatör Performansı nı Etkileyen Değişkenler

İnsan-makine etkileşiminde, insanın kontrol organı olarak performansı pek çok sayıda değişkene bağlıdır. Bu değişkenler şu şekilde incelenebilir (Sheridan ve Ferrel, 1974).

Görev Değişkenleri:

- Referans giriş sinyalleri
- Bozucu giriş sinyalleri
- Kontrol edilen dinamik sistem
- Operatöre gösterilen bilgilerin ne olduğu ve operatöre nasıl gösterildiği
- Operatörün kontrolü sağlamak için kullandığı kontrol cihazı

Çevresel Değişkenler:

- Titreşim gürültü
- Sıcaklık
- Çevre aydınlatması
- Kısımlı oksijen basıncı

Operatör merkezli değişkenler:

- Öğrenme
- Motivasyon
- Beceri
- Yorgunluk

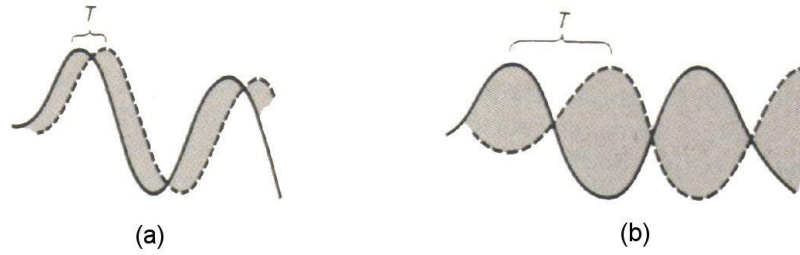
İşlemsel değişkenler:

- Verilen görevi içeren talimatlar
- Sorunların sunum sırası
- Deneysel dizaynın veya ölçüm prosedürünün diğer özellikleri

2.5.2 Performansı Etkileyen İnsan Kaynaklı Sınırlamalar

2.5.2.1. Bilgi İşlem Zamanı

Sistem çalkışında meydana gelen değişimleri operatör hemen takip edemez. Çalkışın beyin tarafından algılanması, düzeltici girişin seçilmesi ve bunun kaslara iletilmesi zaman alır. Zaman gecikmesinin büyüklüğü sistem mertebesine oldukça bağlıdır. Sistem mertebesi arttıkça operatör tarafından daha kararsız kararların verilmesi gerekir. Bilgi işlem zamanı sıfıncı ve birinci mertebe sistemlerde 150-300 ms civarındadır. İkinci mertebe sistemlerde ise zaman gecikmesi 400-500 ms civarındadır. Özellikle periyodik ve rasgele girişler izlendiğinde zaman gecikmeleri, sistemi kararsızlığa götürecek salınımlı davranışa sebep olurlar (Sanders ve Ferrel, 1974; Wickens, 1972). Zaman gecikmesinden oluşan hata Şekil 2.7'de koyu taralı kısımlarla gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Gecikmeden kaynaklanan hata; (a) küçük hata (b) büyük hata

2.5.2.2. Bant Genişliği

Bant genişliği; rasgele bozucuların insan tarafından kolaylıkla izlenebilecek maksimum frekansını ifade eder. Elkind ve Sprague (1961) tarafından yapılan araştırmada bu bant genişliğinin belirsizliğin var olduğu durumlarda normal olarak 0.5 Hz ve 1 Hz arasında olduğu belirlenmiştir.

Bunun yanı sıra operatör, hakkında bir ön görüşü sahibi olduğu sistemlerde bant genişliği 2 Hz-3 Hz'e kadar olan tahmin edilebilir sinyalleri izlemekte bir zorluk yaşamaz.

2.5.2.3 Öngörü

Genelde operatörler, uçak ve gemilerde olduğu gibi zaman gecikmesi olan veya girişe ağır cevap veren sistemleri kontrol ederler. Böyle durumlarda operatörün o anki ortam koşullarını göz önüne alarak gelecekteki hatayı tahmin etmesi ve bu hatayı azaltacak şekilde bir giriş sistemi uygulaması gerekir. Ancak özellikle ikinci ve daha yüksek mertebeden sistemlerde operatörün hatayı tahmin edebilmesi için hız ve ivme gibi daha yüksek türevlerdeki değişimleri de tahmin etmesi gerekir. İnsanlar pozisyonadaki değişimleri hızdaki değişimlerden daha kolay tahmin ederler. En zor da ivmedeki değişimleri tahmin etmektir. Bu tahminlerin yetersizliği yüzünden özellikle ağır cevap veren sistemler için bu hatayı tahmin etmek insan operatör için çok zordur.

2.5.2.4 Uygunluk

Uygunluk; uyarı ve cevap arasındaki ilişkinin insan beklentilerine uyumunu ifade eder. Bir yol haritasında hava alanının varlığını herhangi bir şekil yerine bir uçak şekliyle göstermek kavramsal uygunluğu; bilgisayar kullanırken fareninileri doğru hareket ettirilmesi ile imlecin yukarı doğru hareket etmesi (insan beklentilerine uygun olarak) hareketset uygunluğu; yan yana sıralı üç görüntünün altında gene yana yana sıralı şekilde onları kontrol eden düğmelerin bulunması şekilsel uygunluğu ifade eder (Sanders ve Ferrel, 1974).

Uyarı-cevap ilişkisinin insan beklentilerine uygun olması daha hızlı öğrenmeyi, cevap zamanının daha hızlı olmasını, hatanın ve zihinsel yükün azalmasını sağlar.

Pozisyon kontrol (sıfırıncı mertebe) sistemlerdeki giriş-çıkış arasındaki uzaysal ilişki insan beklentilerine uygundur. Bu yüzden bilgi işleme zamanı oldukça kısadır. Bunun yanında hız kontrol sistemlerinde giriş-çıkış arasındaki uzaysal ilişki oldukça karışıktır ve insan beklentilerine daha az uygundur. Bu sebeple bilgi işlem zamanı da daha fazladır. Görüldüğü gibi sistemin mertebesi arttıkça uygunluğu azalır ve operatörün bilgi işlem zamanı artar (Sanders ve Ferrel, 1974).

2.5.2.5. Hata

İnsan-makine etkileşiminde insan hataları çok farklı şekillerde olmaktadır. Temel olarak bu hatalar; üzerinde çalışılan sistemin yanlış anlaşılması nedeniyle yanlış giriş uygulanmasından kaynaklanan hatalar, sistem ve giriş doğru algılandığı halde çeşitli sebeplerden (dalgınlık v.s) yanlış giriş uygulanması, her şey doğru olduğu halde girişin uygulanmaması (odaya hızla giren birinin dikkatinin dağılması ile ne yapacağını unutması) ve son olarak da başka bir durumu için çok geçerli olan bir girişin içeriği tam anlaşılmayan başka bir duruma uygulanması şeklindedir (Wickens, 1992).

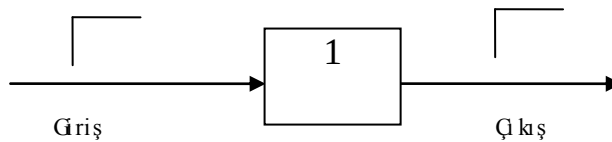
2.5.3. Sistem Dinamiklerinin Performansa Etkisi

2.5.3.1. Kontrol Edilen Sistemin Mertebe

Kontrol edilen sistemin mertebesi, kontrol cihazının hareketi ile kontrol edilen sistem arasındaki dinamik ilişkiyi ifade eder. Diğer bir deyişle; insanın kontrol hareketi ile, kontrol edilen sistemdeki integrasyonların sayısını belirler.

Fareyi kullanarak klavye menü üzerinde bir ikon veya yazı üzerinde ki bir kelimeye götürmek pozisyonlamaya örnek olarak verilebilir. Burada klavye, kontrol edilen sistemin cevabını gösterir ve kontrol girişi operatör tarafından fare kullanılarak sisteme uygulanır. Bu durumda, kontrol mertebesi farenin hareketi ile klavyenin hareketi arasındaki integrasyonları ifade eder.

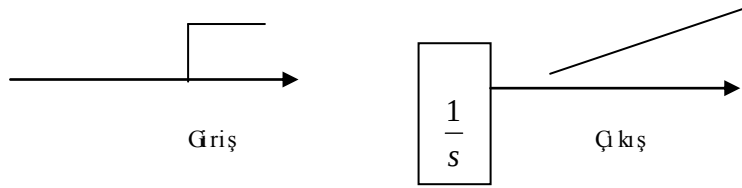
Sıfırıncı mertebe sistemler; kontrol girişi ve çıkışı arasında integrasyon bulunmayan Şekil 2.8’de görülen, pozisyon kontrol sistemleridir (Jagacinski ve Hach, 2003).



Şekil 2.8 Kazancı bir eşt olan sıfırıncı mertebe sistem

Bu tür sistemlerde farenin hareketi ile imlecinin hareketi arasında orantısal bir ilişki vardır. Fare hareket ettiği zaman imlec de hareket eder, fare durduğu zaman imlec de durur. Kazanç yüksek olduğu zaman, farenin az hareket etmesine karşılık imlec daha fazla hareket eder. Kazanç düşük olduğunda da bunun tam tersi olur.

Birinci nertebe sistemler; Şekil 2.9'da görüldüğü gibi kontrol girişi ile çıkışı arasında tek integrasyonun olduğu sistemlerdir (Jagacinski ve Flach, 2003).

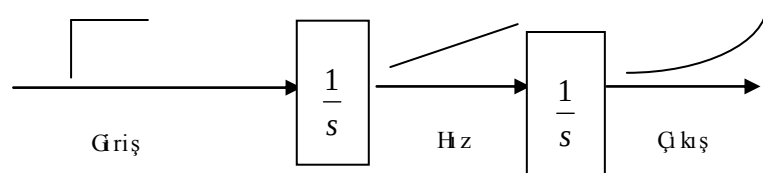


Şekil 2.9 Birinci nertebe sistem

Bu sistemlerde kontrol yer değiştirme hızı ile hedefe yaklaşma hızı arasında orantısal bir ilişki vardır. Yer değiştirme az olursa hız da yavaş olur veya yer değiştirme çok olursa hız da artar. Hız ile yer değiştirme arasında ki tam oran sistemin kazancı tarafından belirlenir. Hız kontrol en iyi yay-merkezli kontrol çubukları ile sağlanır.

Otomobillerdeki gaz pedalı, otomobilin hızını kontrol ettiği için birinci nertebe kontrol cihazıdır. Gaz pedalına basma miktarı aracın hızını belirler. Fakat pedala basılmasıyla hızın pedal tarafından kontrol edilmesi arasında bir zaman gecikmesi vardır.

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi sistem girişi ve çıkışı arasında çift integrasyon bulunan sistemler ivme kontrol sistemleri olarak adlandırılırlar (Jagacinski ve Flach, 2003).



Şekil 2.10 İkinci nertebe sistem

İkinci nertebe sistemlerin kontrol üsüfıncı ve birinci nertebe sistemlere göre daha zordur çünkü daha önce de söylendiği gibi bu sistemlerde doğru girişı uygulayabilmek için gelecekteki sistemçıkışı hakkında öngörü sahibi olmak gerekir. Ayrıca McRuer ve Jex (1967)'in gözlemledikleri gibi operatörün zaman gecikmesi de ikinci nertebe sistemlerde daha da artar. İkinci nertebe sistemleri kontrol etmede kullanılan stratejilerden biri; operatörün, daha yüksek-hata türevlerini (hız ivme gibi) sürekli olarak sezməsi ve bunlara uygun bir giriş uygulamasıdır. Bu da aynı şartlar altında operatörün deneyi m kazanması ile sağlanabilir.

2.5.3.2 Kazanç

Kazançları orta seviyede olan sistemler izlenmesi en kolay sistemlerdir. Kazanç yüksek olduğu zaman çok az bir kontrol uygulayarak büyük miktarda düzeltmeler sağlanabilir. Örneğin spor arabalarda bir virajı dönmek için direksiyonu çok hafif döndürmek yeterlidir. Yüksek kazanç kontrol için harcanan çabayı azalttığı için sürekli düzeltme gereken rasgele bozucular için vazgeçilmezdir. Fakat öte yandan, çok yüksek kazanç özellikle gecikmenin olduğu sistemlerde aşırı düzeltmelere, salınımara ve kararsızlığa sebep olur. Düşük kazançlarda ise uygulanan çok miktarda girişe karşılık çok az bir çıkış elde edilir (Sanders ve McCormic, 1993; Wickens, 1992; Jagacinski ve Flach, 2003).

2.5.3.3 Zaman Gecikmesi

Kontrol sistemi kaynaklı gecikmeler ileti m gecikmesi, üstel ve sigmoid gecikmeler olmak üzere üç çeşittir.

Yalnız ileti m gecikmesi izleme performansına her zaman zarar verir ve özellikle bu gecikme arttıkça izleme performansı da düşer. Eğer operatör tarafından sisteme uygulanan kontrol girişı sistem tarafından uzun bir süre algılanmazsa o zaman kontrolörün hatanın gelecekteki değerini tahmin edip ona göre bir giriş uygulaması gerekir. Daha önce de belirtildiği gibi bu tahmin de operatör tarafından sağlıklı yapılmaz.

Üstel gecikmelerin etkileri daha zararsızdır. Üstel gecikme içeren sıfırıncı mertebe bir sisteme yüksek-frekanslı düzeltmeler uygulandığında sistem birinci mertebe sistem gibi davranır.

2.5.4 Görüntünün Sistem Performansı na Etkisi

2.5.4.1 Ön Görüntü

Bazı izleme durunlarında operatör, izleme hakkında bir ön görüntüye sahip olur. Örnek olarak virajlı bir yolda yolun önceden görülebilmesi verilebilir. Çok sisli bir havada operatör böyle bir görüntüye sahip değildir. Ön görüntünün ana avantajı operatöre cevap zamanını (gecikmeyi) azaltma imkanı verir. Ön görüntüdeki öngörü süresi de performans için önemlidir. Zaman gecikmelerinin fazla olduğu yüksek kontrol mertebeli süper tankerlerde gemi kaptanı, bir kanalda seyir halindeyken geminin kanalda izleyeceği yolu gemi kanala girmeden mesafelerce (veya daki kalarca) önceden gözlemler (Wickens, 1992). Çünkü gidilecek yola göre gemiye uygulanan giriş daki kalarca sonra geminin rotasının değişmesini sağlar. Uçaklarda ise uçuş yolunun ön görüntüsünün uçak o yola girmeden saniyeler önce pilot tarafından algılanması yeterlidir.

2.5.4.2 Görüntünün Çeşidi

Hatayı gösteren görüntü ve kovalanmalı görüntü arasında bir seçmişansı olduğunda, Poulton (1974) de yaptığı çalışmalar sonucu kovalanmalı görüntünün daha tercih edilebilir olduğuna karar vermiştir.

Kovalanmalı görüntünün daha tercih edilir olmasının bir nedeni; hedefin ve kontrol edilen elemanın hareketlerinin hata üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı görülebilmesidir. Bu da operatörün, hedefin izleyeceği yolu daha kolay tahmin etmesini ve yaptığı kontrol hareketlerinin kontrol edilen sistemin cevabına etkisini öğrenmesini sağlar.

Kovalanmalı görüntünün diğer bir özelliği ise hareketssel uygunluğun hataya dayalı görüntüden daha fazla olmasıdır.

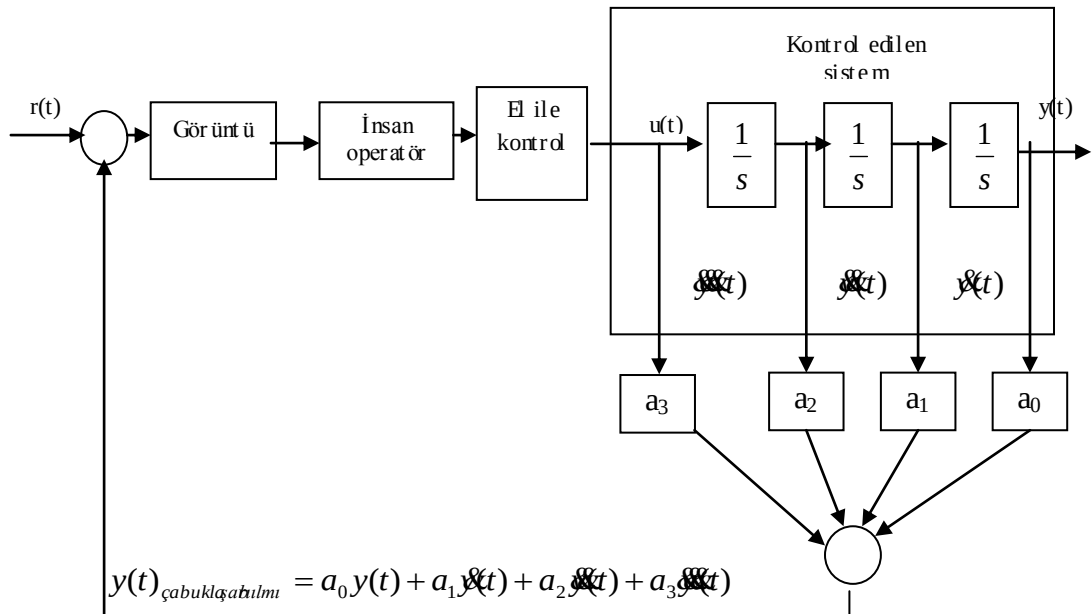
Eğer hedef birdenbire sola doğru hareket ederse, kovalamalı görüntü de sola doğru bir hareket gösterir ki bu da insan beklentisine uygun bir davranıştır. Hatayı gösteren görüntü de ise, insanın herhangi bir yöne hareketi hatayı ifade eder ve bunu yok etmek için ters yönde bir hareket uygulamak gerekir. Yani hareketssel uygunluk sağlanamaz.

2.6 İZLEME PERFORMANSINI ARTTIRMANIN YOLLARI

2.6.1. Hızlandırılmış Görüntü

Lineer kontrol sistemleri teorisinin gösterdiği gibi ikinci veya daha yüksek mertebeden sönümsüz sistemleri daha kararlı hale getirebilmek için kontrolör ileri çevrim sistemi hızlandırıcı terimler eklenelidir, yani diğer bir deyişle; kapalı çevrimi kararlı hale getirebilmek için kontrolör hatanın türevleri üzerinde çalışmalıdır. Kontrol edilen sistemi kararlı hale getirebilmek için eklenen sistemi hızlandırıcı terimler veya türev operasyonları, geri besleme veya ileri yol çevrimlerinde veya ikisinde birden olmalıdır.

Bu gerçekten yararlanarak Birnigham ve Taylor (1954) de ikinci ve daha yüksek mertebe sistemleri kontroldeki zorluğu azaltmak için bir elle kontrol çevrimine, Şekil 2.11’de görüldüğü gibi insandan bağımsız sönümleyici kontrol eklenmiştir.



Şekil 2.11 Görüntüyü hızlandırma

Şekilde görülen ve bir geminin veya denizaltının simülasyonu için oluşturulmuş formülde $y(t)$ =doğrusal pozisyon (yanal veya derinlik); $\dot{y}(t)$ =geminin açısal sunumu; $\ddot{y}(t)$ =dümenin açısal sunumu; $\ddot{y}(t)$ =dümenegiden kontrol sinyalinin temsil etmektedir.

Görüntüyü hızlandırma metodunda hata şu şekilde ifade edilir:

$$e'(t) = r(t) - \sum_{i=1}^N a_i \frac{d^i y(t)}{dt^i} - a_0 y(t) \quad (2.1)$$

Denklemden görülen katsayıların değerleri kontrol edilen sisteme bağlıdır. Bunun yanında bu katsayılar büyük oranda girişe de bağlıdır. Girişin sistemin asimptotik kararlılığı üzerinde bir etkisi olmasına rağmen, ani uygulanan bir girişin geçici rejim cevabı çevrenin doğal köklerine bağlıdır. Görüntü değişkenleri adını verdiğimiz bu a_i katsayılarının değerleri deneyler yardımıyla bulunabilir. Tezinde deneysel bölümünde birinci ve ikinci mertebe sistemler için görüntü değişkenleri incelenecektir.

Genel olarak hızlandırma; bir sistemin gelecekteki pozisyonunun, sistemin o anki pozisyonu, hızı, ivmesi ve v.s. ne dayanarak tahmin edilmesi dir. Türevlerin sayısı sistemin mertebesine bağlıdır.

Bu metod ile operatör, kontrol hareketlerinin gelecekteki sonuçlarını hemen öğrenir. Hızlandırılmış görüntünün tek dezavantajı sistemin o anlık hatasını göstermesi dir.

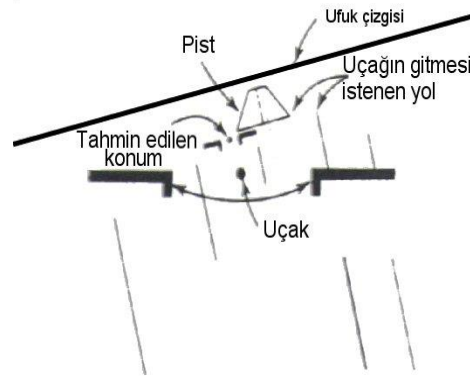
2.6.2 Öngörü

Yüksek mertebe bir sistemin gelecekteki konumunun en iyi şekilde tahmin edilebilmesi sistemin o anki pozisyonu ve sistemin yüksek mertebe türevlerinin kombinasyonu ile sağlanabilir. Bu tarz bir öngörünün operatör tarafından yapılabilmesi hem zor hem de operatörün yükünü artıran bir iş tir. Operatörün yükünü azaltmak amacıyla ile bir bilgisayarın, hata veya hatanın türevlerini tahmin ettiği ve öngörülen gelecekteki pozisyonun semboller ile gösterildiği ekranlar geliştirilmiştir.

Bunlar öngörüye dayalı ekranlar olarak adlandırılırlar. Bu öngörüler sistem türevlerinin direk veya dolaylı ölçümlerine dayanarak yapılabilirdiği gibi sistemin hız zaman modeli vasıtasıyla hesaplanmalı olarak da yapılabilir. Öngörüye dayalı görüntü, operatöre aracın o anki durumuyla birlikte aracın gelecekte öngörülen durumunu göstererek operatöre, öngörülen çıkış ile istenilen çıkış arasındaki farkı azaltma imkânı verir.

Her öngörüye dayalı ekran, türev bilgilerine ilave olarak oluşturulan modele operatörün uygulayacağı gelecekteki girişler ve bozucular hakkında da bazı varsayımlar yapmalıdır. Bu varsayımların doğası ekrandan ekrana değişebilir ve ekranın doğruluğunu ve buna bağlı olarak verimliliğini belirler. Ayrıca herhangi bir öngörünün doğruluğu yakın gelecek için yüksek iken uzak bir gelecek için düşüktür. Öngörünün daha uzak gelecek için geçerli olabilmesi sistemin yavaşlığına, kontrolün veya bozucu girişlerin frekansına bağlıdır. Eğer sistemler oldukça yavaş cevap veren türden ve bozucu girişler düşük frekansta ise yapılan öngörü gelecekte uzun bir süre için doğru olacaktır. Örneğin, bir süper tanker için yapılan öngörü, türbülans içersinde hareket eden bir uçak için yapılan öngörüye göre daha uzun süreli bir zaman dilimi için geçerlidir (Sanders ve McCormic, 1993; Wickens, 1992; Jagacinski ve Flach, 2003).

Hızlandırılmış görüntüde öngörüler yalnızca o anki ulaşılabilir türevlere dayanarak yapılır. Şekil 2.12’de bir uçakda kullanılan öngörüye dayalı ekranlardan biri görülmektedir (Sanders ve McCormic, 1993).



Şekil 2.12 Uçaklarda görülen, uçağın alçalması esnasındaki anlık ve 8sn sonraki konumunu gösteren gelenekleşmiş bir öngörü göstergesi

Bunun yanında operatöre gösterilen bilgi açısından da hızlandırılmış ve öngörüye dayalı ekranlar arasında farklar vardır. Hızlandırılmış görüntüde yalnızca öngörülen pozisyon ekranda gösterilir. Öngörüye dayalı görüntüde ise, diğer bilgiler ile ilgili öngörüler de ekranda gösterilir. Örneğin hava trafik kontrol için kullanılan ekranlarda uçak bir vektörle gösterilir. Vektörün temeli; uçağın o andaki pozisyonunu, vektörün başı; uçağın yüksek mertebe türevler ile pozisyonun kombinasyonundan öngörü edilen gelecekteki pozisyonunu ve vektörün uzunluğu da daha yüksek türev girişlerinin katkısını yansıtır (Sanders ve McCormic, 1993).

2.6.3 Destekleme

Destekleme; operatörün hareketli bir objeyi bazı araçlar kullanarak izlediği durumlarda kontrolü kolaylaştırmak için geliştirilmiştir. Bu yöntem kontrol çıkışını değiştirerek operatöre yardımcı olur. Hız destekleme metodunda kontroldeki tek bir değişimi zilyici sistemin hem pozisyon hem de oran (hız) bileşenlerini etkiler. Hız destekleme sistemi kullanarak çok güçlü bir teleskopun yüksekten uçan bir uçağa tam olarak yönlendirilmiş bir şekilde tutulmaya çalışıldığını farz edelim. Operatör, teleskop ile takipte uçağın gerisinde kaldığı zaman uçağı yakalayabilmek için otomatik olarak uygulanan kontrol hareketi hızı arttırmaktır. Tabi bu durumda teleskopun pozisyonu da değişir. Benzer olarak teleskop uçağı önden izlediğinde, bir düzeltici hareket otomatik olarak teleskopun hızını hemen azaltır. Hız destekleme, hedef hızıyla hedefi takip eden aygıtın hızının hızlı bir şekilde uyumunu sağlayarak izleme performansını artırır.

2.7. KONTROL AYGITLARI

Sistemleri dizayn ederken düşünülmesi gereken önemli konulardan biri de kullanılması gereken aygıtın çeşidi dir. Günümüzde çok sayıda (fare, kuvvet-çubuk, tablet, ışık kalemi, izleme topu, tuşlar, vs.) aygıt kullanmak mümkündür. Yapılan iş için hangi aygıtın en iyi olduğu ve aygıtın hangi özelliklerinin aygıt ve kontrol edilen sistem uygunluğuna katkıda bulunduğunun belirlenmesi önemlidir.

Fiziksel sınırlamalar açısından kontrol aygıtlarını incelersek, elin, düşey yerleştirilmiş görüntüye dokunması esasına dayanarak kullanılan ışık kalemleri ve dokunmatik paneller uzun kullanımlarda kol desteklenmediği için yorucu olurlar. Ayrıca operatörün görsel ekrana mümkün olduğunca yakın olmak zorunda olması da diğer bir dezavantajdır. Kontrol aygıtlarının yatay düzlemde kullanılması durumunda (fare kullanımda olduğu gibi) ise aygıtın kullanılacağı geniş ve düz bir alana ihtiyaç vardır.

Sistem mertebesine göre kontrol aygıtları incelenir ise, kontrol aygıtı seçimi için önemli özelliğinsıfır pozisyonu olduğu görülür. Bu pozisyon önemlidir çünkü çıkışın hedef üzerinde durması için çubuk bu pozisyonda olmalıdır. Hız kontrol sisteminde, kontrol sıfır pozisyonu hariç herhangi bir yerde durdurulduğunda çıkış, sıfır pozisyonundan olan mesafeyle orantılı bir hızda hareket etmeye devam eder. Sıfırıncı mertebe sistemler için kontrol aygıtı durduğunda çıkış da durduğundan bu problem değildir. Bu sebeple dokunmatik panel, ışık kalem, fare ve izleme topu gibi aygıtlar sıfırıncı mertebe sistemler içini dealdır. Birinci ve daha yüksek mertebeden sistemler için sıfır pozisyonu iyi tanımlanmış aygıtlar (yay merkezli kontrol çubukları, kuvvet algılamalı çubuk gibi) daha yararlıdır.

Performans açısından incelendiğinde ise, çok çeşitli işlere göre kontrol aygıtlarının performanslarının değiştiği gözlemlenmiştir. Epps (1987) de çok çeşitli işlerde kullandığı farklı kontrol aygıtlarını karşılaştırmış, sonuç olarak da fare ve izleme topunun performanslarının daha iyi olduğunu gözlemiştir. Ayrıca, Shneiderman (1987) da dokunmatik paneller ve ışık kalemlerinin, diğer aygıtlardan daha hızlı fakat daha az doğru bir performans sergilediğine dikkat çekmiştir.

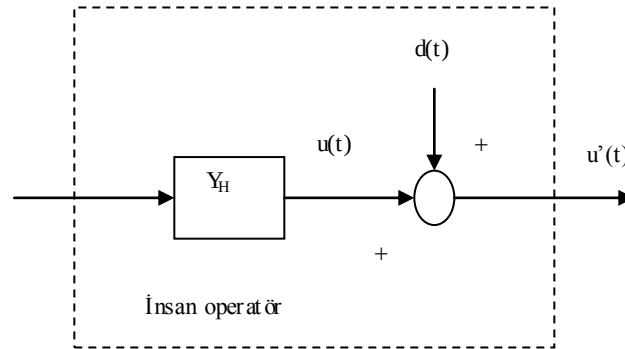
Card ve diğ (1978) de farenin performansı, klavyedeki hareket tuşları (yukarı, aşağı, sağa ve sola) ve paragrafları, çizgileri ve kelimeleri gösteren sembolik tuşlarla karşılaştırmışlardır. Bunun sonucunda farenin en iyi performansı sergilediği ortaya çıkmıştır.

2.8 FREKANS CEVABI: İNSAN OPERATÖRÜN MODELLENMESİ

İnsan-makine sistemlerinde insan operatör için bir transfer fonksiyonu oluşturulabilmesi insan-makine sisteminin performansının tahmin edilebilmesini daha kolay bir hale getirir. Ancak insan operatör genelde lineer olmayan davranışlar gösterir.

2.8.1. Yaklaşık Lineerlik

İnsan operatör lineer olmayan davranışlar sergilemesine rağmen, lineer analizler insan performansı hakkında önemli bilgiler sağlayabilirler ve lineer modeller ise bazı durumlar için kabul edilebilir tahminler yapılmasına olanak verirler. Bu sebeplerden 1940'lı yıllardan beri insanın yaklaşık bir lineer modelini oluşturabilmek için büyük çaba sarf edilmiştir. Yaklaşık bir lineer model; insan operatörün yapısında bulunan ve lineer olarak açıklanmaya bozucular ile birlikte genel olarak sabit katsayılı lineer bir transfer fonksiyonu ile tanımlanmasıdır. Şekil 2.13'de insan operatörün yaklaşık-lineer modeli görülmektedir (Sanders ve McCormic, 1993; Jagacinski ve Flach, 2003; McRuer, 1979).



Şekil 2.13 İnsan operatörün yaklaşık-lineer modeli

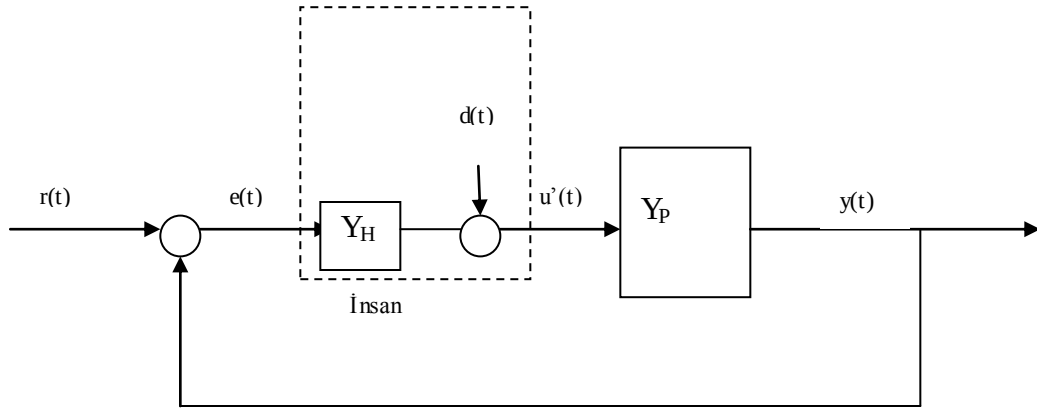
Yukarıda görülen şekilde; Y_H operatörün lineer transfer fonksiyonu; $u(t)$ lineer cevap; $d(t)$ kendiliğinden olan bozucular; $u'(t)$ yaklaşık-lineer cevap olarak gösterilmiştir. Varolan bozucunun herhangi bir girişten bağımsız olduğu farz edilir.

2.8.2 Cross-Over Model

İnsan operatör için geliştirilen en başarılı model Mürver ve Krendel (1959); Mürver ve Jex (1967) tarafından geliştirilen cross-over modeldir. Bu modelin diğer çalışmalarından daha başarılı olmasının nedeni Mürver ve Jex'in hata ve operatör kontrol girişi ($u(t)$) arasındaki değişmez ilişkiyi incelemekten çok, hata ve sistem cevabı arasındaki ilişkiyi (açık çevrim transfer fonksiyonunu) incelemelerinden kaynaklanmıştır. Bu sayede model, operatörün tanımlayıcı fonksiyonunun esnek olmasına ve daha iyi performans yakalayabilmesi için sistem transfer fonksiyonuna bağlı olarak değişmesi ne olanak sağlar (Wickens, 1992).

İyi kontrol için düşük bir hataya ve yüksek derecede kararlı bir sisteme ihtiyaç vardır. Bu kriteri sağlayabilmek için cross-over modele göre sistem açık çevrim transfer fonksiyonu, denklem (2.2) de olduğu gibi içinde kazanç ve zaman gecikmesi bulunan birinci mertebe sistemdir ve Şekil 2.14'de olduğu gibi insan operatör bu transfer fonksiyonunu sağlayacak şekilde sisteme giriş uygular (Jagacinski ve Flach, 2003).

$$Y_H(j\omega)Y_P(j\omega) = \frac{Ke^{-\tau j\omega}}{j\omega} \quad (2.2)$$



Şekil 2.14 Tipik bir hataya dayalı izleme işi

İlk olarak, Şekil 2.14’deki sistem transfer fonksiyonu basit bir kazanç sıfırıncı mertebe sistemi olarak kabul edilir ise, insan operatörün bulunduğu sıfırıncı mertebe sistemin frekans cevabındaki genlik oranı grafiğinde yüksek frekanslarda 20db/decade’lik ve alçak frekanslarda daha düz olarak görülen eğimi integrasyonun özelliğidir. Frekans ile beraber artan faz gecikmesi de zaman gecikmesinin özelliğidir.

Sonuç olarak insan operatörün transfer fonksiyonunun kazanç, zaman gecikmesi ve bir integratörden meydana geldiği söylenebilir.

$$Y_H(j\omega) = \frac{Ke^{-\tau j\omega}}{j\omega} \quad (2.3)$$

Bu formülde K kontrol sisteminin bant genişliğini etkileyen kazanç, τ ise, insanın reaksiyon zamanını yansıtan zaman gecikmesidir (Jagacinski ve Flach, 2003). Zaman gecikmesini süresiyle ilgili bilgi daha önce verilmiştir. Bu formüldeki integratör ($1/j\omega$) ise insan operatörün alçak-geçirgen karakterini gösterir. İnsan, hatanın düşük frekanslı bileşenlerine yanıt verir, yüksek frekans bileşenlerini yanıtlamaz.

İkinci olarak, insan operatörün birinci mertebe bir sistemi ($Y_p = K/j\omega$) kontrol ettiğini düşünelim. Bu durumda insan kontrolör, basit kazanç ve zaman gecikmesi gibi davranır. İntegral özelliği görünmez.

Son olarak, performans ikinci mertebeden bir sistemle ölçüldüğünde [$Y_p = K/(j\omega)^2$] insan operatör davranışında yeniden değişme gözlenir. İnsan, frekans ile beraber artan kazanç özelliği ve ayrıca bazı frekanslarda pozitif faz cevabı gösterir. Bunlar da türev etkinin karakteristiğidir. Operatörün tahayüci fonksiyonu kazanç, zaman gecikmesi ve türev içerir.

Bu verilen örnekler, sistem dinamikleri değiştiğinde değişen operatörün adapte olabilen doğasını gösterir.

Cross-over frekansında (w_c), $w = w_c$, toplam sistemin net kazancı 1'dir. Bu yüzden açık-çevri mtransfer fonksiyonundaki kazanç w_c ye eşit olur ve genel olarak bilinen cross over model formülü aşağıdaki gibi yazılır (Jagacinski ve Flach, 2003; M Ruer, 1972).

$$Y_H(jw)Y_P(jw) = \frac{w_c e^{-\eta jw}}{jw} \quad (2.4)$$

Buradaki kazanç, w_c , kontrol sisteminin bant genişliğini etkiler. İntegral özellik ise faz farkı -180° ye doğru gitmeden önce genlikler oranının 0 db den az olmasını garanti eder. Bu da pozitif kazanç payı demektir. Böylece, insanın transfer fonksiyonu sistemin dinamiklerine göre değişirken, tüm sistemin açık çevri mtransfer fonksiyonu değişmez.

Bu denklemde m faydalananarak insan operatörün yaklaşık-lineer modeli şu şekilde yazılabilir:

$$U(jw) = Y_H(jw)E(jw) + \text{Bozucular} \quad (2.5)$$

$$Y_H(jw) = \frac{w_c e^{-\eta jw}}{(jw)Y_P(jw)} \quad (2.6)$$

$$Y_H(jw) = \left[\frac{e^{-\eta jw}}{T_N jw + 1} \right] \left[\frac{K(T_L jw + 1)}{T_I jw + 1} \right] \quad (2.7)$$

Formül (2.7)'deki ilk parantez, insan operatörün yapısından kaynaklanan sınırlamaları gösterir (Jagacinski ve Flach, 2003; M Ruer, 1972). Pay, operatörün bilgi işleme süresini (reaksiyon zamanını) gösteren zaman gecikmesidir. Bu da görsel ekrandan gözler vasıtasıyla algılanan hatanın, operatör tarafından işlenip, dönüştürülerek kontrol çubuğu üzerindeki ele iletilmesi için geçen zamana eşittir. Payda ise kasların harekete geçmesi için gereken süreden kaynaklanan gecikmeyi gösterir. Bu gecikme için zaman sabiti oldukça düşüktür ($<0.2s$).

Kasların harekete geçmesi için geçen süre kontrol sistemi dinamiklerinden bağımsızdır. Buna karşılık insanın kontrol çubuğunu daha sıkı kavrayarak bu gecikmeyi azalttığına dair bazı kanıtlar vardır (McRuer, Magdalenq ve Moore, 1968).

İkinci parantezin içindeki parametreler ise sistem dinamiklerine bağlı olarak değişik değerler alırlar.

Daha önce de bahsedildiği gibi sistem dinamiklerinin yanında çevresel değişkenler, operatör merkezli değişkenler ve görev değişkenleri de bu modeldeki açık çevrim kazancını, zaman gecikmesini ve bozucuları değiştirebilirler. W ve τ daki değişimler, görev değişkenleri, çevresel değişkenler ve operatör merkezli değişkenlerdeki değişimlerin göstergesidir. Örneğin belirli bir konu için operatör merkezli değişkenlerden olan eğitimin etkisi, görev ve çevresel değişkenler sabit tutulursa w frekansının deneşe sayısı arttıkça artması olarak gözlenir. Operatörün alkollü olması durumunda ise operatörün kazancı azalıp ve bozucuların artacağı ise Allen ve diğ (1975) tarafından gösterilmiştir.

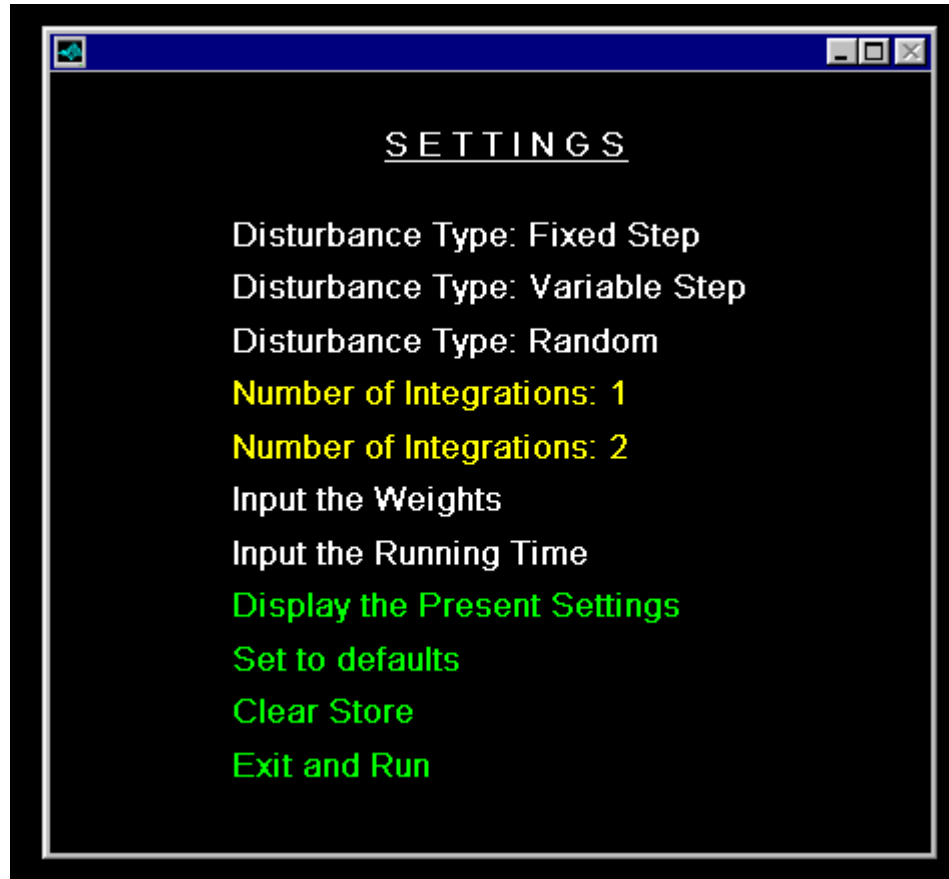
3. GÖRÜNTÜ DEĞİŞKENLERİNİN ETKİLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Tezin bu bölümünde görüntü değişkenlerinin deneysel olarak incelenmesine yer verilmiştir. Bu deneysel çalışmadaki deney düzeneği temel olarak Şekil 3.15’de görüldüğü gibi Pentium III işlemcili bir bilgisayar, klavye ve operatörün düzeltici girişi uygulayabileceği bir fare den meydana gelmektedir.



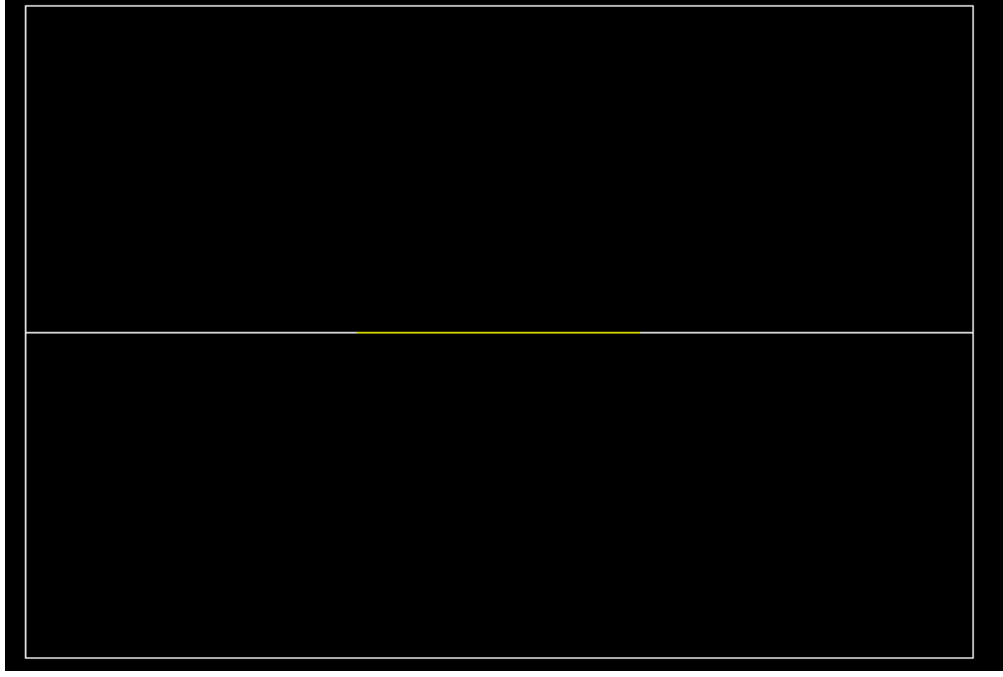
Şekil 3.15. Deney düzeneği

Bir oda ortamında gerçekleştirilen bu deneyde deney düzeneğinin diğer bir önemli unsuru MATLAB® V 4.2c.1 de hazırlanmış olan bilgisayar programıdır. Şekil 3.16’da program başlangıcına yer verilmiştir. Görülebileceği gibi operatör; bozcucu çeşitlerini ve integrasyon sayısını yani sistemin mertebesini fare ile tıklayarak istediği gibi seçebilir, istediği görüntü katsayısı değerlerini ve programın çalışma süresini ise klavye aracılığı ile programa girebilir.

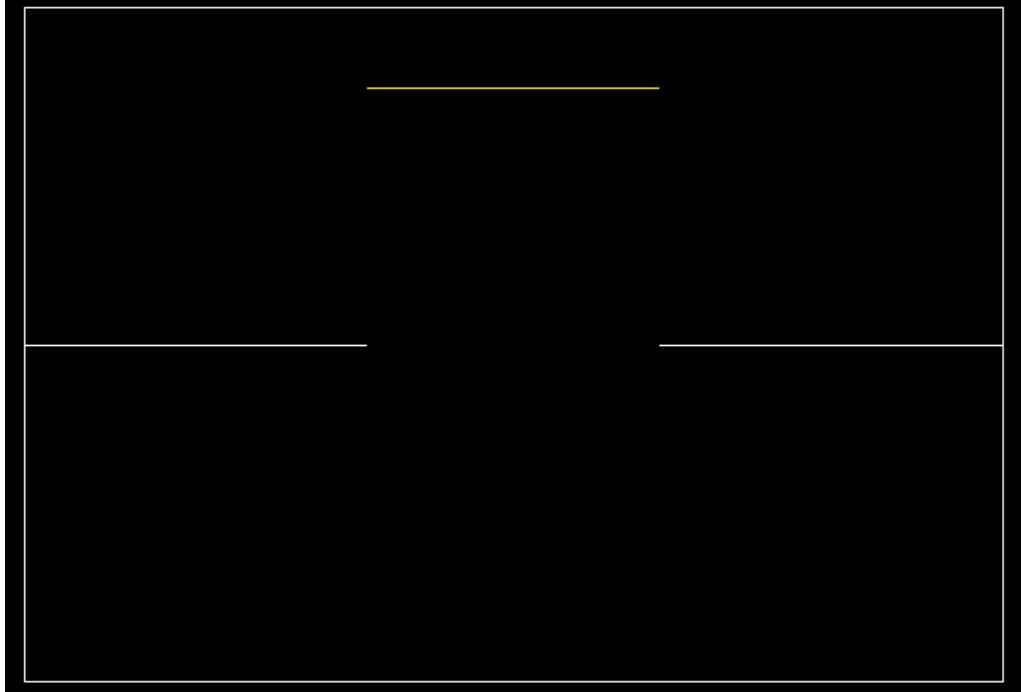


Şekil 3.16 Program Başlangıcı

Şekil 3.16 da görülen 'Run' butonu operatör tarafından fare ile tıklanıldığında program çalışmaya başlar ve karşımıza Şekil 3.17 de görülen ekran çıkar. Burada görülen beyaz çizgi hareketsizdir. Sarı çizgi ise program tarafından bozucunun uygulanmaya başlaması ile aşağı veya yukarı hareket etmeye başlar. Sarı çizginin hareketi ise Şekil 3.18 de görülmektedir.



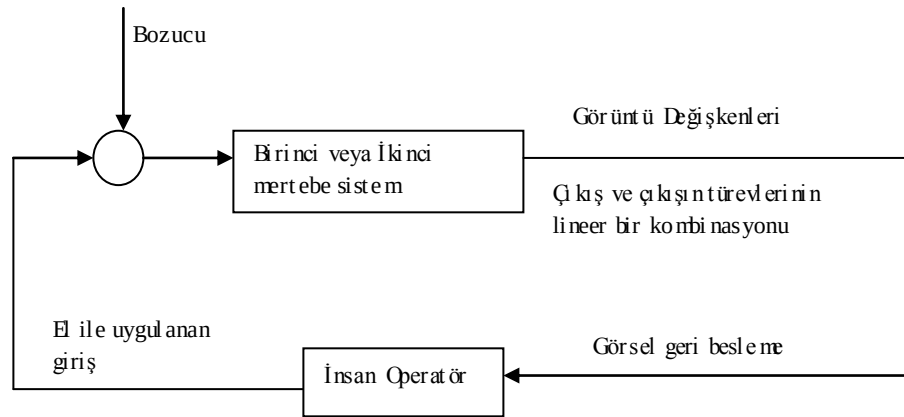
Şekil 3.17. Program çalıştırıldığında ortaya çıkan ekran görüntüsü



Şekil 3.18. Bozucunun etkilemesiyle başlayan sarı çizginin hareketi

Operatör, fareyi hareket ettiren sek sureti ile sarı çizgiyi beyaz çizgi ile aynı seviyede tutmaya çalışır yani bu dinamik sistemi kontrol etmek zorundadır. Farenin hareketinin sarı çizgi üzerindeki etkisi sistem mertebesi ne ve görüntü katsayılarının değerleri ne göre değişmektedir. Buradaki diğer önemli bir nokta da fareden kaynaklanan gecikmeleri azaltmaktır ve bu amaçla deneyde kullanılan farenin yeni olmasına özen gösterilmiştir.

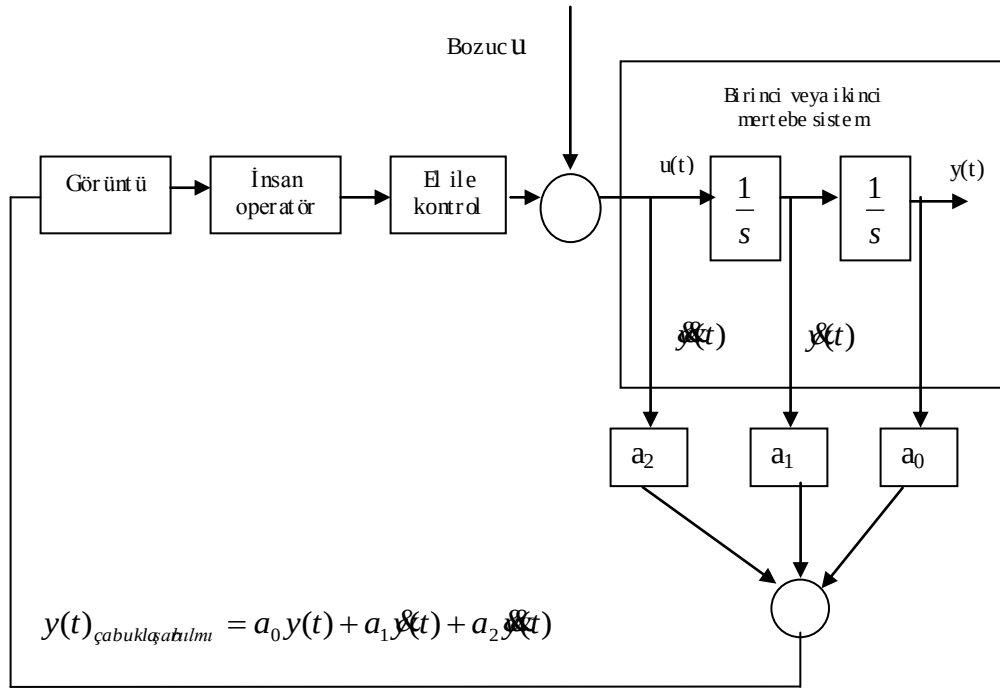
Bu deneysel çalışmanın şematik gösterimi Şekil 3.19 da görülmektedir (Hzal, 1997).



Şekil 3.19 İnsan-makine etkileşimi deneysel çalışmasının ana yapısı

Sistem girişi, görüldüğü gibi operatörün el ile uyguladığı girişin ve program tarafından yaratılan rasgele bozucunun toplamıdır (Hzal, 1997).

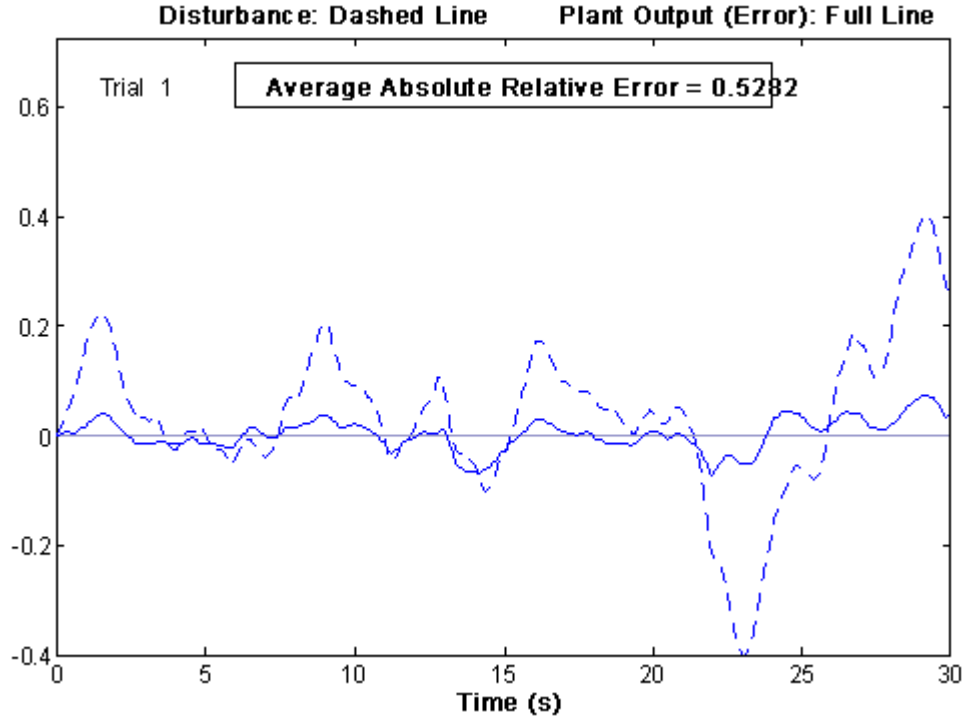
Ekrandaki sarı çizgi ile sunulan görüntü değişkeni; birinci mertebeli sistemi için hata ve hatanın zamanına göre türevinin (giriş), ikinci mertebeli sistemi için ise hata ve hatanın zamanına göre birinci ve ikinci türevlerinin lineer kombinasyonundan meydana gelir. Şekil 3.20 bu durumu açıklamaktadır.



Şekil 3.20. Deneysel çalışmada yer alan görüntüyü hızlandırma

Burada görülen a_i katsayıları bizim görüntü değişkenlerimizdir ve daha önce de bahsedildiği gibi bu çalışmada amaç farklı a_i katsayıları için el ile kontrol sistemi ve operatör performansını incelemektir. Hata katsayıları için konum katsayıları terimi, hatanın birinci türevinin katsayıları için hız katsayıları terimi, hatanın ikinci türevinin katsayıları için ise ivme katsayıları terimi daha önceki bölümde kullanılmış ve bu bölümde de kullanılacaktır.

Seçilen çalışma süresinin dolmasından sonra (bu süre bu deneysel çalışma için 30 sn. dir) karşımıza Şekil 3.21'deki gibi bozucunun ve hatanın zamanına göre değişimini veren grafik çıkmaktadır.



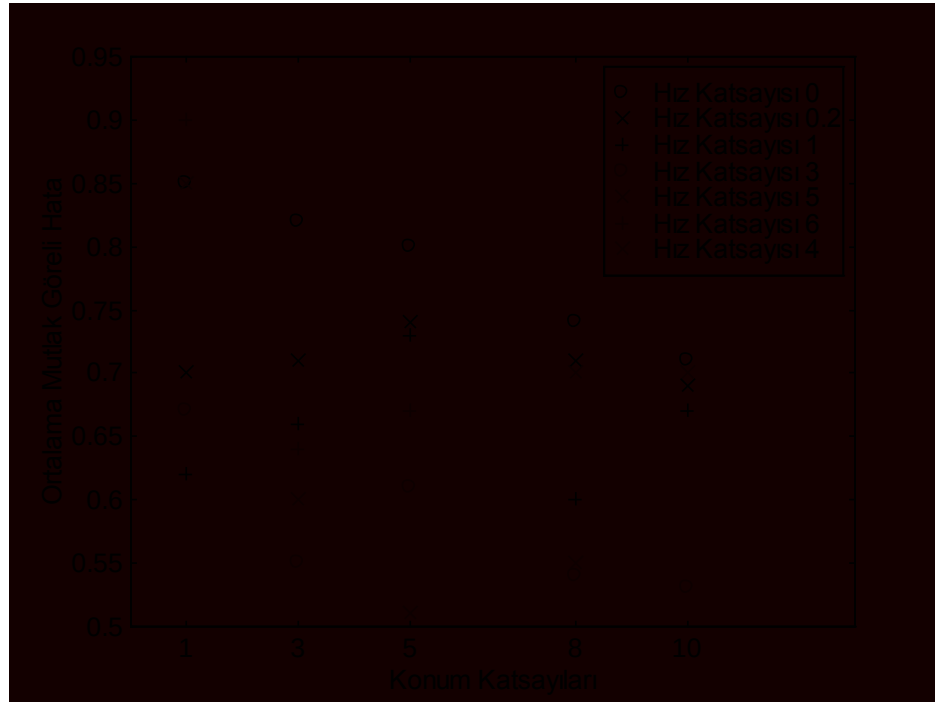
Şekil 3.21 Bozucunun ve hatanın zamanına göre değişimi

Şekil 3.21’de 0.5282 değeri olarak görülen ortalama mutlak görelî hata bizim performans kriterimizdir. Mutlak hata; bozucu pozitif veya negatif olabileceği için hatanın mutlak değerini alınması, mutlak görelî hata; bir andaki mutlak hata yani çıkış değerinin o andaki bozucunun değerine bölünmesi, ortalama mutlak görelî hata ise deneme süresi boyunca elde edilen bu mutlak görelî hata değerlerinin ortalamasının alınmasıdır (Hızal, 1997).

3.1. BİRİNCİ MERTEBE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

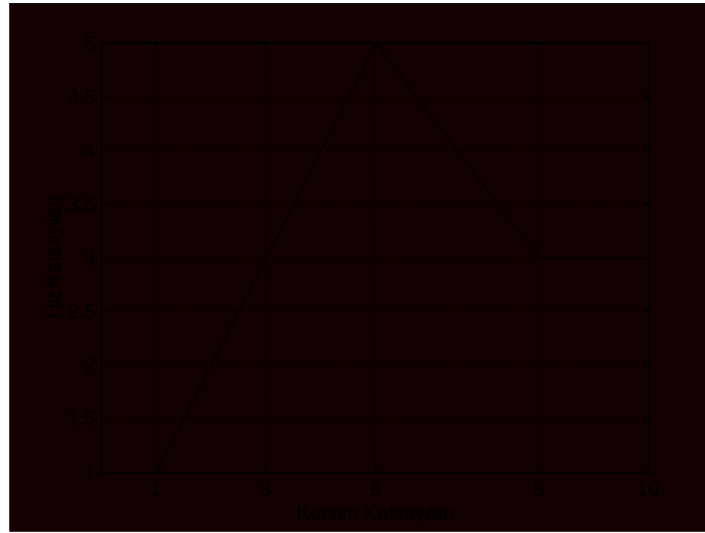
Deneyssel inceleme ilk olarak birinci mertebe yani tek integrasyonlu sistemler için yapılmıştır. Birinci mertebe sistemler için elde edilen sonuçlar ikinci mertebe sistemler için yapılan incelemeye de ışık tutacaktır. Bu bölümde görülen sonuçların elde edilebilmesi için her katsayıyla 40 ar deneme yapılmış ve hepsinde aynı kontrol aygıtı (fare) kullanılmıştır. Grafiklerde yer verilen ortalama mutlak göreceli hata değerleri ise bu 40 ar denemenin sonunda elde edilen ortalama mutlak göreceli hata değerlerinin de ortalamalarıdır.

Gerçekleştirilen deneylerde birinci mertebe sistemler genelde çok yüksek konum katsayıları hariç (10 ve 13 gibi) hız katsayıları sisteme dahil edilmeden de kararlıdırlar. Ancak sistemin operatör girişine cevabı yani gecikme oldukça fazladır. Şekil 3.22’de çeşitli konum katsayılarında 0, 0.2, 1, 3, 4, 5 ve 6 gibi hız katsayısı değerleri ile elde edilen ortalama mutlak göreceli hata değerlerinin dağılımı görülmektedir.



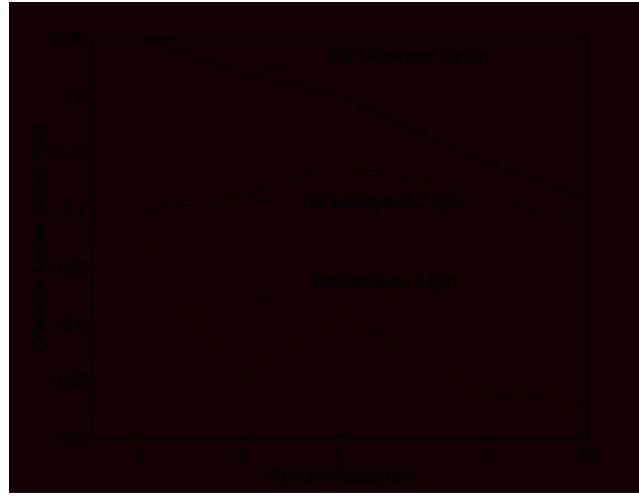
Şekil 3.22 Farklı konum katsayıları için ortalama mutlak göreceli hataların dağılımı

Grafikte görüldüğü gibi konum katsayıları arttıkça ortalama mutlak görelî hata değerlerinde düşüş olmaktadır. Yüksek konum katsayılarında operatör sisteme gerekli girişi daha az efor sağlayarak uygulamakta ve sistemdeki gecikmeler de azalmaktadır. Bunun ile beraber her konum katsayısı için minimum ortalama mutlak görelî hatayı veren hız katsayıları farklılık göstermektedir. Şekil 3.23 de minimum ortalama mutlak görelî hatayı veren hız katsayıları görülmektedir.



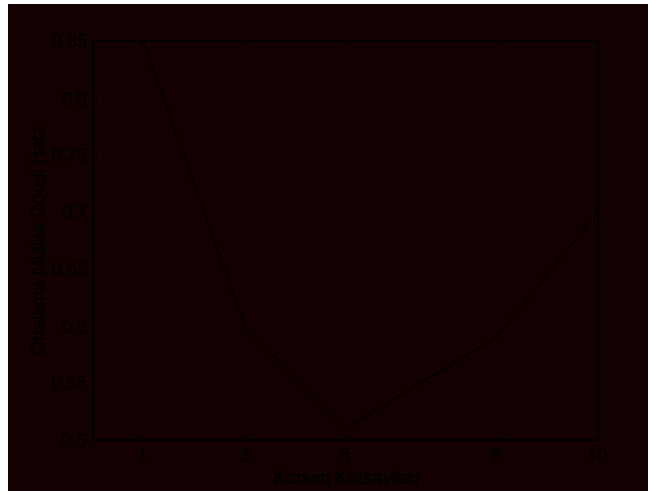
Şekil 3.23 Farklı konum katsayıları için minimum ortalama mutlak görelî hata değerini veren hız katsayıları.

Konum katsayıları arttıkça minimum ortalama mutlak görelî hatayı veren hız katsayıları da artmaktadır. Özellikle yüksek konum katsayıları ve ortalama hız katsayılarında (3 ve 5) gibi operatörün izlemesi oldukça başarılı olmakta ve hata düşmektedir. Ancak bu deneimler çok yüksek miktarlarda konsantrasyon gerektirmektedir. Şekil 3.24 de çeşitli konum katsayıları için 3 farklı hız katsayısı ile elde edilen ortalama mutlak görelî hata değerleri görülmektedir.



Şekil 3.24. Farklı konum katsayıları için hız katsayısının olduğu, düşük veya orta seviyede olduğu durum

Şekil 3.24’de dikkat çeken diğer bir nokta da hız katsayıları arttıkça yüksek konum katsayıları için hatalardaki değişim oranının da arttığıdır. Örneğin konum katsayısı 1 için (1,0) durumundan (1,0.2) ye geçildiğinde hata büyük oranda azalmakta ancak konum katsayısı 10 için (10,0) dan (10,0.2) ye geçildiğinde hatada büyük çapta bir değişiklik olmamaktadır. Şekil 3.25 de (1,5), (3,5), (8,5) ve (10,5) için elde edilen hata değerleri görülmektedir



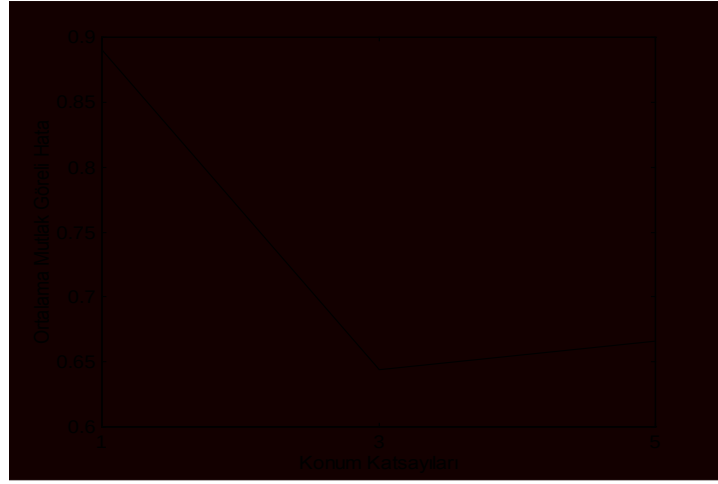
Şekil 3.25 Farklı konum katsayıları için hız katsayısının 5 olması durumunda elde edilen ortalama mutlak görelî hata değerleri.

Konum katsayı 5 den sonra hatanın artmaya başlamasının nedeni yüksek konum katsayısından dolayı yer değiştirmenin fazla olması, operatör ve kullanılan kontrol aygıtından kaynaklanan gecikmeler yüzünden beklenen girişin uygulanamamasıdır. Bu nedenlere bağlı olarak yüksek konum katsayıları ile yapılan deneylerin çoğunun kararsız olduğu gözlenmiştir. Yüksek konum katsayıları 8 ve 10 için yine yüksek bir değer olan hız katsayısı 5 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdeleri Şekil 3.26 da görülmektedir.



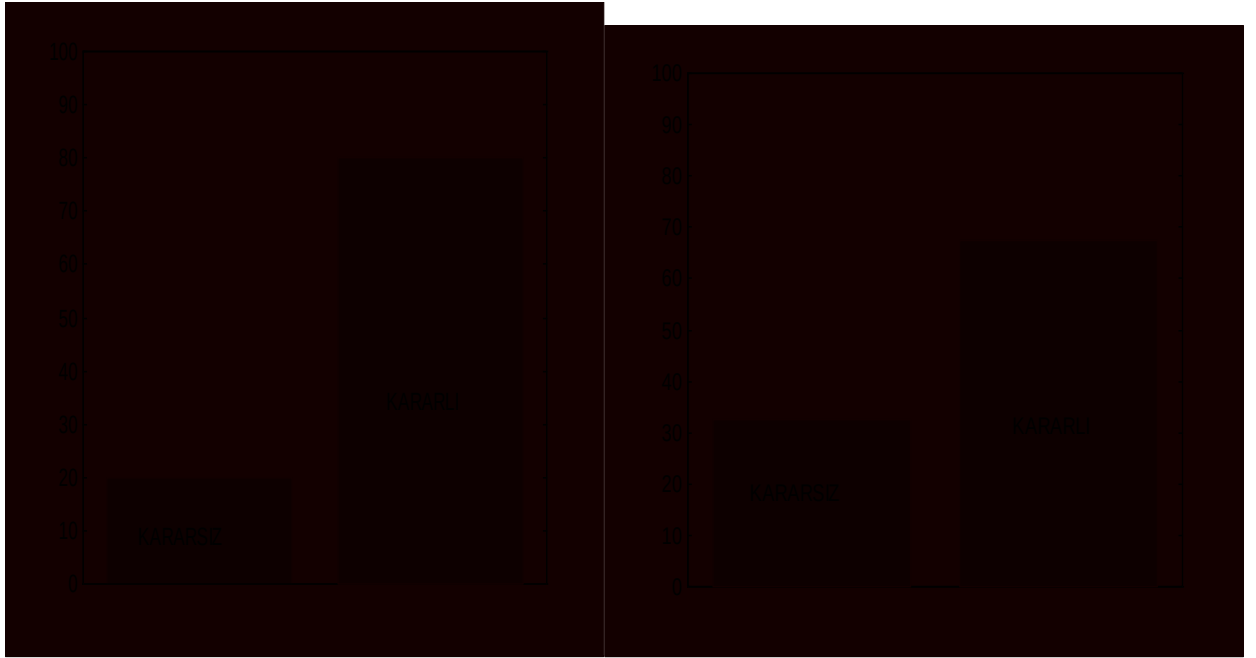
Şekil 3.26 (8, 5) ve (10, 5) katsayıları ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi

Dğer bir yüksek hız katsayısı olan 6 ile deneyler yapıldığında ise elde edilen ortalama mutlak görelî hata değerleri Şekil 3.27 de görülmektedir.

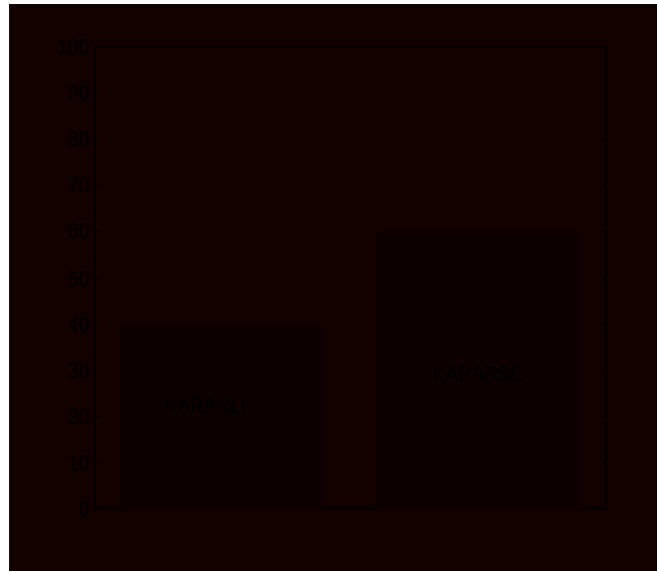


Şekil 3.27 Farklı konum katsayıları için hız katsayısının 6 olması durumunda elde edilen ortalama mutlak görel hatalar.

Fark edilebileceği gibi yüksek konum katsayıları 8 ve 10 için ortalama mutlak görel hataya yer verilmiştir. Çünkü bu değerler için deneylerin büyük çoğunluğu kararsızdır. Diğer konum katsayılarında da görülen kararsızlıkların yüzdesi Şekil 3.28 ve Şekil 3.29 da verilmiştir.

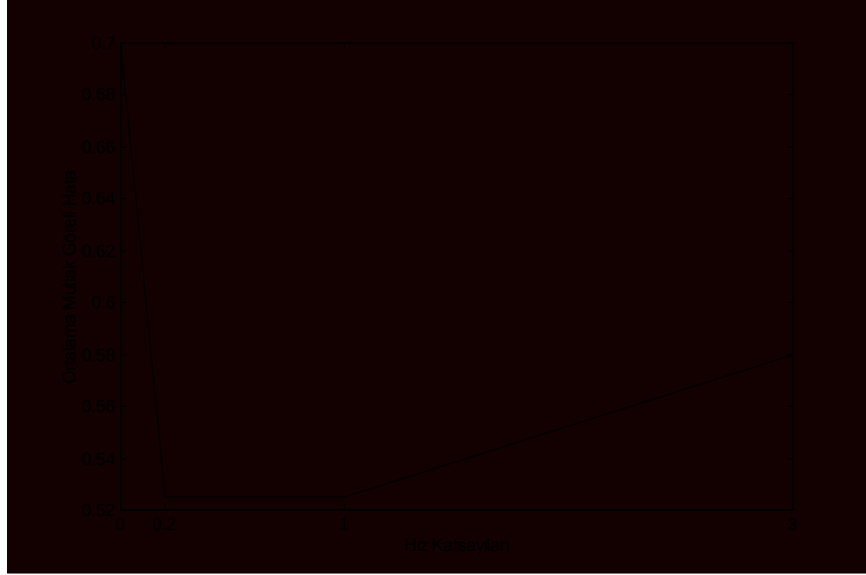


Şekil 3.28 Konum katsayısının 1 ve 3 olduğu durumda hız katsayısı 6 ile yapılan deneylerin karlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (1, 6) (b) (3, 6)



Şekil 3.29 Konum katsayısının 5 ve hız katsayısının 6 olduğu durumdaki deneylerin karlılık-kararsızlık yüzdesi.

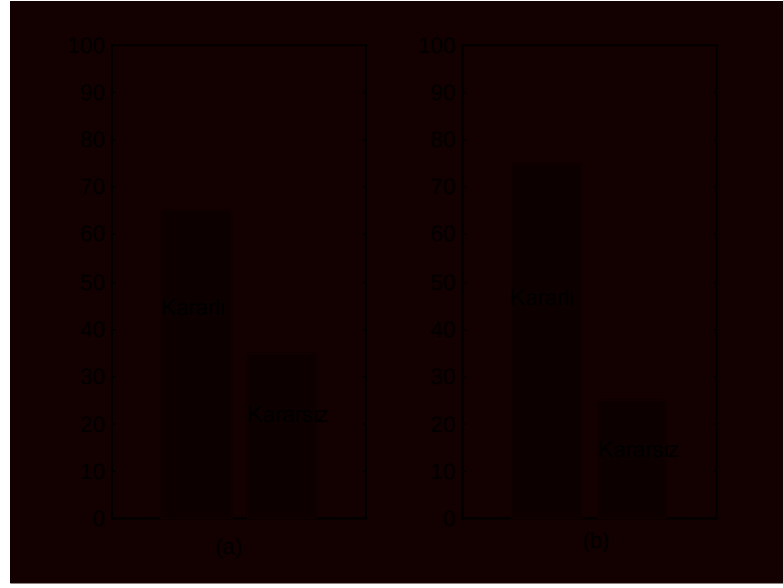
Son olarak oldukça yüksek bir konum katsayısı olan 13 için elde edilen veriler aşağıdaki şekillerde görülmektedir. Öncelikli olarak Şekil 3.30 da farklı hız katsayıları için bulunan ortalama mutlak göreceli hata değerleri görülmektedir.



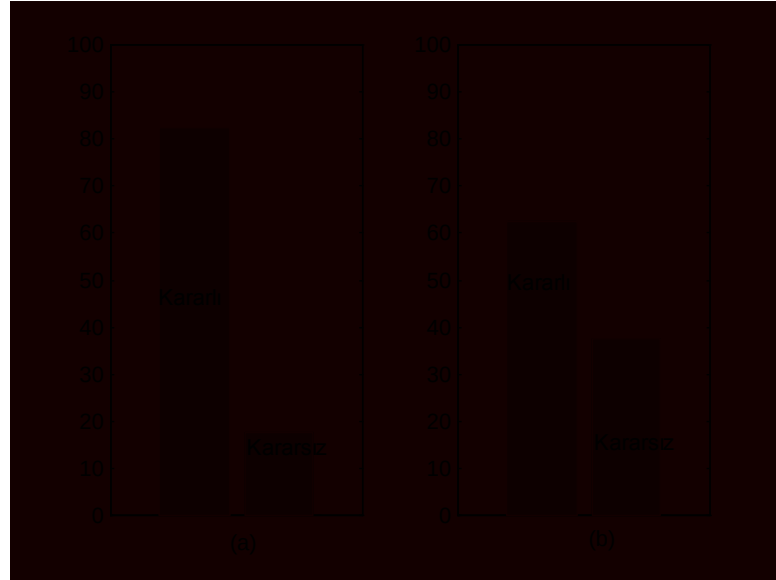
Şekil 3.30 Konum katsayısı 13 için farklı hız katsayılarında elde edilen ortalama mutlak göreceli hatalar.

Görüldüğü gibi sonuç elde edilebilen hız katsayısı değerleri oldukça düşmüştür.

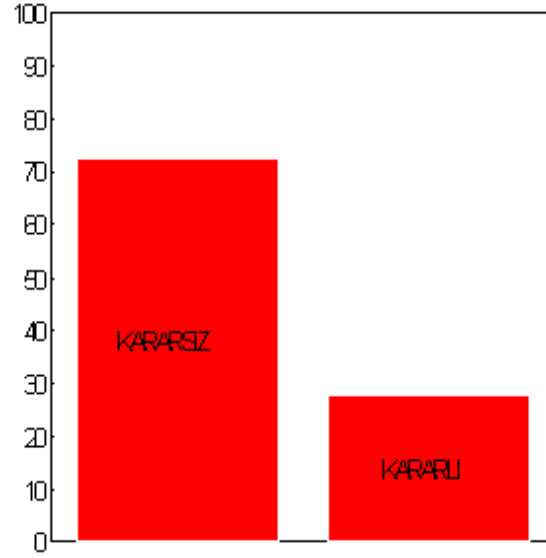
Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33 de ise hız katsayıları değiştiğinde değişen kararlılık-kararsızlık yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 3.31 Konum katsayısı 13 için hız katsayıları 0 ve 0.2 ile yapılan deneylerin kararlı-kararsızlık yüzdesi (a) (13, 0) (b) (13, 0.2).



Şekil 3.32 Konum katsayısı 13 için hız katsayıları 1 ve 3 ile yapılan deneylerin kararlı-kararsızlık yüzdesi (a) (13, 1) (b) (13, 3).



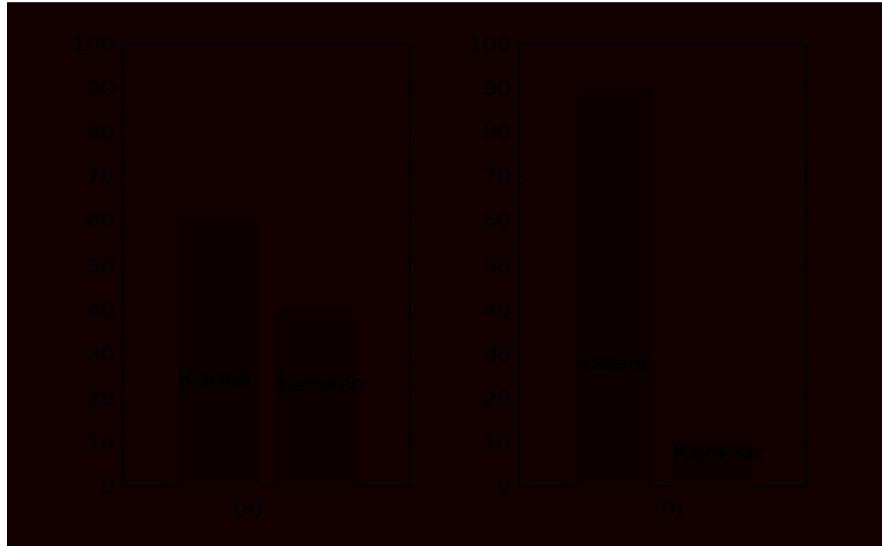
Şekil 3.33 Konum katsayısının 13 ve hız katsayısının 5 olması durumunda denemelerin kararlı-kararsızlık yüzdeleri

Bu son şekillerden de görülebileceği gibi 13 den daha yüksek konum katsayıları için büyük ölçüde kararsızlık söz konusudur.

3.2 İKİNCİ MERTEBE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Bilindiği gibi ikinci mertebe sistemler kontrolü zor ve çoğunlukla kararsız olan sistemlerdir. Görüntü değişkenleri bu ikinci mertebe sistemleri daha kolay kontrol edilebilir kararlı sistemler haline getirirler. Türev katsayılarının ikinci mertebe sistemlere olan etkilerinin incelendiği bu bölümde görülecek sonuçlar, her bir katsayı için 30 ar deneme yapılarak elde edilmiştir.

Birinci durumda; türev katsayılarının ikinci mertebe sistemin kararlılığına olan etkilerini daha iyi görebilmek için hız ve ivme katsayıları olmak üzere farklı konum katsayıları için ikinci mertebe sistemin kararlılık-kararsızlık durumu incelenmiştir. Aşağıda görülen Şekil 3.34, Şekil 3.35 ve Şekil 3.36 da ikinci mertebe sistemlerin kararlılık-kararsızlık yüzdeleri görülmektedir.

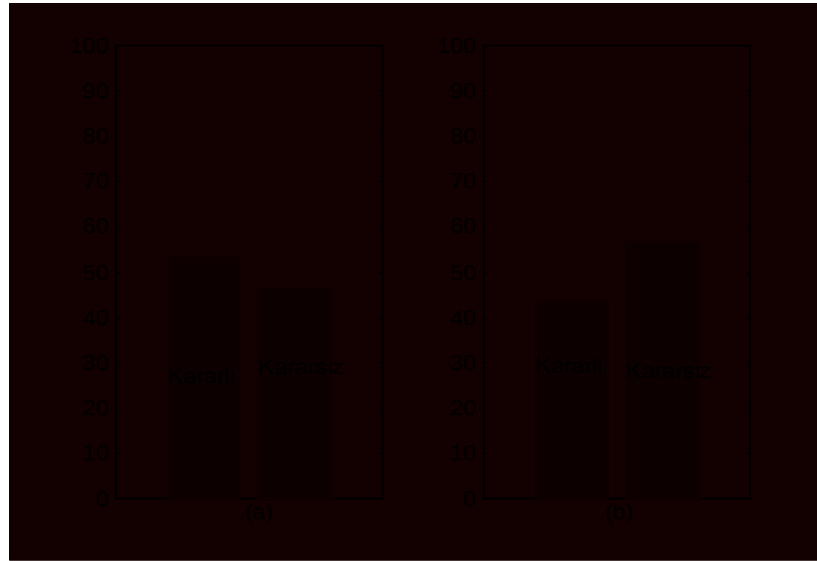


Şekil 3.34. Konum katsayıları 1 ve 3 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdeleri (a) (1, 0) (b) (3, 0)

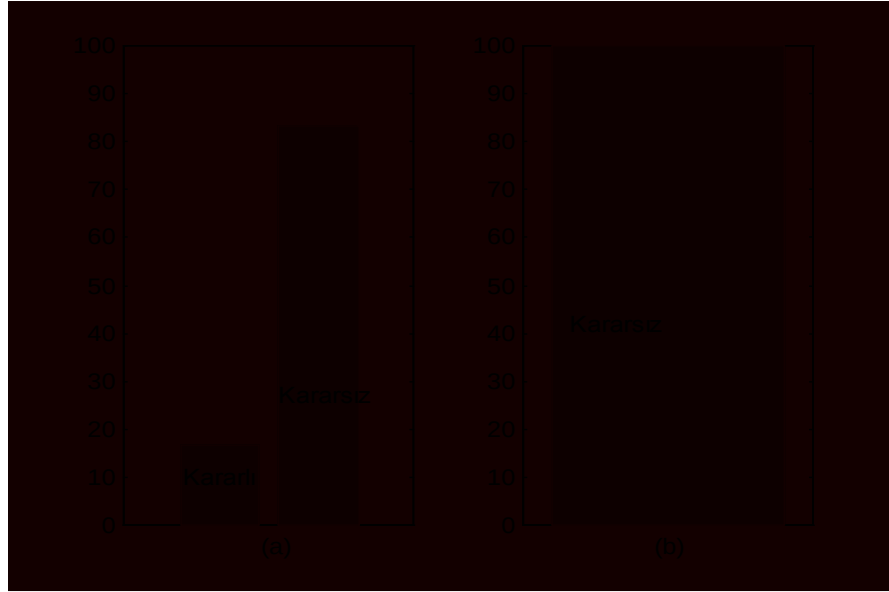
Şekil 3.34 (a) da görülen konum katsayısının bir olduğu durumda ikinci mertebe sistem gecikmenin çok fazla olduğu, oldukça ağır ve operatör cevabının salınlı olduğu bir sistemdir.

Ayrıca gecikmeden dolayı operatör tarafından aşırı düzeltmeler uygulanmakta bu da sistemi kararsız hale getirmektedir. Ağır bir sistem olması nedeniyle operatörün dikkati kolay dağılmaktadır.

Şekil 3.34 (b) de ise konum katsayısı 3 için gecikmenin nispeten azaldığı ve sistem daha hızlı bir hale geldiği için kararlılık yüzdesi artmaktadır. Ancak yine operatörün cevabı çok salınmıştır.



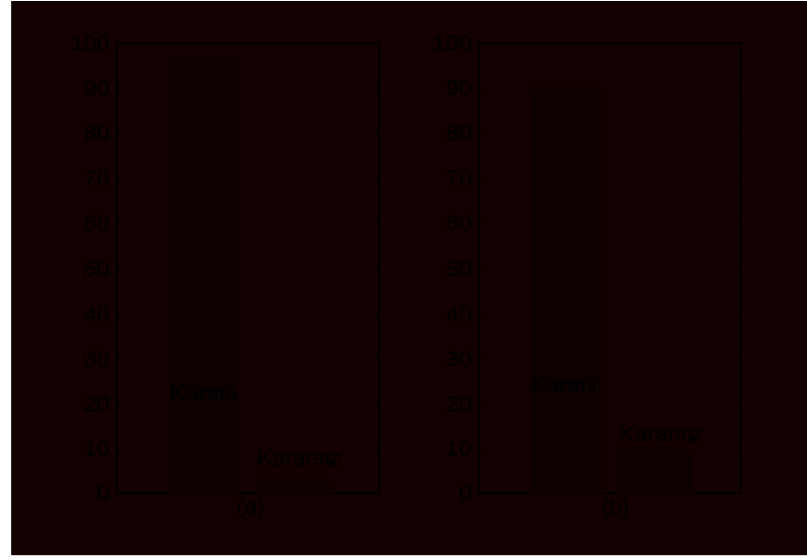
Şekil 3.35 Konum katsayıları 5 ve 8 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri (a) (5, 0, 0) (b) (8, 0, 0)



Şekil 3.36 Konum katsayıları 10 ve 13 için hız ve ivme katsayıları 0 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri a) (10, 0, 0) b) (13, 0, 0)

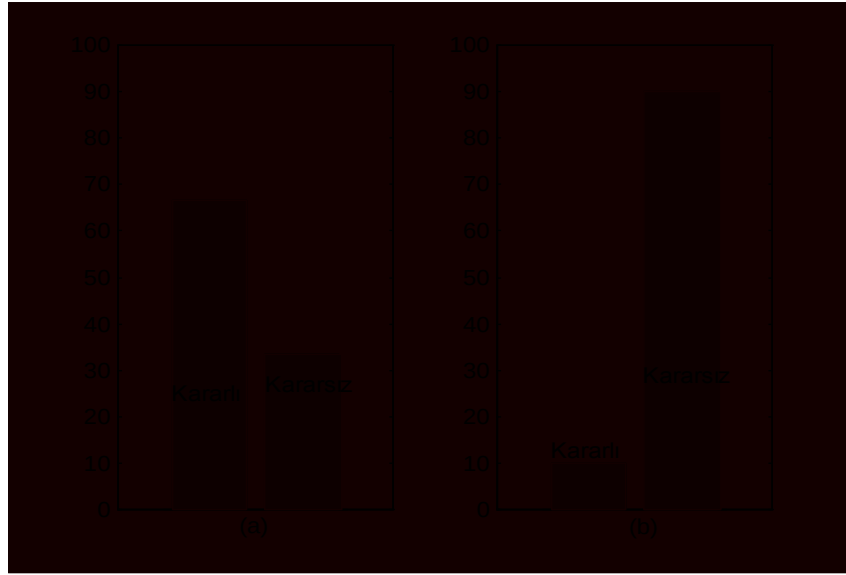
Şekil 3.35 ve Şekil 3.36'da ise sistemin kararsızlık yüzdesinin konum katsayıları arttıkça arttığı görülmektedir. Artan konum katsayısı ile beraber fare ile uygulanan ufak bir hareket ekrandaki çubuğun çok yer değiştirmesine neden olmakta fakat geciktirmeden dolayı operatör cevap hakkında herhangi bir yorum yapmadığından müdahale etmeye fırsatı olamaktadır.

İkinci durumda; çok düşük de olsa sistemin yüksek mertebe türev katsayılarının deneylere dahil edilmesiyle sistemin kararlılık-kararsızlık durumunda meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Sonuçlar Şekil 3.37 ve Şekil 3.38 de görülmektedir. Bu deneyler için seçilen hız ve ivme katsayıları 0.2'dir.



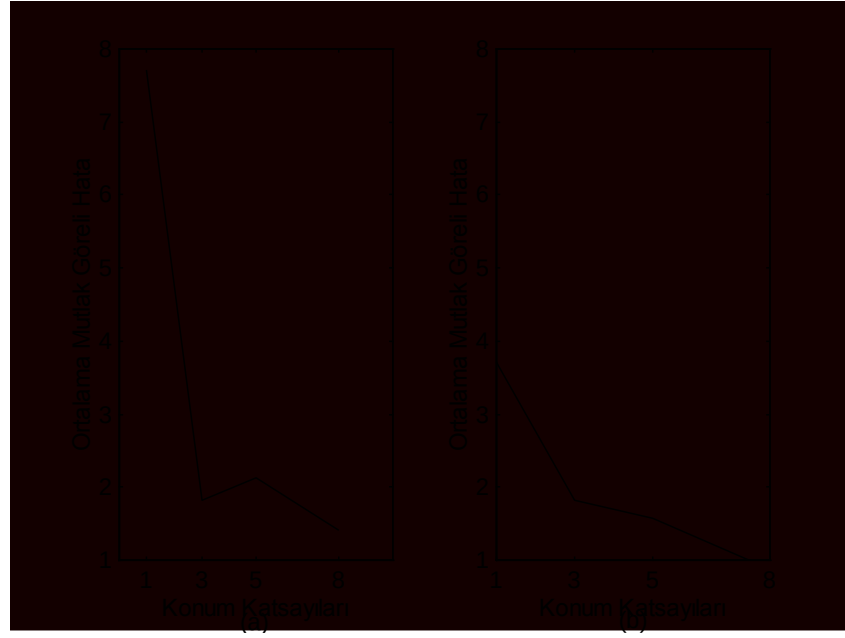
Şekil 3.37 Konum katsayıları 1, 3, 5 ve 8 için hız ve ivme katsayıları 0.2 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri (a) (1, 0.2, 0.2) (b) (3, 0.2, 0.2), (5, 0.2, 0.2), (8, 0.2, 0.2)

Şekil 3.37 (a) da görüleceği gibi, ilk durumda konum katsayısı 1 için düşük olan kararlılık yüzdesi ikinci durumda oldukça artmaktadır ve bununla beraber operatör cevabı da daha sönümlü bir hale gelmektedir.



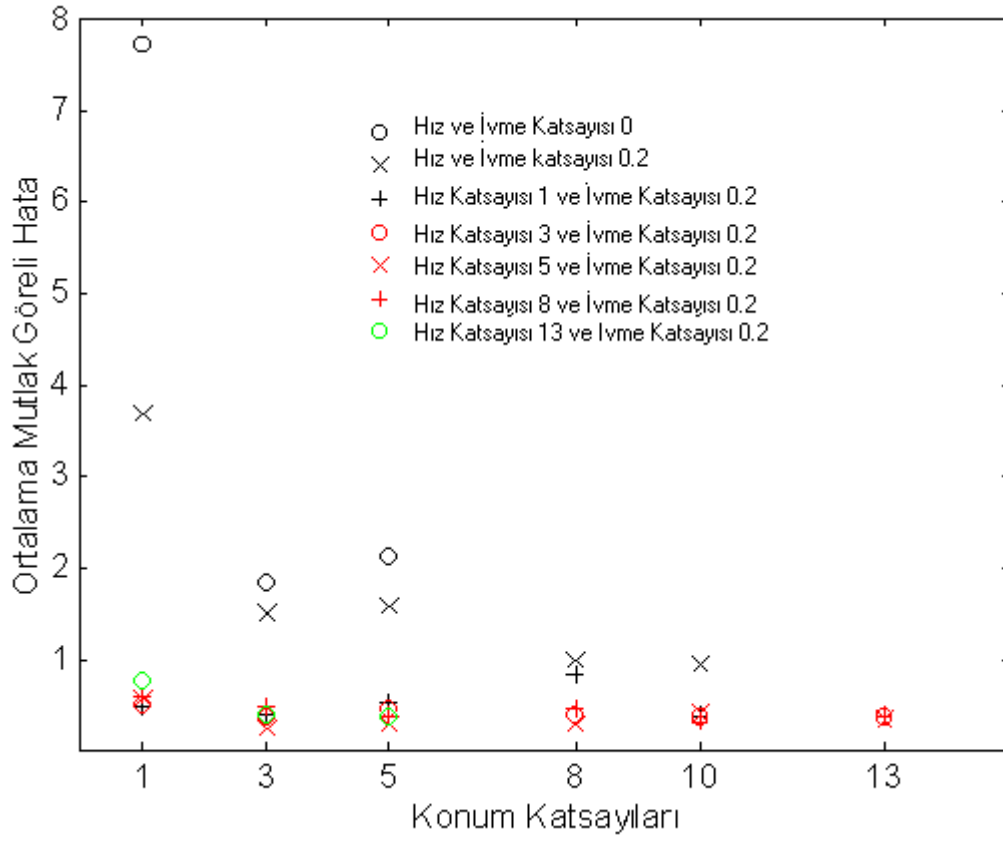
Şekil 3.38 Konum katsayıları 10 ve 13 için hız ve ivme katsayıları 0.2 iken yapılan deneylerin kararlılık- kararsızlık yüzdeleri a) (10, 0.2, 0.2) b) (13, 0.2, 0.2)

Bu iki şekilden de hemen görülebileceği gibi farklı konum katsayılı ikinci mertebe sistemlerin hepsinin kararlılığında artış gözlenmektedir. Ancak gecikme ve operatör cevabında uygulanan aşırı düzeltmeler hala yüksek miktardadır. Bu da her iki durumu için de ortalama mutlak görelî hatanın yüksek olmasına neden olmaktadır. Şekil 3.39'da ortalama mutlak görelî hata değerlerinin her iki durumu için karşılaştırılmasına yer verilmiştir ve görüldüğü gibi ikinci durumda ortalama mutlak görelî hata değerlerinde büyük oranda bir azalma vardır.

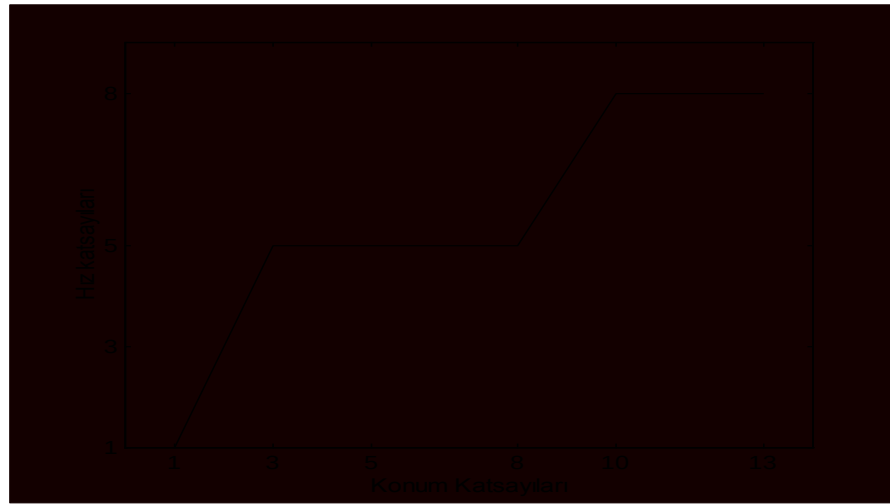


Şekil 3.39 Farklı konum katsayıları için türev katsayıları 0 ve 0.2 olduğu durumda elde edilen ortalama mutlak görelî hataların grafiği (a) Hız ve ivme katsayısı (0, 0) (b) Hız ve ivme katsayısı (0.2, 0.2)

Üçüncü durumda; farklı konum katsayıları için ivme katsayısı 0.2 olarak sabit tutulmuş ve hız katsayıları değiştirilmiştir. Şekil 3.40'da görülen dağılım grafiğinde her bir konum katsayısı için 1, 3, 5 ve 8 hız katsayıları ile elde edilen ortalama mutlak görelî hata değerleri yer almaktadır. Dağılım grafiğinde yalnızca %50 ve üstü kararlı olan sistemlerin ortalama mutlak görelî hataları verilmiştir. Konum katsayısı 13 için hız katsayısı 8 iken yapılan deneyler için büyük oranda kararsızlık söz konusudur.



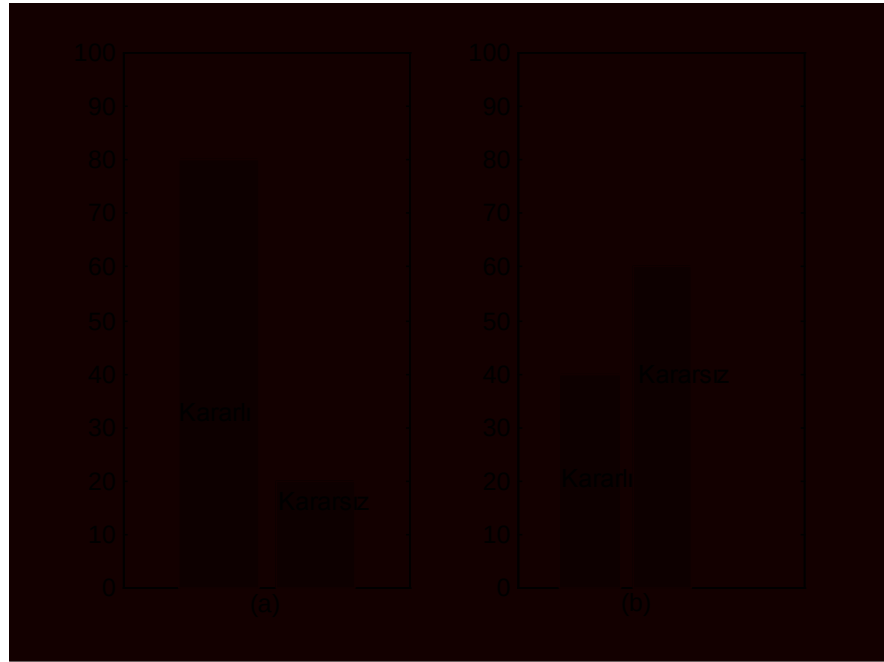
Şekil 3.40 İvme katsayısını n 0.2 olarak sabit tutularak hız katsayılarının değiştirilmesi sonucunda farklı konum katsayıları için elde edilen ortalama mutlak görelî hataların dağılım grafiği.



Şekil 3.41 İvme katsayısını n 0.2 olarak sabit tutularak hız katsayılarının değiştirilmesi sonucunda farklı konum katsayıları için minimum hatayı veren hız katsayıları

Şekil 3.41’den görülebileceği gibi yüksek konum katsayılarında minimum hatayı yine yüksek hız katsayıları vermektedir. Minimum hatanın sağlandığı bu durumlarda dene­melerin kararlılığı %100’e yakındır ve operatörün cevabı iyi sonuçlıdır.

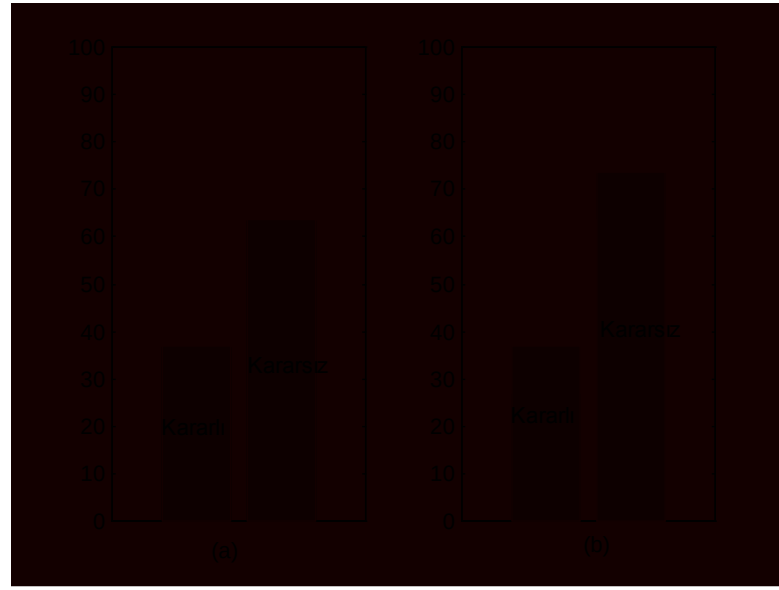
Diğer önemli sonuç ise konum katsayısı hız katsayısına göre fazla arttırıldığında ortaya çıkmaktadır. Böyle bir durumda operatör cevabı oldukça salınımlı ve hatta kararsız bir hale gelmektedir. Örneğin (1, 1, 0.2), (3, 1, 0.2), (5, 1, 0.2) ve (8, 1, 0.2) durumları için dene­meler %100 kararlıdır ancak ortalama mutlak gö­reli hata değ­erleri artmaktadır. Şekil 3.42’de görülebileceği gibi (10, 1, 0.2) ve (13, 1, 0.2) durumlarında ise dene­melerin kararlılığı giderek azalmaktadır.



Şekil 3.42 Konum katsayıları 10 ve 13 için ivme katsayısı 0.2 ve hız katsayısı 1 iken yapılan dene­melerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (10, 1, 0.2) (b) (13, 1, 0.2)

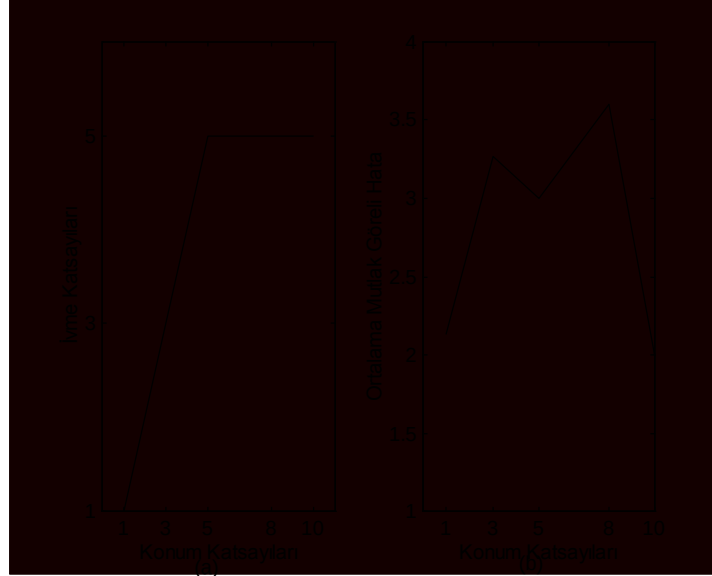
Hız katsayısının yüksek olduğu durumda ise, örneğin hız katsayısı 13 için konum katsayısı yükseldikçe ortalama mutlak gö­reli hata değeri azalmaktadır. Ancak bu seferde konum katsayısı 8, 10 ve 13 değ­erleri için dene­melerin büyük çoğunluğu kararsız olmaktadır.

Bunun nedeni ise konum ve hız katsayısı çok yüksek değerlere çıktığında yer değiştirme ve sistem hızı artmakta ancak operatörün algılamasından, kaslardan ve kullanılan kontrol aygıtından kaynaklanan gecikmeler kontrolde etkisini daha çok hissettirmektedir. Bu olumsuzluğa ilave olarak bu yüksek hızlarda kaslarda da istemsiz kasılmalar meydana gelmekte ve operatör cevabını kararsızlaştıran ani girişlere neden olmaktadır. Şekil 3.43’de konum katsayıları 10 ve 13 için çok yüksek bir değer olan hız katsayısı 13 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 3.43 Konum katsayıları 10 ve 13 için ivme katsayısının 0.2 ve hız katsayısının 13 olduğu durumda yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi a) (10, 13, 0.2) b) (13, 13, 0.2)

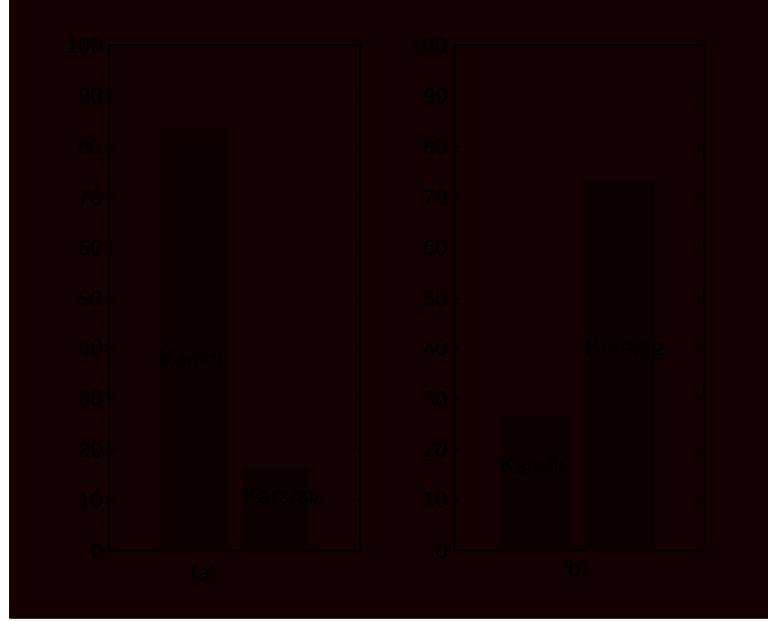
Dördüncü durumda; farklı konum katsayıları için hız katsayısı 0.2 olarak sabit tutulup farklı ivme katsayıları için deneyler yapılmıştır. Şekil 3.44’de farklı konum katsayıları için minimum hatayı veren ivme katsayıları ve bu katsayılardaki ortalama mutlak göreceli hata değerleri görülmektedir.



Şekil 3.44 Farklı konum katsayıları için hız katsayısının 0.2 olarak sabit tutularak ivme katsayılarının değiştirilmesi ile bulunan (a) Minimum ortalama mutlak göreceli hatayı veren ivme katsayıları (b) Minimum ortalama mutlak göreceli hata değerleri

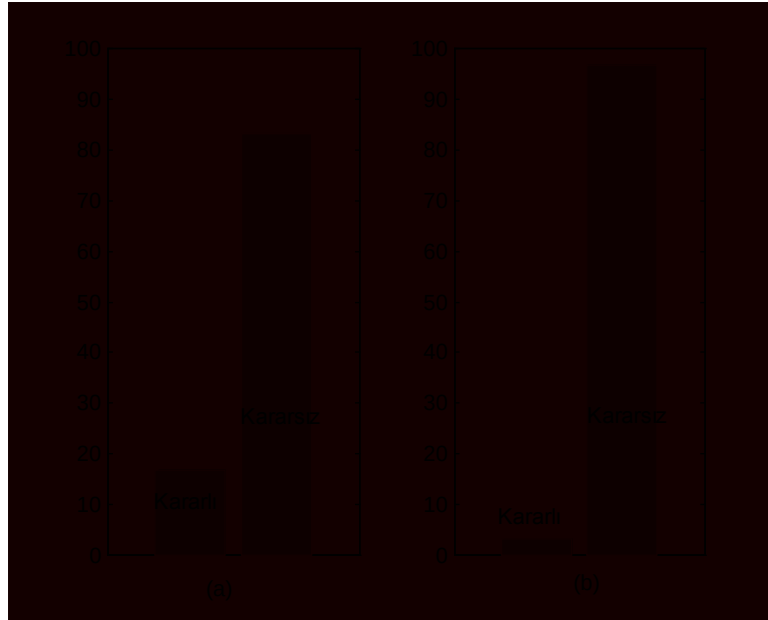
Şekil 3.44’de görüldüğü gibi minimum ortalama mutlak göreceli hata değerleri yüksek konum katsayıları için yüksek ivme katsayılarında sağlanmaktadır fakat bu elde edilen minimum ortalama mutlak göreceli hata değerleri de oldukça yüksektir. Dördüncü durumu için yapılan deneylerin hepsinde operatör cevabı çok salınlıdır.

1 ve 3 gibi düşük konum katsayıları için farklı ivme katsayılarıyla yapılan deneyler büyük ölçüde kararlıdır. Ancak konum katsayıları yükseldikçe deneyler genel de kararsız olmaktadır. Örneğin Şekil 3.45 ve Şekil 3.46’da farklı konum katsayıları için ivme katsayısı 3 olduğunda kararsızlığın giderek arttığı görülmektedir.



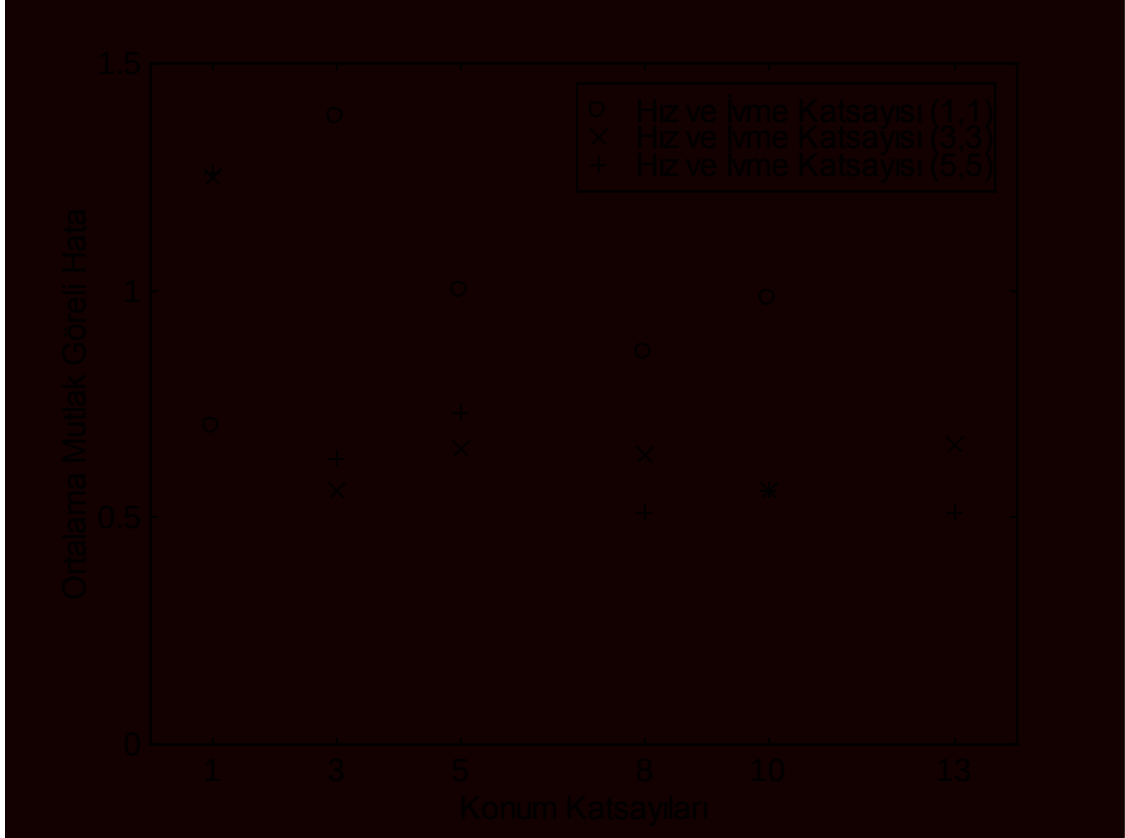
Şekil 3.45 Hz katsayısının 0.2 ve ivme katsayısı 3 olmasında konum katsayıları 5 ve 8 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (5, 0.2, 3) (b) (8, 0.2, 3)

Bu sistemler, gecikmenin yüksek miktarda olduğu ve özellikle yüksek ivme katsayılarında operatörün kontrolünün çok zorlaştığı sistemlerdir.



Şekil 3.46 Hz katsayısının 0.2 ve ivme katsayısının 3 olmasında konum katsayıları 10 ve 13 ile yapılan deneylerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (10, 0.2, 3) (b) (13, 0.2, 3)

Beşinci durumda; hız ve ivme katsayıları eşit olarak arttırılmıştır. Şekil 3. 47’de farklı konum katsayıları için hız ve ivme katsayı değerlerinin eşit olarak arttırıldığı durumda elde edilen ortalama mutlak göreceli hataların dağılımı görülmektedir. Örneğin konum katsayısı 1 için ortalama mutlak göreceli hatası görülen değerler (1, 1, 1), (1, 3, 3), (1, 5, 5) şeklindedir.

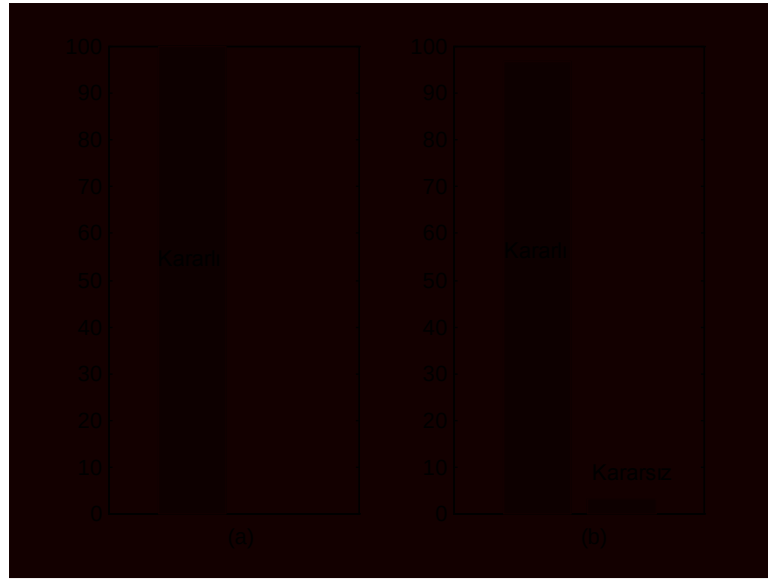


Şekil 3.47 Hız ve ivme katsayılarının eşit olarak arttırılması durumunda farklı konum katsayıları için elde edilen ortalama mutlak göreceli hataların dağılım grafiği.

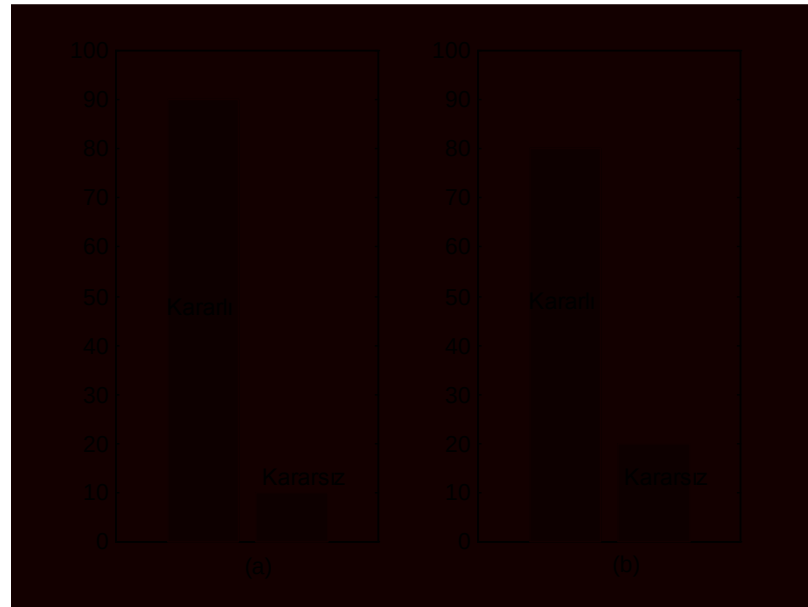
Hız ve ivme katsayısı (8,8) çifti ile yapılan deneyler bütün konum katsayıları için kararsızdır.

Dağılım grafiğinde görülen yüksek hata değerleri daha önce de bahsedildiği gibi; konum katsayısı 1 için yüksek hız-ivme katsayıları çiftlerinden, diğer konum katsayıları için ise konum katsayısına göre oldukça düşük olan hız-ivme katsayısı çiftlerinden kaynaklanmaktadır.

Doğal olarak hatanın artması na bağlı olarak denemelerin kararsızlığı da artmaktadır. Şekil 3.48 ve Şekil 3.49’da kararsızlıktaki artış görülmektedir.



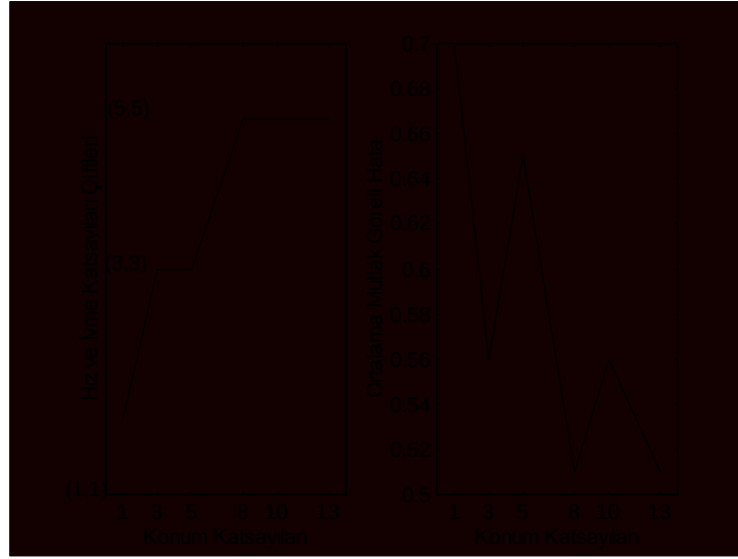
Şekil 3.48 Hz - ivme katsayısı çiftinin (1, 1) olması durumunda konum katsayıları 1, 3 ve 5 ile yapılan denemelerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (1, 1, 1) ve (3, 1, 1) (b) (5, 1, 1)



Şekil 3.49 Hz - ivme katsayısı çiftinin (1, 1) olması durumunda konum katsayıları 8 ve 10 ile yapılan denemelerin kararlılık-kararsızlık yüzdesi (a) (8, 1, 1) (b) (10, 1, 1)

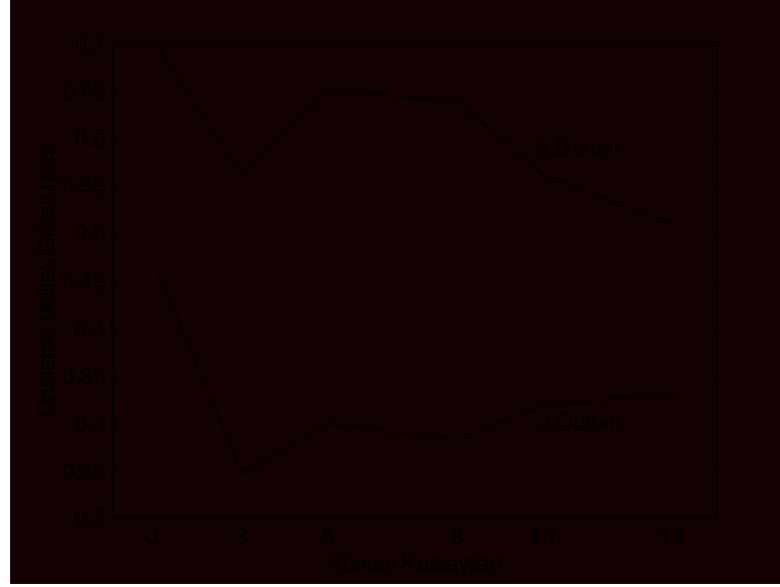
Şekillerde görülen konum katsayısı 13 için ise (13, 1, 1) durumu %80 kararsızdır.

İncelenen beşinci durumda gecikme mevcut ve operatörün cevabı salınmıdır. Bu durumda operatör kontrolü sağlayabilmek için konsantrasyonunu arttırmaktadır. Ancak refleksler, yüksek konum katsayıları ve yüksek hız-ivme katsayıları çiftlerinde sistemi tamamen kararsız yapmaktadır. Sistem cevabında salınımların azaldığı durumlar minimum hatayı veren durumlardır. Şekil 3.50 de farklı konum katsayıları için minimum hatayı veren hız-ivme katsayıları çiftleri ve bu çiftlere denk gelen ortalama mutlak görelî hata değerleri görülmektedir.



Şekil 3.50 Farklı konum katsayıları için minimum ortalama mutlak görelî hatayı veren hız-ivme katsayıları çiftleri ve bu çiftlere denk gelen ortalama mutlak görelî hata değerleri (a) Hız-İvme Çiftleri (b) Minimum ortalama mutlak görelî hata değerleri.

Sonuç olarak görüntü değişkenlerinin ikinci mertebeli sistemlere olan katkılarının incelendiği bu kısımda en iyi-sönümlü operatör cevabı üçüncü durumdadır ve bu yüzden en düşük minimum ortalama mutlak görelî hata değerleri de bu durumda elde edilmiştir. Şekil 3.51 de üçüncü ve beşinci durumda elde edilen minimum ortalama mutlak görelî hata değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

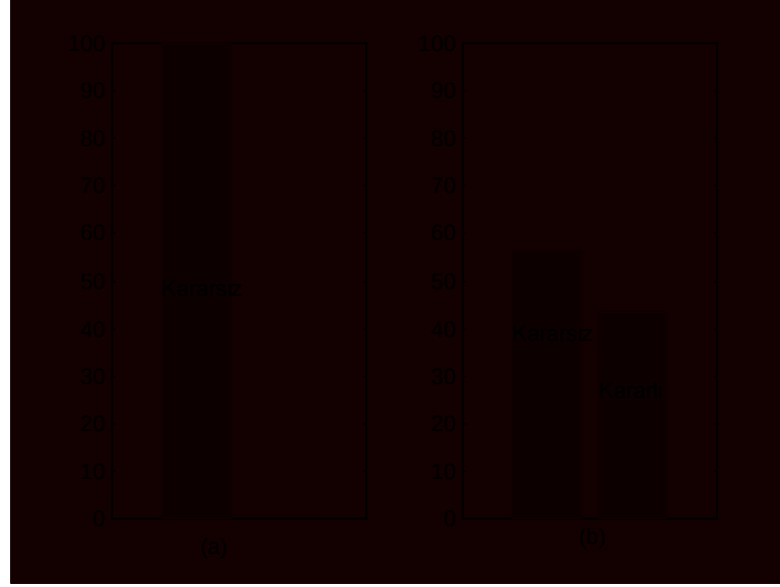


Şekil 3.51 Üçüncü ve beşinci durumda elde edilen minimum ortalama mutlak görel hata değerlerinin karşılaştırılması

İncelenen birinci ve ikinci nertebe sistemlerde görüntü değişkenlerinin yanında operatörün de sistem kararlılığında büyük rolü olduğu gözlenmektedir.

Yüksek konum katsayıları ve hız katsayılarında operatör kaynaklı sınırlamalardan olan bilgi işlem zamanı, kas gruplarının hareketinden kaynaklanan üstel gecikme ve kontrol aygıtı kaynaklı gecikmeler sistemin kontrolünü imkansız hale getirmektedir. Ayrıca daha önce de bahsedildiği gibi çok yüksek hızlarda kaslarda meydana gelen istenmeyen kasılmalar ve operatörün konsantrasyonunda meydana gelebilecek ufak bir dağılma kararsızlığın en önemli sebepleri dir.

Operatör konsantrasyonunun bozulması çeşitli sebeplerden olabildiği gibi en çok uykusuzluk kaynaklı olmaktadır. Uykusuzluk operatörde algılamayı geç gerçekleştirmesine ve sabırsızlığa neden olmaktadır. Sabırsızlık ise operatörün kazancını artırır. Bu deneysel çalışma esnasında uyku haliyle yapılan deneyler daha sonra yeniden yapıldığında sonuçların farklı olduğu görülmüştür. Bu duruma örnek Şekil 3.52’de görülmektedir.



Şekil 3.52 Uyku hali ile ve uyku hali geçtikten sonra (8, 0, 0) katsayıları ile yapılan deneyler (a) Uyku hali (b) Uyku hali geçtikten sonra

Görüldüğü gibi uyku hali geçtikten sonra dinlenmiş bir şekilde deneyler yapıldığında kararsızlık azalmıştır.

Kararlılığı olumlu etkileyen ilk operatör kaynaklı durum ise uygunluktur. Uygunluğun, uyarı ve cevap arasındaki ilişkisini insan beklentilerine uyumunu ifade ettiği görülmüştü. Bu deneysel çalışmada ise operatörün fareyi ileri geri hareket ettirmesine karşılık ekrandaki çubuğun yukarı aşağı hareket etmesi hareketset uygunluktur ve kararlılığı artırıcı etkisi vardır.

Kararlılığı olumlu etkileyen ikinci operatör kaynaklı durum ise tahmindir. Özellikle birinci mertebe sistemlerde operatör sistem cevabını ilk birkaç denemeden sonra öngörü edebilmektedir. Ancak çok yüksek hız-konum katsayılarında ve özellikle ikinci mertebe sistemlerde bu öngörü zorlaştığından kararlılığı artırıcı etkisi daha az olmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada incelendiği gibi pek çok sistemin kontrolünde insan-makine etkileşiminin büyük bir önemi vardır ve bu öneme bağlı olarak operatör ve sistem özelliklerinin anlaşılması büyük önem kazanmaktadır.

Karşılaşılan sistem yapıları ile beraber insanın kontrol etmesi gereken değişkenler ve buna bağlı olarak da operatörün üzerindeki yük artmaktadır. Bu yükü azaltmak amaçlı yöntemlerden olan görüntüyü hızlandırma netodundaki görüntü katsayılarının farklı pek çok değeri bu çalışmada incelenmiştir. Kullanılan deney düzeneğinde birinci mertbe sistemler genel olarak kararlıdır ancak uygun görüntü katsayıları ile operatör cevabı daha da sönümlü hale gelmekte ve kontrol edilen sistemin cevap hızı artmaktadır. İncelenen durum için uygun katsayılar konum katsayıları 3 ve 5 için hız katsayılarının 3 ve 5 olmasıdır. İnsanın ve kontrol aygıtının cevap verme hızına en yakın katsayıların bu katsayılar olduğu görülmüştür. Genel olarak kararlı olan ikinci mertbe sistemlerin ise görüntü katsayılarının eklenmesi ile kararlı hale geldikleri gözlenmiştir. İkinci mertbe sistemler için farklı durumlarda yapılan incelemelerde ise, insan ve kontrol aygıtının doğasına en uygun katsayıların yine birinci mertbe sistemlerdeki gibi olduğu ve ivme katsayılarının mümkün olduğunca küçük tutulması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Gözlenen diğer bir sonuç ise, operatörün incelenen ani bozuculara karşı çok iyi adapte olabilen bir kontrolör olduğudur. Ancak operatör performansı uykusuzluğun, yorgunluğun ve çok yüksek görüntü katsayılarının olduğu durumlarda kendisi ve kontrol aygıtı yapısındaki sınırlamalardan dolayı düşmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın da gösterdiği gibi insan-makine etkileşimi ne kadar iyi anlaşılırsa yüksek performanslı yeni sistemler dizayn etmekte o kadar kolay olacaktır. Örnek olarak uçaklarda pilotlar, bu çalışmada en iyi sonuçları veren görüntü katsayıları ile rasgele bozuculara daha kolay ve hızlı müdahale

edebilecekleri gibi tahmin edilen hatayı ekrandan görerek de bozuculara karşı uygulayacakları düzeltici girişlere daha doğru karar verebilirler.

KAYNAKLAR

Allen, R W, Jex, H R, McRuer, D T, and DiMarco, R J, 1975. Alcohol Effects on Driving Behaviour and Performance in Car Simulator. *IEEE Trans.Syst., Man Cybern.*, **5**, 498

Birmingham H P, and Taylor, F V, 1954. A Design Philosophy for Man-Machine Control Systems. *Proc IRE*, **42**: 1748-1758

Card, S, English, W, and Burr, B, 1978. Evaluation of Mouse, Rate-Controlled Isometric Joystick, Step keys, and Text keys for Text Selection on a CRT. *Ergonomics*, **21**, 601-613

H kind, J.L, and Sprague, L T, 1961. Transmission of Information in Simple Manual Control Systems. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, **HFE-2**, 58-60

Epps, B, 1987. A Comparison of Cursor Control Devices on A Graphics Editing Task. *Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting*. Santa Monica, CA Human Factors Society, pp 442-446

Haanpaa D P, and Roston G P, 1997, An Advanced Haptic System for Improving Man-Machine Interfaces, *Comput. & Graphics*, Great Britain, **21**, 443-449

Hzal, N A, 1997. A Computer Experiment on Man-Machine Interaction, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, University of Manchester, Great Britain, **26**, 133-142

Jagacinski, R.J, and Flach, J. M, 2003. Control Theory for Humans, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey

McRuer, D T, 1979. Human Dynamics in Man-Machine Systems, *Automatica*, New Jersey, **16**, 237-253,

McRuer, D T, and Jex, H R, 1967. A Review of Quasi-Linear Pilot Models. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, **8**, 231

McRuer, D T, and Krendel, E S, 1959. The Human Operator as A Servo System Element. *Journal of Franklin Institute*, **267**, 381-403, 511-536

McRuer, D T, Magdalen, R E, and Moore, G P, 1968. A Neuromuscular Actuation System Model. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, **MMS-9**, 61-71

Poulton, E C, 1974. *Tracking skills and manual control*. New York: Academic Press

Sanders, MS, and McCormick, E J, 1993. Human Factors In Engineering and Design, Seventh Edition, McGraw Hill, INC

Sheridan, T B, and Ferrel, WR, 1974. Man-Machine Interaction: Information, Control and Decision Models of Human Performance, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts

Shneiderman, B, 1987. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human Computer Interaction. Reading, MA: Addison-Wesley

Wickens C D, 1992. Engineering Psychology and Human Performance Second Edition, Harper Collins Publishers, New York

EK 1

```
% Man- Machine Interaction Experiment.
% The aim is to keep the yellowline at the same level with the white line
% in spite of the disturbances, through vertical mouse movements.
% The following can be specified on the command line or through the "Settings"
% button
% * dt: Disturbance type. 'f', 'v' or 'r', corresponding to fixed sized step (+/- 0.5),
% variable sized step (+/- [0.3 to 0.7]), or random variations in time, respectively.
% With the first two (step) disturbance types, there is a random delay before the
% application of the step disturbance. Default: 'r'.
% * n: 1 or 2, corresponding to single or double integrating plants. Default: 1.
% * w1n1, w2n1, w1n2, w2n2 and w3n2: These are the weights used for defining the
% displayed variable (yellowline) in terms of the error and its derivatives.
% w1.: Weight for the error, w2. and w3.: Weights for the first and the
% second derivatives. The last character in the name indicates the number
% of integrations in the plant.
% Defaults for n=1: w1n1=1, w2n1=0.2
% Defaults for n=2: w1n2=1, w2n2=1, w3n2=0.2
% * Tr: Running time in seconds (Following the delay, if any). Default: 30.
% Consecutive runs can be started by clicking the "Run" button.
% The vector "store" stores the "aare" values which are the average absolute relative
% errors, defined as the average absolute errors divided by the disturbance levels.
% (The displayed "trial number" is the length of the vector "store").
% The other output variables (vectors) that can be observed are:
% d: Disturbance input, m: Manual input, d+m: Total input, y: Plant output,
% dl: Displayed variable, t: Time (use e.g. as plot(t, m)).
% Uses mniset.m for settings.
% Note 1: It will be necessary to "clear" the workspace before running this script, if
% any previously run scripts have left variables with names dt, n, Tr, w1n1 etc.
% Note 2: If the RAM is too full or fragmented, "clear all" or "pack" may be
% necessary
% for obtaining the proper speed, since there can be a decrease in speed then
% [H zal, 1997].
if exist('dt')==1    dt='r'; end
if exist('n')==1     n=1; end
if exist('w1n1')==1  w1n1=1; end
if exist('w2n1')==1  w2n1=2; end
if exist('w1n2')==1  w1n2=1; end
if exist('w2n2')==1  w2n2=1; end
if exist('w3n2')==1  w3n2=2; end
if exist('Tr')==1    Tr=30; end

% An attempt to catch left over variables:
if ~isstr('dt')|n<1|n>2|any([w1n1 w2n1 w1n2 w2n2 w3n2]<0)|Tr<0
```

```

error('Inappropriate settings. "clear" for defaults.')
end

%Initial Screen
if ~exist('not_initial')
clf, axis([0 1 -1 1]), axis off
ss=get(0, 'screensize'); set(gcf,'position',[ss(1) ss(2) +.125*ss(4) ss(3) +.875*ss(4)]);
text(.12,0,'Min-Machine Interaction Experiment','fontw','d','fontsize',20)
uicontrol('style','push','units','norm','position',[.71 .02 .08 .037], 'string','Settings','callback','df, mmi set')
uicontrol('style','push','units','norm','position',[.805 .02 .08 .037], 'string','Run','callback','mmi exp')
figure(gcf), not_initial=1; return
end

Ts=1; %Time step size (To standardize against machine speed).
wn=1; % Natural frequency of the low-pass filter for random disturbance
generation
Dmax=5; %Upto about Dmax sec random delay for step disturbances.
fw=d; %Text font weight. For printing 'b' is better (no size change).

if Tr<1.5*Dmax Dmax=.67*Tr; end
if n==1
ww1=0; ww2=w1n1; ww3=w2n1;
elseif n==2
ww1=w1n2; ww2=w2n2; ww3=w3n2;
end
clear u d

% Define a disturbance vector initiate:
% Delay for the step disturbance onset:
if strcmp(d,'f')| strcmp(d,'v')
kd=fix(rand*Dmax/Ts)+1;
else
kd=0;
end
kr=fix(Tr/Ts); kmax=kr+kd;
% Either .5 or -.5 step size:
if strcmp(d,'f')
ad=(rand>.5)-.5; d(1:kd)=zeros(1,kd); d(kd+1:kmax)=ad*ones(1,kmax);
% Or a random variation of step size in the range +/- (r1 to r2):
elseif strcmp(d,'v')
r=rand; r1=.3; r2=.7; ad=siggn(r)*(r1+(r2-r1)*abs(r));
d(1:kd)=zeros(1,kd); d(kd+1:kmax)=ad*ones(1,kmax);
% Or a random variation initiate, obtained by low-pass filtering Gaussian noise:
elseif strcmp(d,'r')
[num,den]=c2dn(1,[1/wn/wn 1.4/wn 1],Ts,'tustin');
u=randn(1,kmax);
d=filter(num,den,u);
end

```

```

% Prepare the screen
clf, hp=plot([.35 .65],[0 0],'erase mode','xor');
axis([0 1 -1 1]); axis(axis)
ss=get(0,'screensize');
set(gcf,'position',[ss(1) ss(2)+125*ss(4) ss(3)+.875*ss(4)]);
line([0.35 nan .65 1],[0 0 0 0],'color','w');
set(gca,'xick,[],'yick,[]);
ht=ext(.05,2,'<','font size',30,'font w','d');
set(gcf,'pointer','crosshair')
figure(gcf)
ax=axis; apos=get(gca,'position'); fpos=get(gcf,'position');
% Move the pointer to zero manual input position
x0=((.5-ax(1))*apos(3)/(ax(2)-ax(1))+apos(1))*fpos(3)+fpos(1); xout=round(xout);
y0=((0-ax(3))*apos(4)/(ax(4)-ax(3))+apos(2))*fpos(4)+fpos(2); yout=round(yout);
set(0,'pointerlocation',[x0 y0]);
% Optional display:
% if n==1 wd=[num2str(w1n1) ' ' num2str(w2n1)]; else wd=[num2str(w1n2) ' '
num2str(w2n2) ' ' num2str(w3n2)]; end
% title(['d = ' dt ' n = ' int2str(n) ' Weights = ' wd ' Tr = '
num2str(Tr)],'font w','d')

% Run:
int1y=0; int2y=0; m=zeros(1,kmax); d=m; y=m;
cc1=(ax(4)-ax(3))/(fpos(4)*apos(4)); cc2=ax(3)-cc1*(fpos(2)+fpos(4)*apos(2));
t0=clock;
for k=1:kmax
figure(gcf)
if k>kd
p0=get(0,'pointerlocation');
% Manual input:
n(k)=cc1*p0(2)+cc2;
% m(k)=(((p0(2)-fpos(2))/fpos(4)-apos(2))/apos(4))*(ax(4)-ax(3))+ax(3);
end
% Integrate twice:
int1y=int1y+(n(k)+d(k))*Ts;
int2y=int2y+int1y*Ts;
if n==1 y(k)=int1y; % Output of the single integrating plant.
elseif n==2 y(k)=int2y; % Output of the double integrating plant.
end
% Update the display:
d(k)=ww1*int2y+ww2*int1y+ww3*(d(k)+n(k));
ty=((d(k)>=1)-(d(k)<=-1))*0.9+(d(k)<1 & d(k)>-1)*2;
set(ht,'position',[.05 ty],'rotation',-100*ty)
set(hp,'ydata',[d(k) d(k)])
% Wait for the duration Ts:
while 1
if etime(clock,t0)>=Ts break; end
end
t0=clock;
end
end

```

```

% Display the results
% (Curves of output y, disturbance d, manual input m, total input d+m
% and calculation of the average absolute relative error aare,
% and its storage vector "store"):
t=0:length(y)-1; t=Ts*t;
if strcmp(d,'r')
    re=y./d; aare=sum(abs(re))/length(re);
    plot(t,y,t,d,'y-')
    title('Disturbance: Dashed Line      Plant Output (Error): Full Line','font w,fw')
else
    aae=sum(abs(y(kd+1:length(y))))/(length(y)-kd);
    aare=aae/abs(ad);
    plot(t,y)
    title('Plant Output (Error)','font w,fw')
    text(0,-.09,['Disturbance level: ' num2str(ad)],'units','nor mh','font w,fw')
end
ax=axis; axis([ax(1) ax(2) ax(3) ax(4)+(ax(4)-ax(3))*25])
xlabel('Time (s)','font w,fw')
text(.235,.92,['Average      Absolute      Relative      Error      =      '
num2str(aare)],'units','nor mh','font w,fw')
ax=axis; xfn=[.2 .8 .8 .2 .2]; yfn=[.89 .89 .96 .96 .89];
xfd=ax(1)+xfn*(ax(2)-ax(1)); yfd=ax(3)+yfn*(ax(4)-ax(3));
line(xfd,yfd,'color','w')
line([ax(1) ax(2)],[0 0],'color',.45*[1 1 1]), line(t,y)
set(gcf,'pointer','arrow'), figure(gcf)
uicontrol('style','push','units','nor mh','position',[.805 .02 .08
.037],'string','Run','callback','mmiexp')
cstr=plot(t,dt,mt,d+m',''), xlabel('Time (s)','font w,fw'), title('Disturbance (Yellow)
Manual (Magenta)      Total Input (Cyan)');
cstr=[cstr '' 'font w,fw'), line([ax(1) ax(2)],[0 0],'color',[.4 .4 .4]), hold
on, plot(t,dt,mt,d+m'),''), figure(gcf)];
M=20; % Smoothing factor (M>1) for etfe.m (Smaller M results in more effective
smoothing). See etfetest.
M=[];
uicontrol('style','push','units','nor mh','position',[.94 .07 .04
.037],'string','FRI','callback','figure(2), bodeplot(etfe([mh -d']), M128, Ts));)
uicontrol('style','push','units','nor mh','position',[.9 .02 .08 .037],'string','Input
Plot','callback',cstr)
uicontrol('style','push','units','nor mh','position',[.71 .02 .08
.037],'string','Settings','callback','df, mmi set')
store=[store aare]; text(.05,.92,['Trial ' int2str(length(store))], 'units','nor mh')

```

```

% Setting script for miniexp.m
%( H zal, 1997)

while 1

ni =11;
hf =figure(' numbertitle',' off',' menubar',' none');
fp=get(gcf,' position'); set(gcf,' position,fp+[ 60 -20 -120 -30])
axis([0 1 1 ni+1])
axis off, set(gca,' position,[. 13 . 11 . 775 . 75])
title(' S E T T I N G S','font underline',' on','font w',' d')
set(gcf,' defaulttextfont weight',' d)

x=; 1; c= wwwyywwgggg';
text(x,11,' Disturbance Type: Fixed Step','color',c(1))
text(x,10,' Disturbance Type: Variable Step','color',c(2))
text(x,9,' Disturbance Type: Random','color',c(3))
text(x,8,' Number of Integrations: 1','color',c(4))
text(x,7,' Number of Integrations: 2','color',c(5))
text(x,6,' Input the Weights','color',c(6))
text(x,5,' Input the Running Time','color',c(7))
text(x,4,' Display the Present Settings','color',c(8))
text(x,3,' Set to defaults','color',c(9))
text(x,2,' Gear Store','color',c(10))
text(x,1,' Exit and Run','color',c(11))

while 1
figure(hf)
w=waitforbuttonpress;
if w==0 & gcf==hf break, end
end
cp=get(gca,' current point'); s=cp(1,1:2);

nv=round(ni+1-s(2));
if nv<1 nv=1; elseif nv>ni nv=ni; end

if nv==1 d=f; close
elseif nv==2 d=v; close
elseif nv==3 d=r; close
elseif nv==4 n=1; close
elseif nv==5 n=2; close
elseif nv==6 close all
if n==1
w1n1=input(' Weight for displaying the "Out put": ');
w2n1=input(' Weight for displaying the "Out put Rate": ');
elseif n==2
w1n2=input(' Weight for displaying the "Out put": ');
w2n2=input(' Weight for displaying the "Out put Rate": ');
w3n2=input(' Weight for displaying the "Out put Rate Rate": ');
end
end

```

```

elseif mv==7 close all, Tr=input('Running Time (sec): ');
elseif mv==8 close all, disp([';''])
    format compact, more off
    Disturbance_Type=[' ' d]
    Number_of_Integ=n
    disp('Display Weights:')
    if n==1
        w1n1, w2n1
    elseif n==2
        w1n2, w2n2, w3n2
    end
    Running_Time=Tr
    format loose, more on
elseif mv==9 d=f; n=2; w1n1=1; w2n1=.2; w1n2=1; w2n2=1; w3n2=.2; Tr=10;
close
elseif mv==10 clear store, close
elseif mv==11 break
end %if

end %while
close

```

ÖZGEÇMİŞ

Çiğdem Balçık 1978 yılında İzmit'te doğdu. Lise öğrenimini 1995 yılında İzmit Lisesi'nde tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde ön lisansa başladı. Lisans eğitiminin tamamlanmasının ardından, 1999 yılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana bilim dalı, Makine Teorisi ve Kontrol Programında Yüksek lisans eğitimine başladı. Halen eğitimine burada devam etmektedir.