

Hizmet Sektörü İçin Bir Tepkisel izelgeleme Sistem Önerisi
Acil Servis Kontrol Sistemi

Şafak Kırış

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2008

Proposal of a Reactive Scheduling System for Service Sector
Emergency Room Control System

Şafak Kırış

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Industrial Engineering

June 2008

Hizmet Sektörü İçin Bir Tepkisel Çizelgeleme Sistem Önerisi
Acil Servis Kontrol Sistemi

Şafak Kırış

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Nihat Yüzügüllü

Haziran 2008

ONAY

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı Doktora öğrencisi ŞAFAK KIRIŞ'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı “HİZMET SEKTÖRÜ İÇİN BİR TEPKİSEL ÇİZELGELEME SİSTEM ÖNERİSİ: ACİL SERVİS KONTROL SİSTEMİ” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

İkinci Danışman : -

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

Üye : Prof. Dr. Serpil EROL

Üye : Doç. Dr. A. Alper ÇEVİK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Servet HASGÜL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Üretim sektörü için hedefler doğrultusunda işlerin makinelere atanması, sıralanması ve zamanlandırılması probleminin büyük öneme sahip olması nedeniyle çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte hizmet sektörü için çizelgeleme sürecine ilişkin yaygın kullanılan sistematik bir yapının olmaması düşüncesiyle, hizmet sektöründeki çizelgeleme yapısını inceleme gereği duyulmuştur. Bunun yanı sıra, hizmet sektöründe karşılaşılan belirsiz ve değişken yapı, tepkisel çizelgeleme sisteminin gereksinimini de ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla, özellikle tepki süresinin çok kısa olması gereken hizmet sektörüne yönelik, işlem süresi tahminlemesi, çizelgeleme ve güncelleme fonksiyonlarına sahip bir sistem önerisi geliştirilmiştir.

Süre tahminlemesinde Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), çizelgeleme sürecinde ise bilgi tabanlı sistem yaklaşımı önerilmiştir. Bilgi tabanlı yaklaşımda temel amaç; müşteri öncelik tanımlaması yapılarak, öncelikli müşterinin ilk işlem görmesi kuralına dayanmaktadır. Geliştirilen algoritma ile müşteri geliş sıraları, işlem süreleri ve çalışan yükleri de kontrol edilebilmektedir. Önerilen yapının etkinliğini gösterebilmek amacıyla, hizmet sektöründe özel bir yapıya sahip hastane acil servis sistemi için çözümler yapılmıştır. Acil servis beklentilerine cevap verecek Acil Servis Kontrol Sistemi (ASKS) olarak isimlendirilen bir tepkisel çizelgeleme sistemi geliştirilmiştir. Buna göre hastaların özelliklerine göre ilk müdahale süresi tahmini yapılabilmekte, öncelikli hasta ilk müdahale göreceği şekilde hasta geliş sıraları, işlem süreleri ve doktor yükleri de dikkate alınarak görevler çizelgelenebilmektedir. Acil serviste yapılan denemeler ile önerilen sistemin başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Buradan yola çıkarak önerilen tepkisel çizelgeleme sisteminin, gereksinimlere çok kısa sürede cevap verilmesi gereken acil servisler başta olmak üzere, farklı hizmet birimlerine de uyum sağlayabileceği ve müşteri ile çalışan memnuniyetini arttıracığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, tepkisel çizelgeleme, acil servis, bilgi tabanlı sistem.

SUMMARY

There are lots of studies in manufacturing sector because of the importance of assigning duties to machines, sequencing and timing. In addition to this, the idea of not any common systematic structure for scheduling process in service sector, the scheduling structure of service sector needs to be examined. The uncertain and varied structure of service sector is revealed the requirement of reactive scheduling system. For this purpose, a system which the reaction time has to be very short for service sector and has process time estimation, scheduling and reschedule functions is proposed.

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) is proposed in estimation of process time and a knowledge-based scheduling system is proposed for scheduling phase. The main aim in knowledge-based system is based on prior customer first rule by determining priority definition of customers. Customer arrival order, process time and staff loads are under control with the proposed algorithm. To see the efficiency of the proposed system, analyses are done in hospital emergency room which has a special structure in service sector. A reactive scheduling system which is named as Emergency Room Control System is designed. Process time estimation can be done according to the attributes of patients and the tasks are scheduled with prior patient first by taking into consideration arrival orders, process times and doctor loads. It is seen that the proposed system can be applied with the studies in an emergency room. Starting from here, it is thought that the proposed reactive scheduling system can be applied firstly in emergency rooms, the adaptation can be made to the other service units and customer/staff satisfaction will be rised.

Keywords: Scheduling, reactive scheduling, knowledge-based system, emergency room.

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren danışmanım Sayın Prof.Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ'ye, yönlendirici destekleri için Sayın Prof.Dr. Serpil EROL'a, Sayın Yrd. Doç.Dr. Ediz ATMACA'ya ve Sayın Yrd. Doç.Dr. Servet HASGÜL'e, uygulama aşamasında gösterdikleri ilgi ve destekler için Sayın Doç.Dr. A.Alper ÇEVİK'e ve Sayın Uzman Dr. Nurdan ERGÜN'e ve desteklerini her zaman hissettiğim başta eşim Tuncay KIRIŞ olmak üzere tüm aileme teşekkürleri bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
GENEL ÇİZGİLERİYLE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ	5
2.1 Çizelgeleme Problemleri ve Sınıflandırılması	5
2.2 Üretim ve Hizmet Sektörlerinde Çizelgeleme Süreci	8
2.2.1 Sektörler arası yapısal farklılıklar	10
2.2.2 Hizmet sektöründe çizelgeleme	13
2.2.2.1 Hizmet sektöründe genel yapı	13
2.2.2.2 Hizmet sektöründe çizelgelemede karşılaşılan durumlar	15
2.2.2.3 Hizmet sektöründe çizelgeleme konusunda yapılmış çalışmalar	15
2.3 Çizelgeleme Problemlerinde Çözüm Yaklaşımları	19
2.3.1 En iyiyi sağlayan çizelgeleme yaklaşımları	20
2.3.2 Sezgisel yaklaşımlar	21
2.3.3 Yapay zeka tabanlı yaklaşımlar	22
BÖLÜM 3	25
TEPKİSEL ÇİZELGELEME	25
3.1 Giriş	25
3.2 Tepkiselliğin Çizelgeleme Sürecindeki Yeri	26
3.2.1 Çizelgeleme ortamları	26
3.2.2 Çizelgeleme sıklığı	27

İÇİNDEKİLER (devam)

3.3	Tepkisel Çizelgelemede Genel Yapı.....	29
3.3.1	Bozulma türleri	31
3.3.2	Başarı ölçütleri.....	33
3.3.2.1	Etkinlik.....	33
3.3.2.2	Sağlamlık	34
3.4	Çözüm Yaklaşımları ve Daha Önce Yapılmış Çalışmalar.....	35
3.4.1	Geleneksel yaklaşımlar	36
3.4.2	Bilgi tabanlı yaklaşım	45
3.4.3	Dağıtımli çözümlene yaklaşımı	50
BÖLÜM 4.....		52
HİZMET SEKTÖRÜNDE ÇİZELGELEME İÇİN ÇÖZÜMLEMELER VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI.....		52
4.1	Giriş	52
4.2	Süre Tahminlemede Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Uygulanması.....	53
4.2.1	Bulanık mantık ve Sugeno bulanık modeli.....	53
4.2.2	Üyelik fonksiyonları	56
4.2.3	Uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS).....	60
4.2.4	ANFIS için geri yayımlı öğrenme algoritması	63
4.3	Çizelgeleme Probleminde Bilgi Tabanlı Sistem Tasarımı.....	67
4.3.1	Sistem amaçları.....	67
4.3.2	Kısıtlar	69
4.3.3	Sistem yapısı ve uygulama süreci.....	70
4.4	Önerilen Yaklaşımın Uygulama Planı	72
BÖLÜM 5.....		74
TIP FAKÜLTESİ HASTANESİ ACİL SERVİSİNDE UYGULAMA DENEMESİ		74
5.1	Acil Servis Genel Yapısı.....	74
5.2	Acil Servis Yönetiminde Karşılaşılan Sorunlar.....	76
5.3	Acil Servis Çözümlemesi.....	77
5.4	Acil Serviste Çizelgeleme Problemi.....	94
5.4.1	Matematiksel model.....	94

İÇİNDEKİLER (devam)

5.4.2	Acil servis kontrol sistemi (ASKS)	97
5.4.3	Matematiksel model ve önerilen algoritma karşılaştırması	107
5.5	Mevcut Uygulama ile Önerilen Sistemin Karşılaştırılması	119
5.6	Uygulamada Karşılaşılabilecek Bozulmalar ve Düzeltici Yaklaşımlar....	124
5.6.1	Doktor sayısının azalması veya artması.....	126
5.6.2	Süre değişimi	131
5.6.3	Acil hasta gelişi.....	136
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		141

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Üretim sektörü için bilgi akış şeması	9
Şekil 2.2 Hizmet sektörü için bilgi akış şeması	10
Şekil 2.3 Hizmet sektörü genel yapısı	11
Şekil 2.4 Mal ve hizmet karşılaştırması.....	13
Şekil 3.1 Çevrimiçi ve çevrimdışı yaklaşımlar	26
Şekil 3.2 Değişikliklere karşı sistem geliştirme yolları	29
Şekil 3.3 Kontrol mekanizması.....	32
Şekil 3.4 Çizelge düzeltme yaklaşımlarının sınıflandırılması	35
Şekil 3.5 Bilgi tabanlı sistem yapısı.....	45
Şekil 4.1 Bulanık çıkarım sistemi	54
Şekil 4.2 Bulanık Sugeno modeli	55
Şekil 4.3 Üçgen üyelik fonksiyonu	56
Şekil 4.4 Yamuk üyelik fonksiyonu	57
Şekil 4.5 Gaussian üyelik fonksiyonu.....	58
Şekil 4.6 Genelleştirilmiş çan eğrisi üyelik fonksiyonu	59
Şekil 4.7 Sigmoidal üyelik fonksiyonu.....	60
Şekil 4.8 ANFIS yapısı	61
Şekil 4.9 Önerilen sistemin veri akış diyagramı	71
Şekil 4.10 Karşılaşılan dinamik olaylar için çizelge güncellemesi	72
Şekil 5.1 Hasta bakım süreci.....	78
Şekil 5.2 Hasta bilgi giriş ara yüzü	79
Şekil 5.3 Acil Serviste Hasta Bakım Sürecindeki Basamaklar.....	80
Şekil 5.4 Ana faktör etkileri grafikleri.....	84
Şekil 5.5 Faktör etkileşim grafikleri	84
Şekil 5.6 Faktör düzeyleri ve korelasyon ilişkisi.....	86
Şekil 5.7 Faktör düzeyleri ve standart sapma ilişkisi.....	86
Şekil 5.8 Faktör düzeyleri ve kural sayısı ilişkisi	87
Şekil 5.9 4 girdili 72 kurallı ANFIS yapısı.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.10 Kategori için üyelik fonksiyonu	89
Şekil 5.11 Yaş grubu için üyelik fonksiyonu.....	89
Şekil 5.12 Genel Durum için üyelik fonksiyonu	90
Şekil 5.13 Dönem için üyelik fonksiyonu	90
Şekil 5.14 Sistem çıktısı ile gerçek çıktının grafiksel gösterimi.....	91
Şekil 5.15 Lingo sonuçlarına göre hazırlanan çizelge	97
Şekil 5.16 Önerilen algoritma akış diyagramı	99
Şekil 5.17 ASKS ara yüzü	103
Şekil 5.18 Doktor durumları	104
Şekil 5.19 Bir hastanın sayfası.....	104
Şekil 5.20 Doktorun takip ettiği hasta bilgi listesi.....	105
Şekil 5.21 Çizelge bilgi gösterimi.....	106
Şekil 5.22 Saatlik hasta sayıları	107
Şekil 5.23 8 hasta için hazırlanan çizelge	108
Şekil 5.24 11(a) hasta için hazırlanan çizelge.....	109
Şekil 5.25 11(b) hasta için hazırlanan çizelge	111
Şekil 5.26 10 hasta için hazırlanan çizelge	112
Şekil 5.27 12 hasta için hazırlanan çizelge	113
Şekil 5.28 9 hasta için hazırlanan çizelge	114
Şekil 5.29 4(a) hasta için hazırlanan çizelge.....	116
Şekil 5.30 4(b) hasta için hazırlanan çizelge	117
Şekil 5.31 Doktor sayısının azalması/artması durumu için düzeltme yaklaşımı	126
Şekil 5.32 Doktor sayısı azaldığında ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları...	128
Şekil 5.33 Doktor sayısı azaldığında ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları	128
Şekil 5.34 Doktor sayısı azaladığında Deney 1 sonucu hazırlanan çizelgeler.....	130
Şekil 5.35 İlk müdahale süresindeki değişkenlik için düzeltme yaklaşımı	131
Şekil 5.36 Süre değişikliği için ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları	133
Şekil 5.37 Süre değişikliği için ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları	133

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.38 Süre değişimi için Deney 1 sonucu hazırlanan çizelgeler	135
Şekil 5.39 Öncelikli hasta gelişinde düzeltme yaklaşımı	136
Şekil 5.40 Acil hasta gelişi için ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları	138
Şekil 5.41 Acil hasta gelişi için ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları	138
Şekil 5.42 Acil hasta gelişi için Deney 1 sonucu hazırlanan çizelgeler	140

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Bazı hizmet sistemlerinin amaç ve kısıtları	16
Çizelge 2.2 Seçim için strateji ve kurallar	22
Çizelge 3.1 Tepkisel çizelgeleme politikaları	28
Çizelge 3.2 Karşılaşılan dinamik olaylar	31
Çizelge 5.1 Çalışan sayıları	75
Çizelge 5.2 Kategori puan değerleri	83
Çizelge 5.3 Faktör düzeyleri	85
Çizelge 5.4 ¼ Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı sonuçları	85
Çizelge 5.5 Örnek uygulama sonucu elde edilen akış süreleri	96
Çizelge 5.6 Hasta bilgileri	101
Çizelge 5.7 Hasta-doktor atamaları ve müdahale sıraları	102
Çizelge 5.8 180 dakikalık devreler için ortalama hasta sayıları	107
Çizelge 5.9 8 hasta için atama bilgileri	108
Çizelge 5.10 8 hastalı problem için model sonucu	109
Çizelge 5.11 11(a) hasta için atama bilgileri	109
Çizelge 5.12 11(a) hastalı problem için model sonucu	110
Çizelge 5.13 11(b) hasta için atama bilgileri	110
Çizelge 5.14 11 (b) hastalı problem için model sonucu	111
Çizelge 5.15 10 hasta için atama bilgileri	112
Çizelge 5.16 10 hastalı problem için model sonucu	112
Çizelge 5.17 12 hasta için atama bilgileri	113
Çizelge 5.18 12 hastalı problem için model sonucu	113
Çizelge 5.19 9 hasta için atama bilgileri	114
Çizelge 5.20 9 hastalı problem için model sonucu	115
Çizelge 5.21 4(a) hasta için atama bilgileri	115
Çizelge 5.22 4(a) hastalı problem için model sonucu	116
Çizelge 5.23 4(b) hasta için atama bilgileri	116
Çizelge 5.24 4(b) hastalı problem için model sonucu	117

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**Çizelge****Sayfa**

Çizelge 5.25 Matematiksel model ve önerilen algoritma karşılaştırması.....	118
Çizelge 5.26 20.06.2007 için mevcut ve önerilen durum karşılaştırması.....	120
Çizelge 5.27 30.06.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması.....	121
Çizelge 5.28 22.12.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması.....	122
Çizelge 5.29 31.12.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması.....	123
Çizelge 5.30 Faktör düzeyleri.....	125
Çizelge 5.31 Doktor sayısının azalması durumu için deney tasarımı ve sonuçlar	127
Çizelge 5.32 Süre değişimi için deney tasarımı ve sonuçlar	132
Çizelge 5.33 Acil hasta gelişi için deney tasarımı ve sonuçlar.....	137

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
ANFIS	Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)
ASKS	Acil Servis Kontrol Sistemi
c	Gaussian üyelik fonksiyonu için fonksiyon merkezi parametresi
e	Hata değeri
f	Toplam çıkış değeri
Girdi1 (X)	Kategori
Girdi2 (U)	Yaş grubu
Girdi3 (V)	Genel durum
Girdi4 (Z)	Dönem
p_i, q_i, ξ	Doğrusal fonksiyon parametreleri
σ	Gaussian üyelik fonksiyonu için genişlik parametresi
ε	Hata ölçütü
μ	Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çizelgeleme, belirli amaçlar doğrultusunda makine, malzeme taşıma donatıları, operatörler, araçlar ve donanımlar gibi sınırlı kaynakların görevlere tahsis edilmesi ile ilgilenen bir karar verme sürecidir. Bu tip problemlerde genel olarak işlerin hangi sırada yapılacağı ve zamanlandırmanın nasıl olacağı belirlenmektedir. Çizelgeleme, uygulamada zor bir problem olup, iki temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Çizelge hazırlama,
- Gözden geçirme ve güncellemedir.

Çizelge hazırlama, işlemlerin planlanan başlangıç ve bitiş zamanlarını belirleyen kestirimci bölümü ifade ederken, tepkisel bölüm olarak görülen düzeltme adımı ise çizelgenin yapılışını izlemek ve beklenmedik olaylarla başa çıkmak anlamına gelmektedir (Sabuncuoğlu and Bayız, 2000).

Kestirimci çizelgeleme, oluşan istekler ve var olan durum kısıtları doğrultusunda en sağlam çizelgeyi düzenleme sürecidir. Bu aşamada çizelgelenecek işlerin başlangıçta hazır olduğu, işlem sürelerinin bilindiği, belirgin olduğu, çizelgeleme dönemi boyunca makine ve diğer kaynakların da uygun olduğu düşünülmektedir. Tepkisel çizelgeleme ise, üretim çevresinde karşılaşılabilecek değişimlere uyabilmek için imalat veya hizmet süresi boyunca hazırlanmış çizelge üzerinde değişiklik yapma işlemidir. Dinamik ortamlarda beklenmedik olayların gerçekleşmesi sonucu çizelgelerin yeniden düzenlenmesi gerektiğinde kullanılmaktadır (Sun and Xue, 2001).

Uygulamada çizelgeleme problemleri, akademik anlamda yapılan çalışmalardaki problemlere göre belirli farklılıklar göstermektedir. Akademik çalışmalarda problemler için bazı varsayımlar kabul edilerek çözüme gidilmekte ve gerçek sistem yakalanmaya

çalışılmaktadır. Ancak çoğu zaman gerçek hayat problemleri tanımlandıklarından daha karmaşık yapıda olabilmektedirler.

Gerçek hayat problemlerinde genellikle iş sayısı çok fazla olmakta ve bu işlerin genellikle kısa sürede teslim edilmeleri istenmektedir. Bu gibi durumlarda müşteri ve çalışanların memnuniyetini sağlayarak en iyi sonuca ulaşmak çok kolay olmamaktadır. Bazı taraflarda iyileşme sağlanırken, diğer taraflarda kötüleşme mutlaka gözlenecektir. Önemli olan bu noktada dengeyi sağlayarak, olurlu bir çözüm üretebilmektir.

Gerçek süreçte çoğu zaman deterministik veriyle karşılaşılmamakta ve sistemin dinamik yapısı sebebiyle çizelgelenecek işler belli olmamaktadır. Çalışmalarda tanımlanan dağılımların uygunluğu ve ilgili kaynaklardaki işlem süreleri kestiriminin doğruluğu süreci etkileyeceği için, bu tanımlamalar gerçek sistemi yansıtacak yapıda olmalıdır. Ayrıca her an sisteme yeni işler eklenebilmekte ve böylece çizelgelenecek iş sayısı sürekli değişebilmektedir. Bu değişkenliklerin dışında süreç içerisinde mevcut işlerin öncelikleri de değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı durumlarda ise arızalar, kaynak eksilmesi gibi beklenmeyen koşullar doğabilmekte ve süreç ilerleyememektedir. Böylece çizelgeler gerçeği yansıtamaz hale gelmiş olur. Sağlam çizelgelere ulaşabilmek amacıyla bu problemler çözülmeli ve çizelgeler gerektiğince güncellenmelidir.

Yukarıda anlatılan koşullar hem üretim hem de hizmet sektöründe karşılaşılan özel durumlar olmakla birlikte, hizmet sektöründe çözümlene yapılması üretim sektörüne göre daha zordur. Üretim sektöründe benzer özelliklere sahip üretim ortamları için benzer yaklaşımlar önerilebilirken, hizmet sektöründe çoğu zaman probleme özgü yaklaşımların önerilmesi gerekmektedir.

Bu bilgiler ışığında tanımlanan problemin gerçek ortamı en sağlıklı şekilde ifade edebilmesi için ayrıntılı incelemelerin ve değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, çalışmaların az olduğu görülen hizmet sektörü için çizelgeleme problemlerine cevap verebilecek bir sistem tasarımı ve süreci için çalışılmıştır. Burada özellikle üzerinde durulan konu, sonuçları ciddi anlamda etkileyeceği düşüncesiyle

çizelgeleme problemlerinde karşılaşılan durumlara tepki süresinin kısa olması gerekliliğidir. Bu tür problemlerde süreç devam ederken, gerekli kararlar anında verilmeli ve yine o an uygulamaya konulmalıdır. Bu nedenle hizmet sistemlerinin bu tür problemleri için genelleme yapılmak istenmektedir. Bunun için öncelikle mevcut yapıya yönelik işlem süresi, kaynak sayısı vb. uygun tanımlamalar geliştirilmeli, ardından sürecin başarılı bir şekilde devam edebilmesi için uygun yaklaşımlar kullanılmalıdır. Hizmet sistemlerinde üretim ortamlarındaki çizelgeleme problemlerinden farklı olarak insan faktörü de devreye girmektedir. Bu ve benzeri durumlar şimdiye kadar yapılan çalışmalarda incelenerek uygulanabilir çözüm yaklaşımları araştırılmaktadır.

Önerilen yaklaşımların uygunluğunu ve etkinliğini görebilmek amacıyla dinamik bir yapıya sahip ve hizmet sistemlerinin özel bir hali olan olan Tıp Fakültesi Hastanesi Acil servisinde uygulama denemesi yapılmıştır. Burada klasik hizmet sistemlerinin yapısından daha özel bir yapı söz konusu olmakta ve işlem sürelerinin belirsizliği ile insan hayatı söz konusu olduğu için sistemdeki değişikliklere anında cevap verebilme gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu durumda müdahale sürelerinin tahminlenmesi gerekmekte ve öncelikli hedefleri sağlayacak hızlı bir tepki sistemine daha fazla gereksinim duyulmaktadır.

Önerilen sistem tasarımı üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, bir sonraki aşama olan çizelgeleme sürecinin girdisi olarak da kullanılacak olan işlem sürelerinin tahminlenmesidir. İşlem süresi tahminlemesi aşamasında Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System-ANFIS) yaklaşımı kullanılmıştır. Burada ilk müdahale süresi üzerinde etkili olan faktörler, ana faktör etkileri ile etkileşim grafikleri ve uzman doktor görüşü alınarak belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonları için ilgili düzeylerin belirlenmesinde ise deney tasarımından yararlanılmıştır. Korelasyon, standart sapma ve kural sayısı açısından en uygun sonucu veren seçenek tercih edilmiştir.

İkinci aşama, çizelgelerin hazırlanması ve sürecin takibi için bilgi tabanlı bir sistemin geliştirilmesidir. Bu sistemle hasta ve çalışan memnuniyetini sağlayabilmek

amacıyla çizelgeler hazırlanmaktadır. Önerilen algoritma ile hastalar için tanımlanan öncelikler başta olmak üzere hasta geliş sıraları ve doktor yükleri de göz önüne alınmaktadır. Son aşama ise süreçte meydana gelen bozulmaların düzeltilmesine yöneliktir. Önerilen bilgi tabanlı ve karar verici ile etkileşimli çalışan sistem yardımıyla çizelgeler koşullara uygun olarak düzeltilmekte ve süreç sağlıklı bir şekilde devam edebilmektedir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Öncelikle, genel çizgileriyle üretim ve hizmet sektörlerinde çizelgeleme problemleri ve çözüm yaklaşımları 2. bölümde anlatılmıştır. Tepkisel çizelgeleme, ilgili kavramlar, şimdiye kadar yapılan çalışmalar ve çözüm yaklaşımları 3. bölümde incelenmiştir. Hizmet sektöründe çizelgeleme problemi için geliştirilmiş çözüm yaklaşımları ve önerileri ise 4. bölümde anlatılmıştır.

5. bölümde Tıp Fakültesi Hastanesi Acil servisinde yapılan uygulama çalışmalarına yer verilmiştir. Bu bölümde öncelikle acil servis genel yapısı, karşılaşılan sorunlar ve ilgili çözümler anlatılmıştır. Ardından problemin matematiksel modeli geliştirilmiş, önerilen bilgi tabanlı “Acil Servis Kontrol Sistemi” (ASKS) tanıtılmış ve iki yaklaşım değerlendirilmiştir. Daha sonra önerilen sistem ile mevcut uygulama karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca uygulamada karşılaşılabilecek bozulmalara ve düzeltici yaklaşımlara da yer verilmiş ve ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımı ile önerilen algoritma karşılaştırmaları yapılmıştır.

Çalışmanın sonuçları ile izleyen çalışmalarda ele alınabilecek konular ise sonuç ve öneriler başlığı altında verilerek, çalışma sonlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL ÇİZGİLERİYLE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ

2.1 Çizelgeleme Problemleri ve Sınıflandırılması

Çizelgeleme problemleri ile yapılmış çalışmalar, çözüm yaklaşımları açısından problem yapısı ve atölye şekline göre sınıflandırılabilir. Problem yapısı olarak işlem süresi ve diğer ilgili parametrelerinin belirgin olduğu durum deterministik çizelgeleme problemi olarak tanımlanırken, parametreler bir olasılık dağılımına göre dağılım gösteriyorsa stokastik çizelgeleme problemleri olarak ifade edilmektedirler. Çizelgelenecek işlerin sayıları ile hazır olma zamanları belli ve sabit ise statik çizelgeleme problemi iken, işlerin gelişi rassal ise dinamik çizelgeleme problemi söz konusu olmaktadır (Eren ve Güner, 2002).

Atölye şekline göre bu çizelgeleme problemleri kendi içerisinde de, gelen işlerin işlem sayısı, rota bilgisi ve makinelerin özelliklerine bağlı olarak tek makineli model, paralel makineli model, akış tipi, atölye tipi ve esnek imalat sistemlerinde çizelgeleme modelleri olarak sınıflandırılabilir (Pinedo, 2002).

Bu sınıflandırmalara bağlı olarak bir çizelgeleme problemi $n/m/A/B$ olarak gösterilen dört parametre ile tanımlanabildiği gibi (French, 1982), son yıllarda daha çok kullanım alanı bulan $\alpha|\beta|\gamma$ olarak gösterilen üç kavramla da ifade edilebilmektedir (Pinedo, 2002). French'e (1982) göre n ile iş sayısı, m ile makine sayısı, A ile akış yapısı ve B ile başarı ölçütü tanımlanmaktadır. Akış yapısı içerisinde makine sırası aynı olan işlerin olduğu akış, bu duruma işlerin makinelerdeki sıralarının da aynı olması gerekliliği eklendiğinde permütasyon ve teknoloji kısıtlarının olmadığı genel akış yer almaktadır. Diğer gösterime göre ise α kaynak ortamını ifade etmekten, β süreç özelliklerini ve kısıtları, γ ise amacı göstermektedir (Pinedo, 2002).

Kaynak ortamları tek makineli, paralel makineli, akış tipi, atölye tipi, esnek imalat sistemleri olarak gösterilebilmektedir. Bu ortamlar aşağıda kısaca maddeler halinde açıklanmaktadır.

- Tek makineli çizelgeleme probleminde gelen işler tek makineye gireceği için işlerin yapılış sıralarının belirlenmesi gerekmektedir.
- Paralel makineli çizelgeleme problemlerinde gelen işler makinelerden herhangi birinde işlem görebilmektedir.
- Akış tipi üretimde her iş aynı rotayı takip ederek, dizi halinde sıralanmış her makineden sırasıyla geçmektedir. Bir iş bir makinedeki işini bitirdikten sonra sıradaki makinenin sırasına geçmektedir.
- Esnek akış tipi üretim ortamı ise akış tipi ve paralel makineli üretim ortamlarının genelleştirilmiş halidir. İşler benzer makinelere sahip aşamalardan sırasıyla geçmektedir.
- Atölye tipi üretim ortamında her işin kendine ait rotası bulunmaktadır.
- Esnek atölye tipi problemleri ise atölye tipi ve paralel makineli üretim ortamlarının birleştirilmiş hali olarak düşünülebilmektedir. Bu ortamlarda her birinde benzer makinelerin olduğu iş istasyonları yer almakta ve her işin kendi rotası bulunmaktadır.
- Eğer işler tekrar aynı makinelerde işlem görebiliyor ve farklı işlerin farklı rotaları olabiliyorsa, bu tür ortamlar için de açık atölye kavramı kullanılmaktadır.

β , süreç özelliklerini ve kısıtlarını tanımlayan alanı göstermektedir. Bir işin hazır olma zamanı, işler arasında sıra bağımlı hazırlık süreleri, kaynaktan işi boşaltma durumu, teknolojik kısıtlar, makine bozulması, makine uygunluk kısıtı, sıralama disiplini, bekleyememe kısıtı, tıkanma durumu ve benzer diğer durumlar bu alana girmektedir. Bu alanda yer alan bazı durumlar maddeler halinde aşağıda verilmektedir.

- Bir işin hazır olma zamanı ile ilgili bir kısıt söz konusu olabilmekte veya her an o iş işleme hazır olabilmektedir.

- Bir işten diğer bir işe geçerken makinenin temizlenmesi ya da parça takılması gibi durumlar için hazırlık süresi gerekiyorsa, sıra bağımlı hazırlık süreleri söz konusu olmaktadır.

- Bazı işlere belirli işlemlerin yapılabilmesi için öncesinde gerekli bazı işlemlerin tamamlanmış olması gerekebilmektedir. Bu işlemler tamamlanmadan diğer işlemlere izin verilmemektedir.

- İşler bazı durumlarda bölünebilmektedir.

- Makine arızaları sebebiyle ya da makine uygunsuzluğu sebebiyle bazı işler beklemek zorunda kalabilmektedir.

- İşletmenin hedeflerine yönelik belirlenen sıralama politikaları doğrultusunda da işler bekleyebilmekte ya da öncelikli olarak işlem görebilmektedir.

γ karakteri ise işletmenin hedeflerini ifade etmektedir. Özellikle en büyük tamamlanma zamanı, terminden en büyük sapma, toplam ağırlıklı tamamlanma zamanı, toplam ağırlıklı gecikme, ağırlıklı gecikmiş iş sayısı vb. ölçütler en küçüklenmek istenmektedir. En büyük tamamlanma zamanı sistemi en son terk eden işin tamamlanma zamanıdır. Bu değer en küçüklenmesiyle genellikle makinelerin kullanım oranları artmaktadır (Pinedo, 2002).

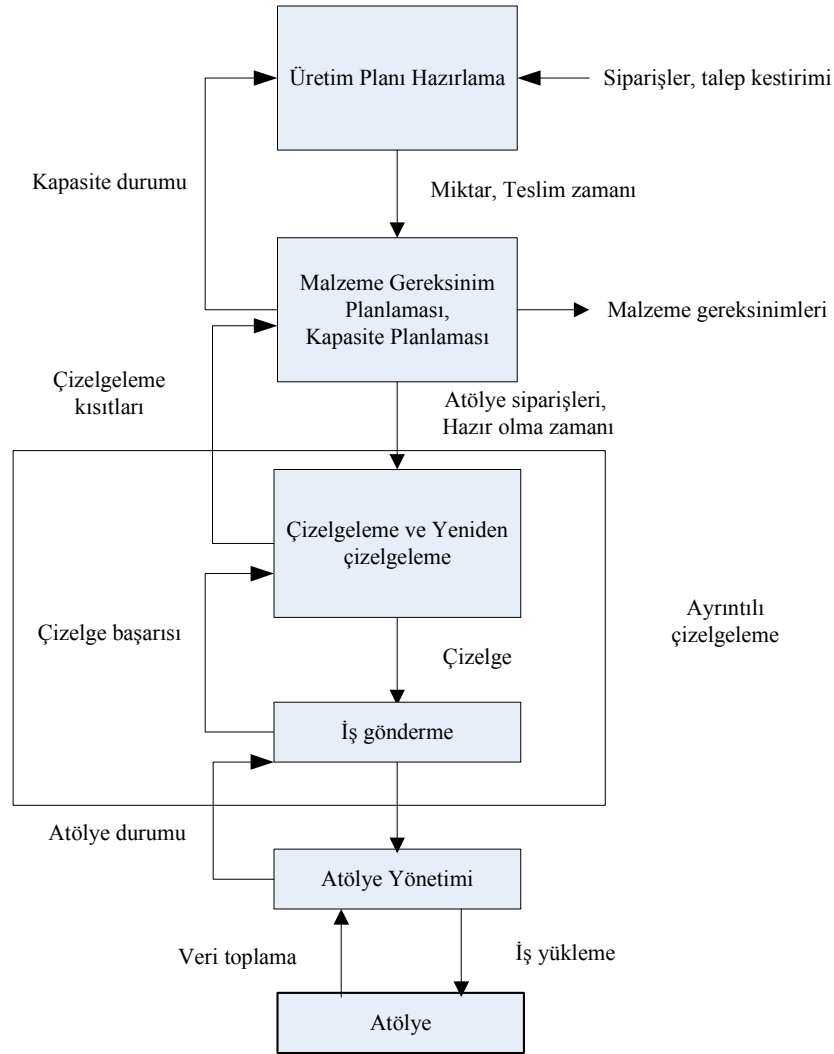
İşletme hedeflerini tanımlamak, birbiriyle çelişen hedefler sebebiyle çok kolay olmamaktadır. Öncelikle müşteriye verilen sözün tutulması gerektiği düşünülerek teslim zamanlarından sapmanın olmaması istenmektedir. Aksi takdirde ceza olarak bazı maliyetlere katlanıldığı gibi, işletmenin imajının da kötüye gitmesinin önüne geçilememektedir. Kaynakların boşta beklemesi de istenmeyen bir durumdur. Bu durum aylak kaynakların olduğunu ve gereksiz yatırımların yapılmış olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle kaynakların boş bekleme süreleri en küçüklenmek istenmektedir. Bu ölçütlerin dışında stokta bulundurma maliyetleri de en küçüklenmeye çalışılmaktadır. Depodaki stokların maliyetleri kadar ara stoklar da maliyet oluşturmaktadır (French, 1982).

Bu sınıflandırmaların dışında çizelgeleme kavramının daha genel bir şekilde kestirimci ve tepkisel çizelgeleme olarak iki sınıfa ayrıldığı da görülmektedir (Burke and Prosser, 1991; Suresh and Chaudhuri, 1993).

Aytuğ vd. (2005) ise çalışmalarında belirsizlik altında yapılan çalışmaları incelemekte ve bu yaklaşımları üç sınıfa ayırmaktadır: Bunlar, tepkisel yaklaşımlar, sağlam çizelgeleme yaklaşımları ve kestirimci-tepkisel yaklaşımlardır. Tepkisel yaklaşımlar o andaki bilgileri alarak ihtiyaç olduğunda gerçek zamanlı olarak işlerin sevk edilmesini sağlamaktadır. Sağlam çizelgeleme yaklaşımları beklenen ve gerçekleşen çizelgeler arasındaki farkı en küçükleyecek şekilde çizelge hazırlamaktadır. Kestirimci-tepkisel çizelgeleme yaklaşımları ise iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada bozulmalara cevap verebilecek kestirimci çizelgeler hazırlanmakta, ikinci aşamada ise bozulma olduğunda tepkisel çizelge oluşturulmaktadır.

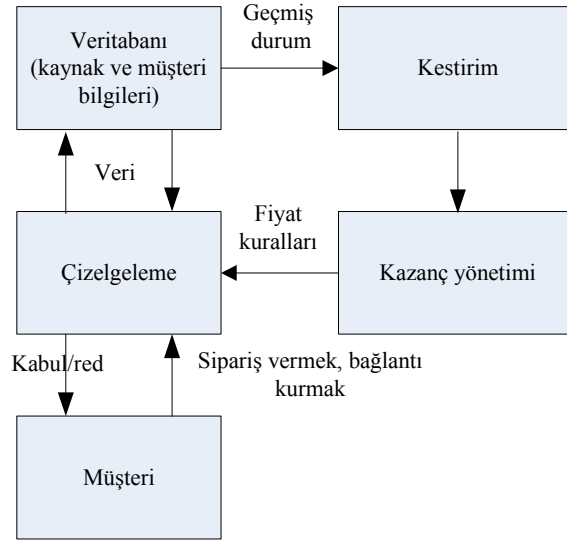
2.2 Üretim ve Hizmet Sektörlerinde Çizelgeleme Süreci

Çizelgeleme fonksiyonu, gerek üretim sektöründe, gerekse hizmet sektöründe olsun, diğer birçok fonksiyonla etkileşim halinde olmak durumundadır. Bilgi akışının etkin bir şekilde sürdürülmesiyle süreç sorunsuz olarak devam edebilmekte ve karşılaşılan beklenmedik olaylara anında müdahale yapılabilmektedir. Bu nedenle bilgi akış sisteminin önemi artmaktadır.



Şekil 2.1 Üretim sektörü için bilgi akış şeması

Üretim sektörü için bilgi akışını gösteren şema Şekil 2.1’de verilmiştir (Pinedo, 2002). Şekil 2.1’de görüldüğü gibi çizelgeleme sürecini etkileyen bölümler içerisinde atölyenin dışında üretim planı hazırlama süreci de bulunmaktadır. Bu aşamada talep tahminleri ile kapasite kısıtlarına bağlı olarak işletme için en uygun kararlar verilmekte ve bu kararlar da atölye ortamını, dolayısıyla çizelgeleme sürecini de etkilemektedir. Üretim sektöründeki en önemli sistemlerden biri de malzeme gereksinim planlaması sürecidir. Bu süreç de hazırlanan çizelgeye bağlı olarak hammadde, malzeme ve kaynakların belirlenen zamanlarda hazır olmasını gerektirmektedir.



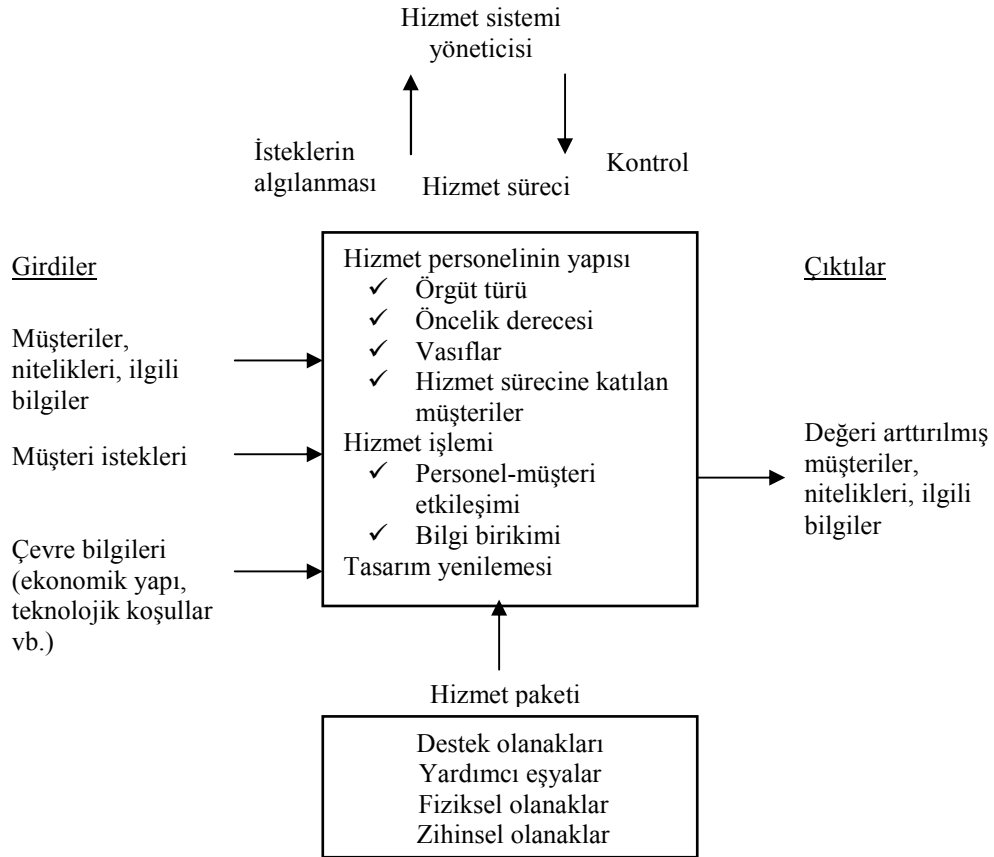
Şekil 2.2 Hizmet sektörü için bilgi akış şeması

Hizmet sektörü için bilgi akışını gösteren şema Şekil 2.2’de verilmiştir (Pinedo, 2002). Hizmet sektöründe çizelgeleme yaklaşımı Şekil 2.2’de görüldüğü gibi üretim sektörüne göre biraz daha farklılık göstermektedir. Her hizmet alanı için farklı bir problem tipi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Çizelgeleme süreci sistemdeki diğer karar verme fonksiyonlarıyla etkileşimli bir şekilde çalışmak durumundadır. Bu nedenle kaynak durumu ve müşteri beklentileri arasındaki dengeyi koruyabilmek amacıyla ayrıntılı veritabanları üzerine kurulmuş bilgi sistemlerinden faydalanmak gerekebilmektedir. Üretim sektöründen farklı olarak hizmet sektörlerinde genellikle malzeme gereksinim planlamasına ihtiyaç duyulmamaktadır.

2.2.1 Sektörler arası yapısal farklılıklar

Üretim sektöründe işler belirlenen başarı ölçütlerine bağlı olarak uygun makinelerle uygun zamanlarda atanmaya çalışılmaktadır. Hizmet sektöründe ise işler ve kaynaklar değişkenlik göstermektedir. Genellikle iş yerine müşteri/hasta kavramı kullanılırken, kaynak ya da makine yerine de hizmeti veren kurum ve kişiler geçmektedir. Hizmeti veren ve yapan kişiler farklı özelliklere sahip olabildikleri için

farklı davranışlar sergileyebilmektedirler. Bu durum hizmet sektöründe üretimdeki belirsizlikten daha fazla belirsizliklerle karşılaşılabilceğini göstermektedir.



Şekil 2.3 Hizmet sektörü genel yapısı

Hizmet sistemlerinin programlanması ve çizelgelenmesi üretim sistemlerinden biraz daha farklılık göstermektedir. Üretim sistemlerinde hammadde, işgücü, para, bilgi, enerji, makine ve müşteri istek ve beklentileri girdi olarak sisteme girmekte ve belirli faaliyetler gerçekleştirildikten sonra ürün çıktı olarak üretilmektedir. Hizmet sistemlerinde ise müşteri nitelikleri, istekleri ve çevre bilgileri girdi olarak kullanılmakta ve memnuniyet düzeyi arttırılmış müşteri çıktı olarak üretilmek istenmektedir. Bu süreç Şekil 2.3’de verilmiştir (Murdick, et al., 1990).

Hizmet sektörünün bazı özellikleri aşağıda tanımlanmaktadır (Murdick, et al., 1990):

1. Hizmet sistemlerinin çıktısı gözle görülemez ve elle tutulamazlar. Bir ürün satılarak ya da sunularak hizmet sağlanmaktadır.
2. Hizmet sistemlerinin çıktısı müşteri istek ve beklentilerine göre değişkenlik göstermektedir.
3. Hizmet depolanamaz. Hizmet talep edildiği anda üretilmekte ve üretildiği anda da tüketilmektedir.
4. Hizmet üretim sürecinde müşteri ile birliktelik yüksek düzeydedir ve müşteri sürece müdahale edebilmektedir.
5. Hizmeti veren kişi ya da birim yeteneklerini doğrudan müşteriye satmaktadır. Müşteri memnuniyeti bu doğrultuda değişmektedir.
6. Çok sayıda ve sürekli hizmet üretimi söz konusu olmayabilmektedir.
7. Hizmetin gerçekleşmesinde yüksek düzeyde etkileşim bulunmaktadır. Hizmetin kalitesi ve içeriği genellikle hizmeti veren kişi ya da birim tarafından belirlenmektedir.
8. Hizmet sistemleri emek yoğunudur.
9. Hizmet birimleri müşterilere yakın yerlere kurulmaktadır. Önemli olan müşterinin en kısa sürede istediği hizmet birimine ulaşabilmesidir.
10. Etkinlik ölçümleri öznelidir. Kişiden kişiye sunulan hizmet kalitesi değişebilmekte, sonradan etkisini gösterebilmektedir.
11. Kalite kontrol genellikle süreç kontrolü ile sınırlıdır.
12. Fiyat seçenekleri ayrıntılıdır.

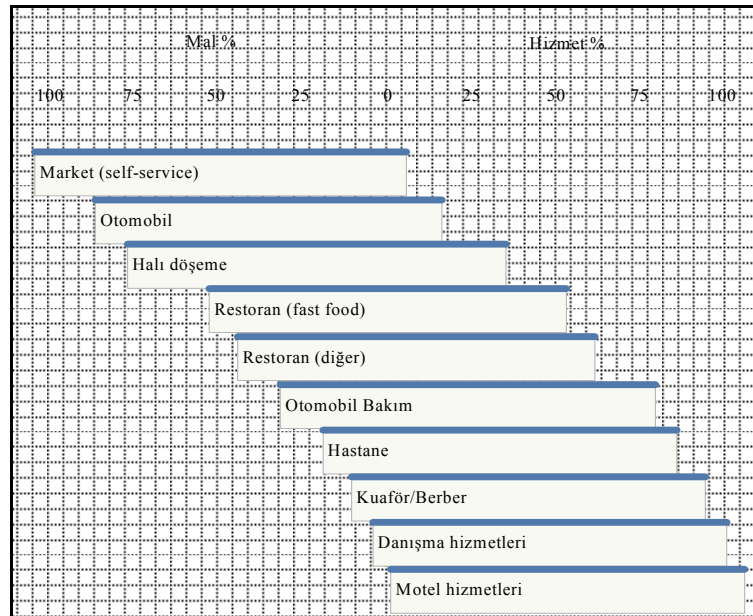
Yukarıdaki özelliklere bağlı olarak hizmet sektöründeki problemlere yaklaşımlar da farklılık göstermektedir. Hizmet sistemlerinde insan faktörü de devreye girdiği için genellikle maliyeti en küçükmek ya da karı en büyükmek temel amaç olmamaktadır. Hizmet sistemlerinde temel amaçlar ortalama hizmete cevap verme süresini en küçükmek, ortalama müşteri bekleme süresini en küçükmek, ortalama ihtiyaç duyulan kişi ve birim sayısını en küçükmek olarak örnek verilebilmektedir. Bu temel amaçların yanında hizmet sistemi yöneticileri belirli amaçları en iyilerken, diğer taraftan hizmet sistemine özgü diğer koşulları da dengede tutmak durumundadır (Aggarwal, 1982).

2.2.2 Hizmet sektöründe çizelgeleme

Hizmet sektörü bir üretim sektörü gibi düşünülerek, belirlenen koşullarda istenilen hedeflere en doğru adımların atılması için gerekli programların ve düzeltmelerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle hizmet sektörünün genel yapısı ve koşulları incelenerek hareket edilmelidir.

2.2.2.1 Hizmet sektöründe genel yapı

Hizmet; zaman, yer, biçim veya fizyolojik bir fayda sağlayan bir faaliyet olarak tanımlanabilmektedir. Bir temizlik hizmeti almak kişiye zaman kazandırmakta, marketler ve mağazalar belirli ürünlerin birleştirilerek ortak bir yerde satılmasını sağlamakta, bir veritabanı hizmeti bilgileri uygun bir biçimde işleyerek ilgili kişiye faydalı olmakta ve bir restoran, kişiye fizyolojik rahatlama sağlamaktadır (Murdick, et al., 1990).



Şekil 2.4 Mal ve hizmet karşılaştırması

Bir hizmetin alınması aşamasında mal ve hizmet kavramlarının bir arada kullanıldığı da görülmektedir. Örnek olarak bir restoran düşünülürse, yemek hizmetinin yapılması ya da üretilen yemeğin çıktı olarak karşımıza çıkması gibi iki farklı yaklaşımla karşılaşılabilmektedir. Bu durum mal ile hizmetin ayrı düşünülmemesinden kaynaklanmaktadır. Bazı hizmet sistemlerinde bu etkileşim daha fazla görülmektedir. Bu durum Şekil 2.4'de gösterilmektedir (Murdick, et al., 1990). Buna göre müşterilerin kendi kendilerine hizmet aldıkları sistemlerde ya da otomobil alma ve halı döşetme gibi durumlarda hizmet daha az olmakta ve gözle görünür kavramlardan bahsedilebilmektedir. Bunların tersine hastanede müdahale ve tedavi, berberde saç kestirme, avukattan danışmanlık hizmeti alma ve bir motel vb. bir yerde konaklama gibi durumlarda ise gözle görülemeyen bir hizmet söz konusudur.

Bir hizmetin müşteriler tarafından beğenilmesi ve o hizmeti veren yerin görünümünün kalıcı olması şansa bağlı olmamaktadır. Yönetimin hedeflerini doğru bir şekilde belirlemesi ve başarının yollarını araştırması gerekmektedir. Yönetim kararlarına bağlı olarak da çalışanların yaptıkları işe özen göstermeleri gerekmektedir. Bir üretim işletmesi gibi siparişin alınmasından teslimine kadar olan süreç ve sonraki hizmetler şeklinde düşünülmelidir. Bu durumda hizmetin istenmesinden hizmetin teslim edilmesi ve müşterinin sistemi terk etmesine kadar olan süreç dikkatle planlanmalıdır.

Müşteri memnuniyetinin sağlanması ve rekabetin sürdürülebilmesi için etkili ölçütler: saat ve yer açısından uygunluk, emniyet ve söylediklerini yapma konusunda güvenilirlik, ücret, kalite, görüntü ve hız olarak tanımlanmaktadır (Fitzsimmons and Fitzsimmons, 2004). Müşterilerin ne zaman hizmet için başvuracakları belli olmadığı için hizmet sistemi her an hazırlıklı olmak durumundadır. Daha çok müşteri kapabilmek açısından yer seçimi de son derece önemlidir. Belirli bir süre kaliteli hizmet verdikten sonra müşteriler açısından güven duyulan ve tercih edilen bir yer olunabilir. Önemli olan müşterinin beklentilerinin en kısa sürede karşılanabilmesidir.

2.2.2.2 Hizmet sektöründe çizelgelemede karşılaşılan durumlar

Hizmet ortamlarında üretim ortamlarına göre sistem işleyişi ile ilgili genellemeler yapmak daha zordur. Bunun nedeni benzer türdeki hizmet ortamları da olsa farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bir banka diğer bir bankadan çalışan sayısı, gişe sayısı, hedefleri gibi faktörler açısından değişkenlik gösterebildiği gibi, hastane polikliniği, acil servis, araba bakım servisi, berber, vb. diğer hizmet birimleri de birbirleriyle ya da kendi içlerinde benzerlik göstermek zorunda değildir. Bu durum nedeniyle hizmet sektörü için probleme özel modeller geliştirmek gerekebilmektedir.

Üretim ortamlarında makineler belirli kapasiteler altında çalıştıkları gibi hizmet ortamlarında da çalışanlar yasal düzenlemelere göre mesai saatlerini dikkate alarak çalışmaktadırlar. Ancak çalışanların makinelerden farklı olarak belirli özel gereksinimleri ve istekleri olabilmektedir. Bu duruma göre çalışma saatlerinin düzenlenmesi gerekebilmektedir.

Yapılan işleme bağlı olarak hizmet ortamlarında işlem süresinin beklenen değerini bulmak oldukça zor bir süreçtir. Bilgi sistemini ve veritabanını oluşturmuş işletmeler, belirli işlemler için müşteriye beklenen süre bilgilerini verebilmektedir. Ancak genellikle çalışanlar müşteriye deneyimlerine bağlı olarak tahmini süre bilgisi vermekte ve bu süreler çoğu zaman sapmaya uğramaktadır. Bunun nedeni daha önceden de söz edildiği gibi hizmet sektöründe genellemelerin yapılmasının zorluğudur. Gelen müşteri daha önceki müşteriyle aynı istekte olsa bile, kişiler arasındaki farklılık nedeniyle farklı tepkiler verebilecek ve işlem süresini etkileyebilecektir. Üretim ortamlarında ise makinelerin belirli bir işlem için standart süresi bulunmaktadır.

2.2.2.3 Hizmet sektöründe çizelgeleme konusunda yapılmış çalışmalar

Hizmet sistemlerinde karşılaşılan problemlere özgü amaç ve kısıtlar ilgili alanlara göre değişkenlik göstermektedir. Bazı hizmet sistemlerinin amaç ve kısıtları Çizelge 2.1’de verilmiştir (Aggarwal,1982). Bu bölümde çizelgeleme üzerine yapılmış bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı hizmet sistemlerinin amaç ve kısıtları

Hizmet Sistemi	Amaç	Kısıtlar
Sağlık hizmetleri	Ortalama hasta bekleme süresini en küçüklemek, doktor, hemşire ve diğer personelin verimini en büyüklemek vb.	Çalışma saatleri, yönetmelikler, sınırlı sayıda yataklar, ameliyathaneler ve diğer alanlar, bütçe vb.
Acil hizmetler (İtfaiye, Polis, Ambulans)	Hizmete cevap verme süresini en küçüklemek, can ve mal kaybını en küçüklemek, ekip ve kurum verimini en büyüklemek, yasalara göre belirlenmiş standartları karşılamak, iş yükü dengelerini geliştirmek vb.	Çalışma saatleri, bütçe, yasal gereksinimler vb.
Ulaştırma hizmetleri (Havayolu, demiryolu, metro ve otobüsler)	Maliyetleri (personel ve işletme) en küçüklemek, çalışan sayısını en küçüklemek, ortalama gidilen yolu en küçüklemek, hizmette kullanılacak birim sayısını en küçüklemek vb.	Güvenlik yönetmelikleri, çalışmama günleri, çalışma saatleri, işletmenin ekonomik ölçütleri, bildirilen ulaşım çizelgelerinin uygulanması vb.
Çağrı merkezleri(otel/uçak rezervasyonları vb.)	Gelen aramaları bekleme süresini en küçüklemek, çalışanların maliyetlerini en küçüklemek, fazla mesai maliyetlerini en küçüklemek, herhangi zaman aralığı için operatör yokluğunu en küçüklemek vb.	Belirlenen en düşük hizmet seviyesinin sağlanması, bütçe, çalışma zamanları vb.
Eğitim hizmetleri	Ders yüklerinin eşitlik ve süreklilik göstermesi, ortalama ders hazırlıklarının sayısının en küçüklenmesi, en geç ve en erken ders saatlerinin arasındaki süreyi en küçüklemek, ders günlerinin sayısını en küçüklemek vb.	Sınıf sayıları, ders saatlerinin zorunluluğu, ders gereksinimlerinin değişkenliği, bütçe vb.
Posta hizmetleri	Posta taşıma süresinin en küçüklenmesi, bekleme süresinin ve tıkanıklıkların en küçüklenmesi, kaynakların veriminin artırılması, fazla mesai maliyetinin en küçüklenmesi, personel ve araç sayısının en küçüklenmesi vb.	Bütçe, kaynak ve personel sayısı, farklı özelliklere sahip posta grupları, çalışma kuralları vb.
Yerel hizmetler (kar temizleme, çöp toplama vb.)	Araç seyahat mesafesini en küçüklemek, ortalama hizmet süresini en küçüklemek, hizmet sıklığını en büyüklemek, temizlenemeyen çöp/kar miktarını en küçüklemek, çalışan yüklerini dengelemek, çalışanların verimini arttırmak vb.	Çalışma kuralları, yönetim politikaları, çalışan sayıları, çalışma saatleri, çöp biriktirme yerlerinin sabit oluşu vb.
Diğer (banka, restoran, kuaför vb.)	Tam zamanlı çalışan sayısını en küçüklemek, çalışan maliyetlerini en küçüklemek, belirli saatlerde yarım gün çalışanların sayısını en büyüklemek, ortalama müşteri bekleme süresini en küçüklemek, çalışanların boşta beklemesini en küçüklemek vb.	Saatlik talebi karşılamak, hizmet kanallarının sayısı, bütçe, hizmet veren kişilerin uygunluğu, saatleri vb.

Ulaştırma hizmetleri kendi içerisinde havayolu, demiryolu, metro ve otobüsler olarak gruplandırılabilir. Bu tür problemlerin ortak özellikleri her görevin belirli başlama ve bitiş zamanları ve yerleri olmasıdır. Ancak havayolu ekonomik yapısının etkileri sebebiyle diğerlerine göre daha önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle önceki çalışmalarda özellikle bu konuya ağırlık verildiği gözlenmektedir.

Lee vd. (2007), uçuş çizelgeleme problemini çok amaçlı en iyileme problemi olarak modellemiş ve çok amaçlı genetik algoritma (MOGA) geliştirmişlerdir. Benzetim desteğiyle düzensizlikler değerlendirilmiş ve MOGA ile çizelgenin daha düşük maliyetle ve zamanında hazırlandığı görülmüştür. Chu (2007), Hong Kong Uluslararası havaalanı için ekip görev atamalarında hedef programlama modellerini önermiştir. Sarin ve Aggarwal (2001), Medard ve Sawhney (2007) küme kaplama (set covering) yaklaşımını kullanmışlardır.

Arama merkezleri problemleri için iş sayıları ve durumları değişkenlik göstermektedir. Bu durumda iş gücü gereksiniminin de belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle benzer problemler için yöneylem araştırması tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir (Ernst, et al., 2004). Thompson (1997) ile Andrews ve Parsons (1993)'ün bu alandaki çalışmaları matematiksel programlama ve yordamların kullanıldığı çalışmalardandır.

Posta hizmetleri belgeleri veya diğer malzemeleri toplama, işleme ve teslim etme gibi süreçlerden oluşan ve önemi olan hizmet sistemlerinden biridir. Gupta ve Krajewski (1977) çalışmalarında posta hizmetlerinde yöneylem araştırma tekniklerinin kullanışı ile ilgili yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Hollis vd. (2006), çalışmalarında küme kaplama yaklaşımıyla Avusturalya'daki bir posta dağıtım problemi üzerinde çalışmışlardır.

Hastane yönetiminde yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemler vardiya çizelgeleme, ilaç lojistiği, ambulans çizelgeleme ve ameliyathane çizelgeleme üzerinedir. Genellikle matematiksel programlamanın, benzetim tekniklerinin,

sezgisellerin ve yapay zeka yaklaşımlarının çözüm yöntemleri olarak kullanıldığı görülmektedir (Spyropoulos, 2000).

Sağlık sektöründe en yaygın çalışmalar da hemşire çizelgeleme üzerine yapılmıştır. Hemşire çizelgeleme problemlerinde uygun hasta bakımının yapılması, hizmetteki sürekliliğin sağlanması, gereksiz işgücünün ortadan kaldırılması ve çalışma kurallarına uygun olarak çalışanların görevlendirilmesi gibi durumlar söz konusu olmakta ve vardiya çizelgeleri oluşturulurken bu konular dikkate alınmaktadır.

Smith ve Wiggins (1977), Özkarahan (1989), Randhawa ve Sitompul (1993) hemşire çizelgeleme problemi için sezgisel destekli karar destek sistemlerinden yararlanmışlardır. Siferd ve Benton'ın (1994) çalışmalarında hemşire vardiya çizelgeleme problemi için matematiksel model geliştirilmiştir. Bard ve Purnomo (2005), çalışmalarında hemşirelerin tepkisel çizelgelenmeleri için günlük düzenlemeleri içeren problem, tamsayılı programlama ile modellenmiştir. Jebali vd. (2006), ameliyathane çizelgeleme problemi için karma tamsayılı programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Berrada vd. (1996), Azaiez ve Al Sharif (2005), Topaloğlu (2006) çalışmalarında hedef programlama modeli geliştirmişlerdir.

Kostreva ve Jennings (1991) hemşire vardiya çizelgelemesi problemi için bir yaklaşım ve yazılım geliştirmişlerdir. Sauer ve Bruns (1997), Medicus'u (Medical resource scheduling system) geliştirmişlerdir. Projenin amacı hastalara yönelik bilgisayar tabanlı bir sistem oluşturmaktır. Oldenburg'daki kalp cerrahisi bölümü için geliştirilmiştir. Medicus, normal öncelikli hastaların uzun vadeli ve acil hastaların kısa vadeli çizelgelenmesi problemlerini desteklemektedir. Bilgi tabanlı çizelgeleme sistemlerinin çizelge oluşturma ve düzenleme sürelerini büyük çapta azalttığı gözlenmektedir.

Macerio ve Dexter (2000), gelir ve maliyetleri de dikkate alarak ameliyathanelerin yönetimi üzerine incelemeler yapmışlar ve önerilerde bulunmuşlardır. Valouxis ve Housos'ın (2000) çalışmalarında aylık hemşire vardiya çizelgeleme problemi öncelikle tamsayılı programlama ile çözülmüş, ardından yerel arama

yöntemleri ile desteklenmiştir. Oddi ve Cesta (2000), tıbbi kaynakların yönetimi için kullanıcı ve karar destek sistemi etkileşimli çalışan bir yapı önermişlerdir. Karar verme algoritmaları olarak öncelikle açgözlü yapıcı algoritma (greedy constructive algorithm) kullanmışlar, ardından daha iyi sonuçları araştırmak için yasaklı (tabu) arama algoritmasını kullanmışlardır.

Kim ve Horowitz'in (2002) çalışmalarında, yoğun bakım birimlerinin başarısının artırılması üzerinde çalışmış ve altı aylık dönem için benzetim çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Cheang vd. (2003) çalışmalarında hemşire nöbet çizelgeleme problemlerini incelemişler ve çözüm yaklaşımları üzerinde durmuşlardır. Blöchliger (2004) personel çizelgeleme problemlerini hastane örneği altında incelemiştir. Ernst vd. (2004), personel çizelgeleme ve görevlendirme problemleri üzerinde genel bir çalışma yapmışlardır. Chien vd. (2008), rehabilitasyon merkezi hastalarının bekleme sürelerini azaltarak hizmet kalitesini arttırmak ve etkinliği arttırmak için genetik algoritmaları kullanarak hastaları çizelgelemişlerdir.

Beaulie vd. (2000), acil servis doktorlarının çalışma vardiyalarını belirlemek için çok amaçlı tamsayı programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Yine acil serviste doktor vardiya çizelgelemesi üzerine Carter ve Lapierre'nin (2001) çalışmaları bulunmaktadır. Gendreau vd. (2006), ise acil servis doktor vardiya çizelgeleme problemleri için yasaklı arama, sütun türetme, matematiksel programlama ve kısıt programlama yaklaşımlarını anlatmışlardır. Yeh ve Lin (2007) acil servis için hemşire çizelgeleme probleminde benzetim ve genetik algoritma yaklaşımlarını kullanarak ek çalışan görevlendirmeden, daha az hasta beklemesine yönelik çizelgeler oluşturmaya çalışmışlardır.

2.3 Çizelgeleme Problemlerinde Çözüm Yaklaşımları

Bu bölümde çizelge problemlerinde kullanılan yaklaşımlar genel çizgileriyle ele alınmaktadır. Çizelgeleme problemleri için çalışmalarda genellikle en iyileyen çizelgeleme yaklaşımları, sezgisel yaklaşımlar, yapay zeka ile ilişkili yaklaşımlar ve

dağıttık yapay zeka yaklaşımları kullanılmaktadır. Gerçek hayat problemlerinin yapısı dinamik olduğu için, yapılan çalışmalarda yaklaşımlarda da bu durum dikkate alınmaktadır. Bu yaklaşımlarla gerçekleştirilen tepkisel çizelgeleme ile ilgili literatürdeki çalışmaların ayrıntıları Bölüm 3.4’de verilmiştir.

2.3.1 En iyiyi sağlayan çizelgeleme yaklaşımları

Çizelgeleme problemlerinin en iyi sonuç verecek yöntemlerle çözülmesi istenen bir durumdur. Ancak karmaşık yapıli problemler için bu durum çok da mümkün olmamaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle en iyi sonuç veren yöntemler, problemleri basitleştirerek kestirimci çizelgeleme kapsamında çözülmektedir. En çok atölye tipi veya akış tipi problemler üzerinde çalışılmaktadır. Bir atölye tipi üretim çizelgeleme problemi için n iş, m makine varsa, olası çözüm sayısı $(n!)^m$ olmaktadır. Bu durumda büyük ölçekli problemler için sayımlama yapmak çok mantıklı olmamaktadır (Sauer, 1999).

Belirli özel problemler için geliştirilmiş algoritmalar da bulunmaktadır. Bunlardan birisi Johnson algoritmasıdır. Johnson (1954) iki ve üç kaynaklı akış tipi problemlerinde en büyük tamamlanma zamanını en küçükleyen bir algoritma önermiştir (Sule, 1997).

Hem üretim hem de hizmet sektörü için en iyi sonucu elde etmek amacıyla doğrusal programlama, tamsayılı programlama, çok amaçlı programlama gibi matematiksel programlama yöntemlerinin ve çözüm yöntemlerinden dal-sınır algoritmasının çok sık kullanıldığı görülmektedir (Sauer, 1999). Dal-sınır algoritması tamsayılı programlama çözüm yöntemidir ve ilk olarak 1965 yılında Ignall ve Schrage tarafından çizelgeleme problemlerine uygulanmıştır (Temiz and Erol, 2004).

Birçok araştırmacı çalışmalarında çizelgeleme problemlerinin matematiksel programlama ile en iyi çözüme ulaşılabileceğini tanımlamıştır. En yaygın kullanım alanı bulan yaklaşım da karma tamsayılı programlama olduğu düşünülmektedir.

Başarılı kavramsal yapısına rağmen Bowman'a (1959) göre tamsayı değişkenlerinin sayısı üstel olarak artmakta ve Manne'ye (1960) göre daha iyi ve yoğun formülasyonlar çok sayıda kısıta gereksinim duymaktadırlar. Wolsey (1988) ve Blazewicz vd. (1991) de matematiksel programlamanın çizelgeleme problemlerinde ani ve önemli gelişmeleri yerine getiremediğini düşünmektedir. Buna göre bu yaklaşımlar yapısı oldukça basitleştirilmiş problemlerin çözümünde ve uygun zaman dilimi içerisinde kullanılmalı şeklinde düşünülmektedir (Jain and Meeran, 1998).

2.3.2 Sezgisel yaklaşımlar

En iyiyi sağlayan yöntemlerle çözüm elde etmek çok kolay olmadığı için, sezgisel çizelgeleme yaklaşımlarına başvurulmaktadır. Sezgisel yaklaşımlar en iyiyi garantilememekte, ancak en iyiye yakın sonuçları daha kısa sürede üretebilmektedir. Çalışmalarda genellikle başarılarını gösterebilmek için benzetim yöntemleriyle desteklenmektedir.

Sezgisel yaklaşım öncelikli sevk etme kuralını içermektedir. Çalışmalarda en kısa işlem süresi kuralı gibi sonrasında gelecek işi belirleyen yaklaşımlar kullanıldığı gibi, farklı sevk etme kurallarının bir arada kullanıldığı daha karmaşık yaklaşımlar da önerilmektedir. Sezgisellerin en büyük dezavantajı verilen kararlarda çizelgeyi sonrasında etkileyebilecek bilgilerin hesaba katılmamasıdır (Suresh and Chaudhuri, 1993).

Çizelge 2.2 Seçim için strateji ve kurallar

İşlerin seçimi
En erken başlayan iş ilk En erken teslim zamanlı iş ilk En kısa işlem süreli iş ilk Alternatif ürünlerin sayıları artacak şekilde Zaman aralığı (fark) artacak şekilde Önceliğe göre
Rotaların seçimi
Gerek duyulan rotaları sırala (baştaki ilk) İşleri tersten seç (son gelen ilk çıkar) Kritik rotalar ilk Basit rotalar ilk
İşlemlerin seçimi
İşlem numaralarını artan sıraya göre seç (İlk gelen ilk çıkar) İşlem numaralarını azalan sıraya göre seç (Son gelen ilk çıkar) Kritik işlemler ilk Basit işlemler ilk
Kaynakların seçimi
Gerek duyulan kaynakları sırala (baştaki ilk) Basit kaynak ilk Kritik kaynak ilk
Zaman aralığının seçimi
Hazır olma zamanından ileriye Teslim zamanından geriye
Uyuşmayan çözümler
Verilen zaman dilimi içerisinde zaman aralığı seçeneği aramak Kaynak seçeneği aramak Rota seçeneği aramak Verilen zaman dilimini değiştirmek

İşlerin, rotaların, işlemlerin, kaynakların, zaman aralığının seçimi ve uyuşmayan çözümler için bazı özel kurallar Çizelge 2.2’de verilmiştir (Sauer, 1999).

2.3.3 Yapay zeka tabanlı yaklaşımlar

Yapay zeka, insan davranışlarının ve yeteneklerinin bilgisayar üzerinde benzetimi olarak tanımlanmaktadır. Öğrenme, algılama, karar verme, problem çözme gibi davranışları gösterebilen sistemlerle ilgilenen bir bilgisayar bilimi olarak tanımlanmaktadır. Yapay zeka araçlarından bazıları uzman sistemler, yapay sinir ağları,

bulanık mantık, genetik algoritmalar, yasaklı arama algoritmaları ve tavlama benzetimidir (Bharadwaj, et al., 1994; Dereli, 2000).

Uzman sistemler, ilk kez 1970'li yıllarda ortaya konulmaya başlanmıştır. Bu sistemler özel bir alanda gerekli bilgilerle donatılmış ve karşılaşılan problemlere uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler üreten bilgisayar programları olarak tanımlanabilmektedir. Kullanıcı problemini sisteme aktarmakta ve sistem elindeki verileri kullanarak uygun cevabı vermeye çalışmaktadır. Bazı kaynaklarda bilgi tabanlı sistemler olarak da bilinmektedir (Tatlı, 2000).

Bulanık mantık, mevcut durumdaki dinamik yapı ile mücadele edebilmek amacıyla kullanılan bir yaklaşımdır. Sistem ile ilgili kesin bir bilgiye sahip olunmadığında, sistem hakkında bulanık yargılarda bulunabilmekte ve bir çözüm yoluna ulaşılmaktadır. Kesin olmayan çizelgeleme bilgileri genellikle süre bilgileri, teslim bilgileri, operatör yetenekleri, seçenekler arasındaki öncelikler gibi bilgiler olmaktadır. Bu parametreler tanımlanan üyelik fonksiyonları ile bulanık kümelerde tanımlanmakta ve çizelgeleme işlemleri sürdürülmektedir (Raheja and Subramaniam, 2002; Temiz and Erol, 2004).

Yapay sinir ağları yaklaşımında, insan beyninin veya merkezi sinir sisteminin çalışma ilkelerine dayanılmaktadır. Sinir ağlarında kestirimler geçmiş deneyimlere göre yapılmakta ve güvenilirlikleri yüksektir. Sinir ağının eğitilmesi için tepki zamanı çok hızlıdır. Ancak doğru kestirim için, çok dikkatli eğitilmiş kümelere ihtiyaç duyulmaktadır (Szelke and Monostori, 1999; Raheja and Subramaniam, 2002).

Genetik Algoritma, John Holland tarafından 1975 yılında geliştirilmiş bir rassal arama yöntemidir. Algoritma bir başlangıç çözümlerle başlayarak, daha iyi sonuçlar elde etmeye çalışmaktadır. Çizelge düzeltme işlemi için genlerin doğal seçim sürecini dikkate almaktadır. Özgün çizelgedeki sapmaları gidermek için çaprazlama ve mutasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir. Genetik algoritmalar kullanılan operatörlerine bağlı olarak en iyi veya en iyiye yakın çizelgeler oluşturmaktadır, ancak yüksek hesaplama çabası gerektirmektedir (Engin ve Fığlalı, 2002).

Dağıtık yapay zeka yaklaşımları ise gerçek zamanlı çizelgeleme problemlerine etkili bir şekilde cevap verme gereksinimi sebebiyle kullanım alanı bulmaktadır. Ajan tabanlı dağıtımli sistemler organizasyon gibi görünen ajanlar topluluğundan oluşmaktadır. Bu organizasyon planlama ve kontrol yönetiminin bileşimi olarak tanımlanmaktadır. Soyut ya da fiziksel bir varlık olan ajan kendi üzerinde ve çevresinde hareket etme yeteneğine sahip olup, bulunduğu ortamı kısmi olarak temsil edebilmekte ve diğer ajanlarla görüş alışverişi yapabilmektedir. Dağıtık karar vermede çok ajanlı yapıların kullanılmasının problem çözme bilgisinin bölünebilmesi, bilgi tabanlı sistemleri geliştirmedeki karmaşığın azalması gibi faydaları bulunmaktadır (Szelke and Monostori, 1999).

BÖLÜM 3

TEPKİSEL ÇİZELGELEME

3.1 Giriş

Üretim ya da hizmet ortamlarında olduğu gibi, kişiler kendi günlük yaşantılarında da sıklıkla programlar yapmakta ve bu programlara ayak uydurmaya çalışmaktadırlar. Ancak kendilerinden ya da dış ortamlardan kaynaklanan nedenler doğrultusunda bu programlarda sapmalar yaşamak mümkündür. Bu gibi durumlarda kişiler bilinçli veya bilinçsiz olarak programlarında bazı değişiklikler yapmakta ve bunu yaparken de olabildiğince kendi hedeflerinde çok büyük değişikliklere gitmemeye çalışmaktadırlar.

Bu durum farklı bir şekilde ifade edilecek olunursa, genellikle kişiler o gün yapacakları işleri belirli bir mantık çerçevesinde sıralayarak, hangi zamanlarda hangi işlerini yapacaklarına karar vermektedirler. Bu durumda işler çizelgelenmektedir. Bu hazırlanan çizelge gerçekleşirken, gidilecek yerdeki kişinin olmaması, kullanılan aracın arızalanması ve bir yeni acil işin çıkması gibi beklenmeyen olaylarla karşılaşılabilir. Bu durumda kişi farkında olmadan gerçekleşen dinamik olaya tepki vermektedir. Kişi o günkü birkaç işi ertelemek zorunda kalmakta ya da farklı seçenekler aramaktadır.

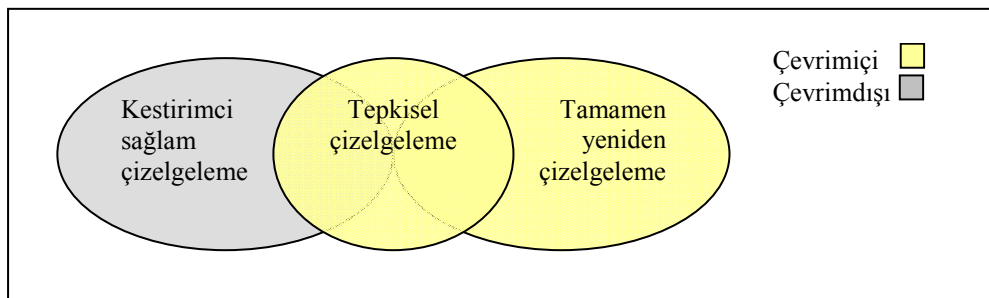
Dışardan bakıldığında tepkisel bir sistematik yapının oluşturulmasının sonuçlarda çok fazla değişiklik göstermeyeceği düşünülse de, işletme kazancı bir kenara konulduğunda, işletme görünümünün sarsılması, müşteri memnuniyetinin azalması, bir hastanın hayatını kaybetmesi gibi çok daha farklı senaryolarla karşılaşmak mümkündür. Bu nedenle bu bölümde tepkisel çizelgelemenin yeri, genel yapısı, hedefleri ve erişilebilen ilgili çalışmalar üzerinde durulmakta ve tepkisel çizelgelemeye gereksinim duyulma nedenleri açıklanacaktır.

3.2 Tepkiselliğin Çizelgeleme Sürecindeki Yeri

Tepkiselliğin çizelgeleme sürecindeki yerini tanımlayabilmek amacıyla çizelgeleme ortamları ve çizelgeleme kararlarının gereksinimi üzerinde durmak gerekmektedir.

3.2.1 Çizelgeleme ortamları

Gerçek hayat problemlerinde çizelgeleme genellikle dinamik ortamlarda gerçekleştirilmekte ve beklenmedik durumlarla sıklıkla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, karşılaşılan olaylara cevap verecek şekilde çizelgede düzeltmeler yapmak gerekebilmektedir. Karşılaşılabilecek bazı durumlar şunlardır: Kaynak arızası, kaynak bakımı, devamsızlık, araç/alet bozulması, süreç sürelerindeki değişkenlik, taşımada gecikme, makine performansında değişkenlik, araç/alet yıpranması, hazırlık sürelerindeki değişkenlik, yeni siparişin gelmesi, yeni biçim verme, iade, acil iş, öncelik değişmesi, hammaddenin mevcut olmayışı, sipariş iptali ve dış kaynak kullanımı gibi. Çizelgeleme sürecinde karşılaşılan bu durumlar düşünüldüğünde çizelge hazırlama ve kontrol aşamalarının önemi görülmektedir (Subramaniam and Raheja, 2003).



Şekil 3.1 Çevrimiçi ve çevrimdışı yaklaşımlar

Çizelgeyi gözden geçirme ve düzeltme işlemleri, çizelgeyi hazırlama ve uygulamanın çevrimiçi ve çevrimdışı aşamaları boyunca sürmektedir. Bu durum Şekil

3.1’de gösterilmektedir. Çevrimdışı durumda planlama aşamasında çizelge hazırlamak için geliştirilen yöntemler çizelgenin uygulama aşamasında karşılaşılan bozulmaları tahmin edebilecek ve emebilecek yapıdadır. Karşılaşılan bozulmalar sonucunda başarı ölçütlerinin yüksek olarak kalması kullanılan yöntemin sağlamlığını göstermektedir (Raheja and Subramaniam, 2002).

Çevrimdışı çizelgelemede bütün planlama uzayı için işler bir kereliğine çizelgelenirken, çevrimiçi çizelgeleme yaklaşımında çizelge kararlı olmamakla birlikte, sistem değişikçe yeniden yapılanmaktadır. Bu olay tabanlı çizelgeleme sistemi sayesinde sistemdeki her bozulma kontrol altına alınmaktadır. Kestirimci sağlam çizelgeleme çevrimdışı durumu ifade ederken, çevrimiçi durum tepkisel çizelgeleme ve tamamen yeniden çizelgeleme yaklaşımlarından oluşmaktadır. Bazı durumlarda düzeltmeler yeterli gelmeyebilmekte ve çizelge tamamen baştan çizelgelenmek durumunda kalabilmektedir (Sabuncuoğlu and Bayız, 2000).

3.2.2 Çizelgeleme sıklığı

Beklenmeyen durumlar sonucu oluşan sistemdeki bozulmalara karşı hiçbir faaliyet yapmadan önceki sıralama esas alınarak sistemin kendiliğinden düzeleceği beklenebileceği gibi, her bozulmada sistemin yeniden çizelgelenmesi de söz konusu olabilmektedir. İlk yaklaşım düşünüldüğünde, alternatif çizelgelerin sistem başarısını artırma olasılığı kayba sebebiyet verebilmektedir. İkinci yaklaşımda ise çok sık çizelge yenileme sistemin sinirliliğini ve işlem sürelerini arttırmaktadır (Sabuncuoğlu and Bayız, 2000).

Çizelge 3.1 Tepkisel çizelgeleme politikaları

Ne zaman çizelgelenmeli?	
Devre	Sabit zaman aralığı ile devresel gözden geçirme
	Sabit sıralama
Oran	Değişken zaman aralığı ile devresel gözden geçirme
Geliş	Sürekli gözden geçirme
Nasıl çizelgelenmeli?	
Tam çizelgeleme	Bulunan bütün işlerin çizelgelenmesi
Kısmi çizelgeleme	İşlerin uygun bir oranının çizelgelenmesi

Çizelgenin düzeltilmesi gereksinimine bağlı olarak tepkisel çizelgeleme politikaları, “Ne zaman?” ve “Nasıl çizelgelenmeli?” sorularına cevap aramaktadır. “Ne zaman çizelgelenmeli?” sorusu ardı ardına çizelgeleme noktalarını tanımlamaktayken, “Nasıl çizelgelenmeli?” sorusu uygun bir çizelgenin hazırlanması için bir yol belirlemeye yöneliktir. Bu politikalar Çizelge 3.1’de görülmektedir (Sabuncuoğlu and Kızılışık, 2003).

Devresel gözden geçirme sabit zaman aralıkları ve değişken zaman aralıkları olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. İki gözden geçirme arasındaki zaman dilimi sabit olduğu durumlar sabit devresel gözden geçirme olarak tanımlanırken, iki nokta arasındaki zaman dilimi sabit değil, ancak sistemdeki işlem gören işlerin veya toplam işlem süresinin belirli bir oranına bağlı ise değişken devresel gözden geçirme politikası söz konusu olmaktadır (Sabuncuoğlu and Karabük, 1999).

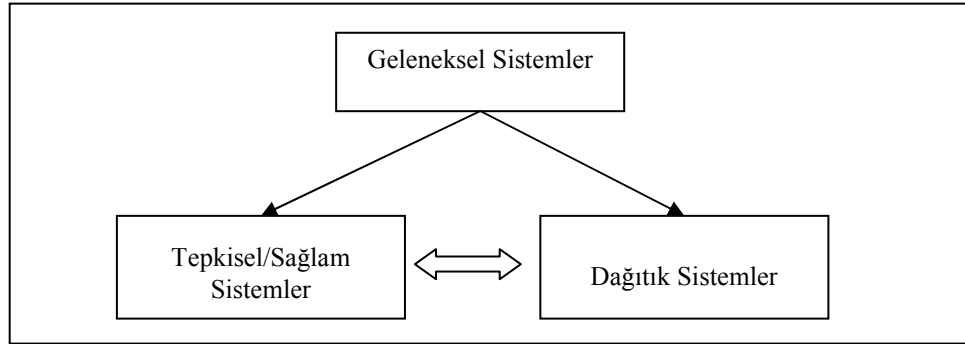
Sabit sıralama yaklaşımında başlangıçta sadece tek bir çizelge hazırlanmakta ve çizelgeleme sürecinde sadece ötelemek dışında hiçbir değişiklik yapılmamaktadır. Diğer bir politika ise sürekli gözden geçirmedir. Bu kavram aynı zamanda olay tabanlı çizelgeleme politikası olarak da tanımlanmaktadır. Bu politika sistemi etkileyecek bozulmalarla karşılaşıldığında yerine getirilmektedir (Ovacik and Uzsoy, 1992; Sabuncuoğlu and Kızılışık, 2003).

Ne zaman çizelgelenmeli kavramı içinde ise tamamen çizelgeleme ve kısmi çizelgeleme düşünceleri bulunmaktadır. Tamamen çizelgelemede bütün işler yer alırken, kısmi çizelgelemede belirli bir orandaki işlerle çizelgeleme gerçekleşmektedir (Sabuncuoğlu and Kızılıışık, 2003).

3.3 Tepkisel Çizelgelemede Genel Yapı

Beklenmedik değişiklikler sonucu ortaya çıkan durumlarla mücadele etmek için üzerinde durulması gereken en önemli eylemlerden bazıları aşağıdaki gibi düşünülmektedir (Szelke and Monostori, 1999):

- İşletme fonksiyonlarının dağıtılması,
- Deneyim, yaratıcılık ve yeteneklerden faydalanılması,
- İşletmenin esas uzmanlığı üzerinde yoğunlaşmasıdır.



Şekil 3.2 Değişikliklere karşı sistem geliştirme yolları

Bu mantık çerçevesinde sistemin bozulmaya karşı dayanıklılığını geliştirmek için iki yol önerilmektedir. İlk yol çizelgeleme ve kontrol sisteminin tepkiselliğini ve sağlamlığını yeni karmaşık kontrol yöntemleriyle geliştirmek, diğeri ise dağıtımın (dağıtımli problem çözmeye) faydalarını kullanmaktır. Bu iki yol da birbiriyle örtüşmektedir. Şekil 3.2’de bu ilişki gösterilmektedir (Szelke and Monostori, 1999).

Tepkisel çizelgeleme, çizelgenin gerçekleşme zamanında karşılaşılan bozulmalara karşı olay tabanlı düzeltme sürecidir. Sağlam çizelgeleme ise, beklenen bozulmaların başarı ölçütlerini en az etkileyecek şekilde çizelge hazırlanmasına odaklanan veriye dayalı süreç olarak tanımlanmaktadır (Szelke and Monostori, 1999; Aytuğ, et al., 2005).

Tepkisel çizelgeleme problemleri belirsizlik tabanlı, tekrarlı ve hızlı karar verme konusu ile ilgilenmektedir. Bozulan çizelgenin bozulmayan tarafının tekrar kullanılabilmesi ve bozulmadan etkilenen tarafın ise düzeltilmesi istenmektedir. Tepkisel çizelgeleme problemleri karmaşık (combinatorially complex-NP hard problems) yapıda oldukları için yalnızca geleneksel yöneylem araştırması yaklaşımları ile çözümü uygun değildir. Aramada yönlendirmek ve iyi sonuçlar elde etmek amacıyla yapay zeka veya melez tabanlı yaklaşımlar kullanmak gerekmektedir (Szelke and Markus, 1994; Szelke and Monostori, 1999).

Başarılı bir tepkisel çizelgeleme sistemi için aşağıdaki özelliklerden bazılarının ya da hepsinin gerçekleşmesi beklenmektedir (O’Kane, et al., 1998):

- Dinamik değişikliklere hızlı tepki verilmesi,
- Gerçek zamanla işlem yeteneğinin olması,
- Uzman çizelgeleme bilgi ve sezgisellerinin kapsama alınması,
- Etkin çözüm arama mekanizmalarının olması,
- Dinamik durumların barındırılma yeteneğine sahip olunması,
- Etkili karar verme ve kontrol süreci bulunması,
- Çizelgeleme probleminin anlaşılmasını arttırmak için deneyimlerden öğrenme yeteneğine sahip olunması,
- Durağanlığı garantilemek için mevcut çizelgede en az değişikliğin önerilmesi,
- Yerel en iyiye ulaşılmasıdır.

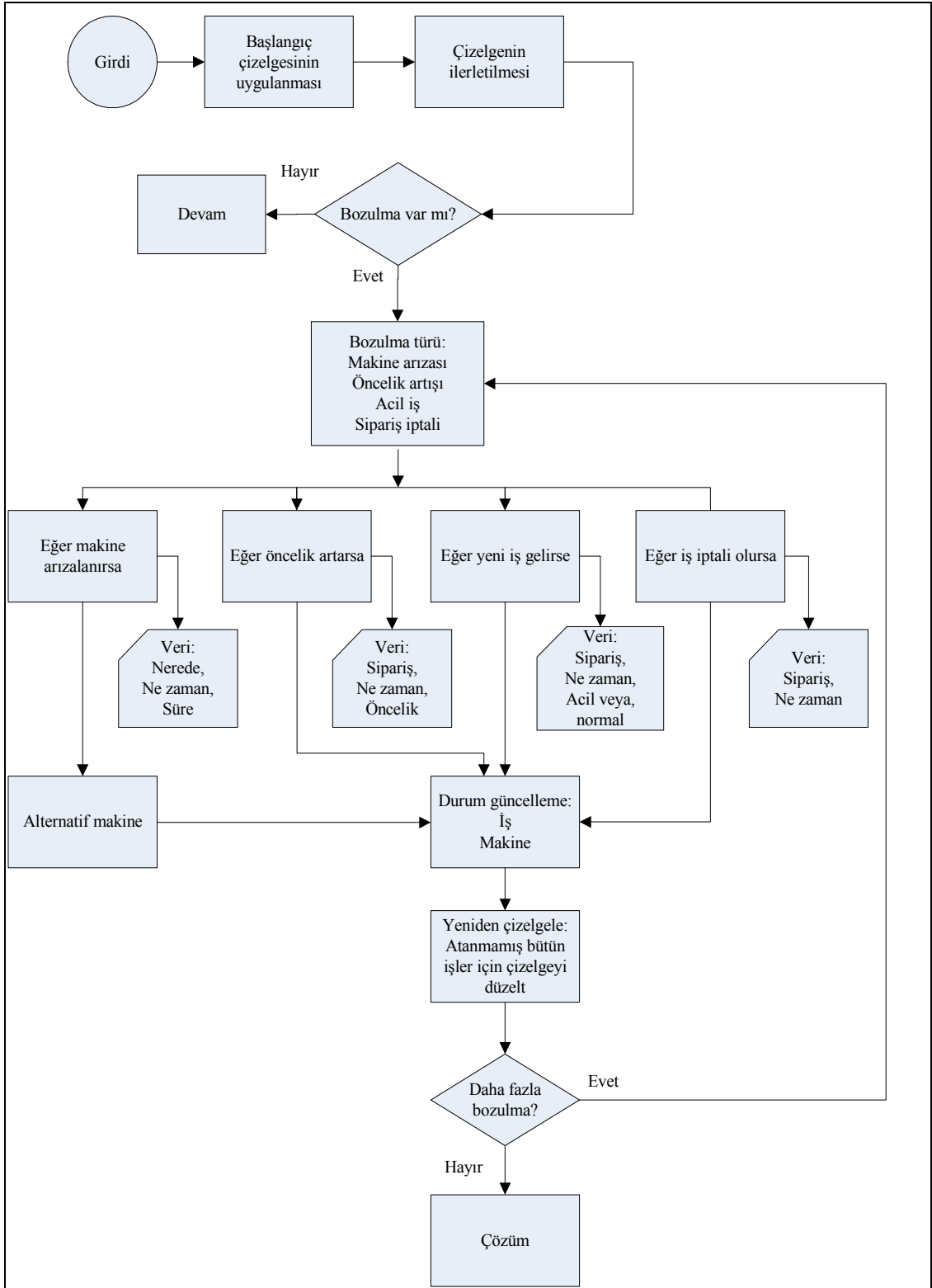
3.3.1 Bozulma türleri

Bir çizelgenin tutarlılığını etkileyen belirsizlik öğeleri üç sınıf altında toplanabilmektedir. (1) Geçici değişiklikler, problemin birçok geçici durumlarını içermektedir. Burada, faaliyetler beklenenden daha sonra sona erebilmekte veya istenilen koşullar sağlanana kadar ertelenebilmektedir. (2) Kaynak değişkenlikleri, çizelge hazırlanması süresince kaynak kullanılabilirliğinin değiştirilmesidir. (3) Nedensel değişiklikler ise faaliyetler arasında yeni kısıtların girişini kapsamaktadır. Burada, faaliyetler arasındaki yeni bir öncelik ilişkisi önceki seçimlerde yenileme gerektirebilmektedir (Policella ve Rasconi, 2005).

Çizelge 3.2 Karşılaşılan dinamik olaylar

Kategori	Gerçekleşen olay
İş ile ilgili	Rassal iş gelişleri Deterministik olmayan işlem süreleri Değişken teslim zamanları Dinamik öncelikler Değişken talep
Kaynak ile ilgili	Kaynak arızası Ekipman uygunsuzluğu Yükleme sınırı Makine tıkanıklığı/çözumsuzlük Kapasite uyumsuzluğu
İşlem ile ilgili	İşlem gecikmesi Kalite redleri Ürün değişkenliği
Diğer	Operatör uygunsuzluğu Gecikmiş hammadde teslimleri Hatalı malzeme Dinamik rotalama

Çizelgeleme problemlerinde sıkça rastlanan dinamik olaylar Çizelge 3.2’de verilmektedir (Suresh and Chaudhuri, 1993).



Şekil 3.3 Kontrol mekanizması

Yeniden çizelgeleme kararı verebilmek için öncelikle başlangıç çizelgesinin hazırlanması ile gerçekleşen çizelgenin gözlenmesi ve beklenen dışı durumların yani bozulmaların belirlenmesi gerekmektedir. Uygun yaklaşım kullanılmadan önce bozulma türüne ve özelliğine göre belirli kararların alınması gerekmektedir. Bu aşamaların gösterildiği kontrol mekanizması Şekil 3.3'de verilmektedir (Yamamoto and Nof, 1985; Jain and Elmaraghy, 1997).

3.3.2 Başarı ölçütleri

Tepkisel çizelgelemenin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için sinirlilik ve sağlamlık kavramlarının dikkate alınması gerekmektedir. Sinirlilik, daha önce bahsedildiği gibi, çizelgeleme sıklığı ile ilgili bir durumdur. Sık çizelge yenileme ile kararsızlık ve süreksizlik ortaya çıkmaktadır. Tepkisel çizelgeleme sistemi, kararsızlığa ve maliyete yol açacak yeni plana uyum sağlamak yerine, daha fazla süreklilik sağlayacak seyrek çizelge güncelleme eğilimindedir. Sağlamlık ise çizelge yürütülürken, birbirini izleyen tepkisel çizelgeleme kararlarını azalttığı için istenilen bir niteliktir. Bu değer kestirimci çizelgedeki bozulmalara olan gereksiz tepkiler önlenerek arttırılabilmektedir (Herroelen and Leus, 2004).

Düzeltilmiş çizelgede istenilen koşulların sağlanması ve başarı ölçütlerinin de olabildiğince yüksek seviyelerde olması beklenmektedir. Çalışmalarda sık karşılaşılan iki başarı ölçütü ise etkinlik ve sağlamlık kavramlarıdır.

3.3.2.1 Etkinlik

Etkinlik ölçümü, düzeltilmiş çizelgenin özgün çizelgeye göre en büyük tamamlanma süresinin yüzde olarak değişimi olarak tanımlanmaktadır. Çizelgenin düzeltme etkinliği ölçülmek istenmektedir. Etkinlik formülü ve ilgili notasyonlar Eşitlik 3.1'de verilmektedir. Düzeltilmiş çizelgenin en büyük tamamlanma süresi özgün

çizelgenin değerinden daha büyük veya eşit olmaktadır. En etkin düzeltilmiş çizelge ise en az farkın olduğu çizelgedir (Subramaniam and Raheja, 2003).

$$\eta = \left(1 - \frac{M_{\text{yeni}} - M_0}{M_0} \right) * 100 \quad \begin{array}{l} \eta : \text{Etkinlik ölçütü} \\ M_{\text{yeni}} : \text{Düzeltilmiş çizelgenin en büyük tamamlanma süresi} \\ M_0 : \text{Özgün çizelgenin en büyük tamamlanma süresi} \end{array} \quad (3.1)$$

3.3.2.2 Sağlamlık

Bir çizelgenin sağlamlığı, özgün çizelgedeki işlemlerin başlangıç zamanlarından sapmaları olarak ölçülmektedir. Başlangıç ve düzeltilmiş çizelgelerdeki işlemlerin başlangıç zamanlarının farklarının mutlak toplamı hesaplanmaktadır. Daha sonra bu değer işlem sayısına oranlanarak normalleştirilmektedir. Sapma formülü ve ilgili notasyonlar Eşitlik 3.2’de verilmiştir. Bu durumda önerilen başarılı bir düzeltme yaklaşımı ise normalleştirilmiş sapma değerini en küçükmeye çalışmaktadır (Subramaniam and Raheja, 2003).

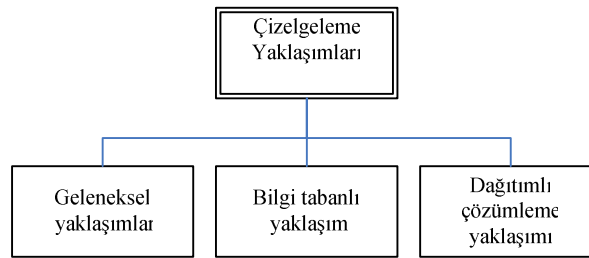
$$\varepsilon = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{p_j} |S_{ji}^* - S_{ji}|}{\sum_{j=1}^k p_j} \quad \begin{array}{l} \varepsilon : \text{Normalleştirilmiş sapma} \\ p_j : j. \text{ işin işlem sayısı} \\ k : \text{ iş sayısı} \\ S_{ji}^* : \text{Düzeltilmiş çizelgedeki } j. \text{ işin } i. \text{ işleminin başlama zamanı} \\ S_{ji} : \text{Özgün çizelgedeki } j. \text{ işin } i. \text{ işleminin başlama zamanı} \end{array} \quad (3.2)$$

Buradaki gibi normalleştirmek yerine sadece başlama zamanları arasındaki farklar alınarak da sapma hesaplanmakta ve sağlamlık başarı ölçütü olarak da değerlendirilebilmektedir. Burada istenilen özgün duruma bağlı kalınmasıdır. Ancak çeşitli kısıtlar ve öncelik durumları hesaba katıldığında sağlamlığı korumak pek mümkün olmamaktadır. Bu durumda diğer koşulları sağlamak ön plana alınabilmektedir. Ancak sağlam bir çizelge hazırlanmak isteniyorsa, çizelge hazırlama aşamasında izleyen satırlardaki durumlar dikkate alınmalıdır (Pinedo, 2002):

- Boş zaman eklenmesi: Belirli dönemler için kaynak kapasitesini doldurmayacak şekilde boş zaman eklemek, süreçte karşılaşılan bozulmanın etkisini azaltmaktadır.
- Daha az esnek olan işlerin önce çizelgelenmesi: Bazı işlerin farklı kaynaklarda işlem görebilme olasılığı var iken, bazılarının seçenekleri bulunmamaktadır. Bu durumda öncelik az esnek olan işlere verilmelidir.
- Gerekmedikçe hiçbir işlemin ertelenmemesi: Stok maliyetlerinin yüksek ve erken bitirme cezalarının olduğu durumlarda işlerin olabildiğince geç başlatılması gerekirken, burada işlerin olabildiğince erken başlatılması istenmektedir. Böylece sorunla karşılaşmadan işler olabildiğince tamamlanmalıdır.
- Kullanım oranı fazla olan kaynakların kuyruklarında her zaman iş bulundurulması: Eğer bu kaynakların önünde ara stok bulundurulmazsa ve bu kaynağı besleyen diğer kaynak arızalanırsa, kullanım oranı yüksek olan kaynak beklemek durumunda kalacaktır.

3.4 Çözüm Yaklaşımları ve Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Bu bölümde, Suresh ve Chaudhuri (1993), Raheja ve Subramaniam (2002) ve Subramaniam ve Raheja (2003) çalışmaları referans alınarak çizelgeleme yaklaşımları üç sınıfa ayrılmış ve erişilebilen geçmişte yapılmış ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Bu sınıflandırma ise Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Suresh ve Chaudhuri (1993) de kendi çalışmalarında aynı sınıflandırmaya göre önceki yıllarda yapılmış çalışmalara yer vermişlerdir.



Şekil 3.4 Çizelge düzeltme yaklaşımlarının sınıflandırılması

3.4.1 Geleneksel yaklaşımlar

Matematiksel programlama, sezgiseller, benzetim ve arama yaklaşımları geleneksel yaklaşımlar olarak tanımlanmıştır. Matematiksel programlama kullanımı çizelgeleme ortamlarının karmaşık yapısından dolayı genellikle sınırlı şekilde kullanılabilir. Bu nedenle sezgisellere başvurmak gerekebilir. Yapılmış çalışmalarda çizelgeleme yaklaşımlarının karşılaştırılması veya çizelgeleme zamanı belirleme aşamasında çoğunlukla benzetim yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Geleneksel yaklaşımlarla yapılmış bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Suwa ve Sandoh (1999), çalışmalarında çizelge gecikmelerine odaklanarak atölye tipi çizelgeleme problemleri için en uygun devresel yeniden çizelgeleme politikasına yönelik bir matematiksel model önermişlerdir.

Méndez ve Cerdá (2003), beklenmedik olaylara karşı en uygun şekilde güncellenmiş çizelgeler üretmek için çok ürünlü parti tipi üretim işletmelerinin tepkisel çizelgelemesi için karma tamsayılı doğrusal programlama üzerine çalışmalar yapmışlardır. Mendez vd. (2004) ise çalışmalarında kaynak kısıtlı çok aşamalı parti tipi hizmetin tepkisel çizelgenmesi için etkin bir karma tamsayılı doğrusal programlama yapısı sunmuşlardır. Yaklaşım tam olarak yeniden çizelgelemeyi engellemek için başlangıç zamanını kaydırma, sınırlı kaynağın yeniden atanması ve herhangi gerekli kaynak biriminde partinin yeniden düzenlenmesi gibi durumları içeren kısmi çizelgelemeye izin vermektedir.

Bard ve Purnomo (2005), hemşirelerin çizelgelerindeki değişiklikleri düzenlemek için tamsayılı programlama ile dal ve fiyat (branch and price) algoritması çözüm yaklaşımlarını kullanmışlardır.

Curry ve Peters (2005), paralel makineli problemlerde sisteme yeni iş gelme durumu için yeniden çizelgeleme yaklaşımı üzerinde çalışmışlardır. Makine hazırlık sürelerinin varlığı, makinelerin yeniden atanma kısıtları ve yeniden atanma maliyetleri

dikkate alınmıştır. Benzetim aşamasında problemler dal ve fiyat algoritması ile çözülmüştür.

Rodrigues vd. (1996), çok amaçlı işletmeler için bir tepkisel çizelgeleme yöntemi önermişlerdir. Karma tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Kısa süreli tepkiler için devingen planlama dönemi yaklaşımı (rolling horizon) uygulanmıştır.

Relvas vd. (2007), 2006 yılında önerdikleri karma tamsayılı doğrusal modeli geliştirilmiştir. Çizelgeleme modelinde firma değişikliklerini de dikkate alan yeni bir yeniden çizelgeleme yöntemi geliştirilmiş ve bir petrol dağıtım şirketinde uygulanmıştır.

Dorndorf vd. (2007), literatürdeki genel uçuş kapasite atama problemlerini, düzeltme ve sağlam çizelgeleme stratejilerini incelemiş ve havaalanlarında uçuş giriş atamaları için sağlamlık kavramını içeren yöntem önermişlerdir.

Heever ve Grossmann (2003), çalışmalarında beş fabrika, dört bağlantılı boru hattı ve yirmi müşteriden oluşan hidrojen tedarik ağının en iyilenmesi için üretim planı hazırlama ve tepkisel çizelgelemenin bütünleşmesine yer vermişlerdir. Üretim planı hazırlama ve çizelgeleme evrelerinde çok dönemli tamsayılı doğrusal olmayan programlama modelleri kullanılmıştır.

Paul vd. (1991), büyük ölçekli dağıtımlı süreçlerin denetlenmesi ve gerçek zamanlı kontrol planlarının değiştirilmesi için bir sistem önermişlerdir. Tepkisel çizelgeleme ve kontrol sisteminde gerçek zamanlı problem çözme ve en iyileme yöntemlerini uygun zaman aralığında en az maliyetli düzeltme planını oluşturmak için kullanmaktadırlar.

Leon vd. (1994), oyun teorisinden yola çıkarak belirsizlik ortamlarında statik çevrimdışı çizelgelerin kullanılmasına izin veren bir yaklaşım önermişlerdir.

Sanmartí vd. (1997), donatı bozulmaları için çok amaçlı parti tipi imalat yapan işletmelerin üretim çizelgelemeleri üzerinde çalışmışlardır. Her işletme birimi ve her çizelgelenmiş görev için güvenilirlik indeksi hesaplanarak, donanım bozulmalarının üretim çizelgesindeki etkileri en küçüklenmeye çalışılmıştır.

Suzuki ve Kim (2003), çalışmalarında büyük ölçekli üretim sistemlerinde hiyerarşik petri ağ modellerine dayanan yeni bir çizelgeleme yöntemi sunmuşlardır.

Baker ve Bertrand (1982), çalışmalarında basit bir üretim sisteminde gecikmeyi en küçüklemek için düzeltilmiş teslim zamanı kuralı olarak belirtilen öncelik kurallarını incelemişlerdir. Düzeltilmiş teslim zamanı erken bitirme zamanı veya teslim zamanından büyük olanı ifade etmektedir. Teslim zamanlarındaki bol ve sıkı durumlara göre kurallar belirlenmiştir.

Baker ve Kanet (1983), çok makineli atölye tipi üretim yapan ortamlarda çizelgeleme için ortalama gecikmeye yönelik yeni bir sevk etme kuralı önermişlerdir. Uyarlanmış teslim zamanlarını kullanan bu yeni kural diğer sevk etme yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

Wu vd. (1993), çalışmalarında çizelge değişimlerinin etkisini yeni ve mevcut çizelge arasındaki başlangıç zamanı farkı ile iki çizelge arasındaki sıra farkı olacak şekilde iki ölçüte göre değerlendirmişlerdir. İki ölçütlü problem için üç yerel arama yordamı geliştirilmiş ve sezgisellerin etkinliğini sınamak için deneyler yapılmıştır.

Huercio vd. (1995), gerçek zamanlı olabilecek değişikliklerin mevcut çizelgeye uyarlanabilmesine yönelik bir tepkisel çizelgeleme algoritması sunmuşlardır. Kimyasal süreç endüstrisinde yeni çizelgeyi idare edebilme yeteneğindeki denetleyici bir sistem önerilmiştir. İşlerin başlama zamanları ve birimlerin yeniden atanmalarındaki değişimler sezgisel kurallara dayanan bir karar ağacı seviyesinde incelenmiştir.

Dorn vd. (1995), çalışmalarında bir çelik imalat süreci için çizelge hazırlanmasında bulanık mantığın desteğini ve çizelge düzeltmelerinde yasaklı arama yaklaşımının kullanımını anlatmışlardır.

Olumolade ve Norrie (1996), çalışmalarında önceki çalışmalarındaki modellerinin geliştirilmesiyle oluşturdukları yordamı anlatmışlardır. Hücreli imalat ortamlarında makine eksilmesi durumu incelenmiştir.

Lawrence ve Sewell (1997), işlem süreleri belirsiz olan atölye tipi çizelgeleme problemleri için sezgisel ve en iyi çözüm yöntemlerinin statik ve dinamik uygulamaları karşılaştırılmıştır.

Abumaizar ve Svestka (1997), çalışmalarında atölye ortamında etkilenen işlerin yeniden çizelgelenmesi için bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritmanın etkinlik ve sağlamlığı tamamen yeniden çizelgeleme ve ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımlarıyla karşılaştırılmıştır.

Jain ve Elmaraghy (1997), esnek imalat sistemlerinin çizelgelenmesiyle ilgilenmişlerdir. Başlangıç çizelgesi için genetik algoritma kullanılmıştır. Beklenmeyen makine arızaları, öncelikli sipariş artışı, acil siparişler ve sipariş iptali gibi dört farklı durum ele alınmıştır.

Suh vd. (1998), kısıtların sağlanmasına dayanan ve beklenmedik olaylara karşı etkin olarak mücadele edebilen bir tepkisel çizelgeleme yordamı önerilmiştir. Çelik işlerindeki sıcak haddeleme çizelgelerinin tepkisel düzenlemeleri için uygulanmıştır.

Mehta ve Uzsoy (1998), çalışmalarında kestirilebilir çizelgeleme yaklaşımına yer vermişlerdir. Süreç, bozulmalarının etkisini azaltmak için ek aylak süre içermektedir. Yaklaşım, rassal makine bozulmalarının olduğu atölye tipi imalat ortamında en büyük sapmayı en küçükmek için kullanılmıştır.

O'Donovan vd. (1999), bozulmaların etkisini ortadan kaldırmak için ek aylak süre içeren kestirimci çizelgeleme yaklaşımını kullanmışlardır. Bozulma etkisi, gerçekleşen çizelgedeki işin tamamlanma zamanı ile kestirimci çizelge arasındaki sapma ile ölçülmektedir. Yaklaşım stokastik makine arızaları olan tek makinedeki toplam gecikmeyi en küçüklemek için kullanılmıştır.

Aktürk ve Görgülü (1999), çalışmalarında tanımladıkları değiştirilmiş akış tipi atölyesinde makine arızaları olduğu durumlarda çizelge düzeltmek için eşleşme çizelgeleme yaklaşımını kullanmışlardır.

Raheja ve Subramaniam (2002), atölye çizelgelerinin tepkisel iyileşmesi üzerine yapılmış çalışmalar ve yaklaşımları incelemişlerdir. Subramaniam ve Raheja (2003) makine arızası, süreç süre değişkenliği, beklenmeyen bir işin geliş ve acil iş gibi atölye karışıklıkları üzerinde çalışmışlardır. mAOR (modified Affected Operation Rescheduling) yordamına dayanan düzeltme süreçleri geliştirilmiştir. Bu yordamın performansını değerlendirmek için benzetim çalışması da yapılmıştır. Subramaniam vd. (2005) atölye tipi üretim ortamındaki sert koşullarda karşılaşılan çeşitli bozulmalara karşı mAOR yordamını daha detaylı anlatmışlar ve deneylerle etkinlik ve sağlamlık ölçütlerini değerlendirmişlerdir.

Aloulou (2002), ağırlıklı gecikme ve en büyük tamamlanma zamanını en küçüklemek için tek makine ile n işli çizelgeleme problemi üzerinde çalışmıştır. Problemden makineler hammaddelerin gecikmesine ve arızalanmaya bağlıdır. Atölye ortamındaki bozulmalar için farklı tepkisel çizelgeleme algoritmaları önerilmiştir.

Alagöz ve Azizoğlu (2003), çalışmalarında yeniden çizelgeleme için toplam akış süresini en küçükleyecek doğrusal programlama modeli ve toplam akış süresini en küçükte tutacak şekilde bozulan işlerin sayısını da en küçükleyecek dal sınır algoritmasını anlatmışlardır. Bunun dışında çalışmada polinom zamanlı ve dal sınır tabanlı sezgisel yordamlar önerilmiştir.

Quere vd. (2003), haberleşme sürelerini dikkate alarak birçok karar merkezinden oluşan ve işbirliğine dayalı karmaşık sistem düzenlemesi problemi üzerinde çalışmışlardır. Yeniden çizelgeleme için bir algoritma önermişler ve bir demiryolu şirketinde uygulamışlardır.

Hauptman ve Jovan (2004), çalışmalarında süreç imalatı ve onun üretim çizelgesine etkilerini anlatmışlardır. Süreç kısıtları ve tahmin edilemeyen süreç süreleri altında çizelgeleme problemleri çözümlenmiş ve bu problemleri önlemek için basit ve güvenilir bir yaklaşım ortaya konmuştur. Önerilen yaklaşım örnek olay üzerine uygulanmıştır.

Bollapragada ve Sadeh (2004), çalışmalarında makine arızaları kısıtı altında, tam zamanında üretim ortamında stok maliyetlerinin ve gecikmenin en küçüklenmesi amaçlanmış ve farklı belirsizlik koşulları altında önerilen tepkisel çizelgeleme politikaları değerlendirmişlerdir.

Herroelen ve Leus (2004), bozulmalara karşı olabildiğince korunabilmesini sağlayan sağlam çizelgelerin oluşturulması ve beklenmedik olayların gerçekleşmesinde çizelgeyi yenileme ve yeniden en iyilenmesini sağlayan tepkisel proje çizelgeleme için uygun yaklaşımları incelenmişlerdir. Herroelen ve Leus (2005), daha sonraki çalışmalarında ise belirsizlik altında çizelgelemede temel yaklaşımlar olan tepkisel çizelgeleme, stokastik proje çizelgeleme, bulanık proje çizelgeleme, sağlam çizelgeleme ve duyarlılık analizi üzerinde incelemelerini sürdürmüşlerdir.

Wang (2005), çalışmasında teslim zamanları kısıtı dikkate alınarak ürün geliştirme projelerinin çizelgelenmelerini modellemiştir. Beklenmeyen olaylar sonucu bozulmuş çizelgeleri kaynak çakışma maliyetlerini en küçükleyecek şekilde düzeltecek ve meta-sezgisel yaklaşımlarına dayanan tepkisel çizelgeleme yöntem bilimi geliştirilmiştir.

Babiceanu vd. (2005), hücreli imalat ortamında malzeme taşıma araçlarını taşımak için holonik kontrol yaklaşımı kullanmışlardır. Holonik sistemlerde gerçek

zaman kısıtları altında malzeme taşıma araçları için uygun bir çizelge bireysel malzeme taşıma elemanlarının çizelgelerinin birleşiminden elde edilmektedir.

Azizoğlu ve Alagöz (2005), eş paralel makineli bir problemde herhangi bir makinenin uygun olmama durumu için yeniden çizelgeleme yaklaşımı üzerinde çalışmışlardır. Önerilen algoritma ile toplam akış süresi ve ilk çizelgedeki yeri bozulan işlerin sayısı en küçüklenmek istenmektedir.

Tanimizu vd. (2006), genetik algoritmaya dayanan yeni bir tepkisel çizelgeleme yöntemi önermişlerdir. Önerilen algoritmanın etkinliğini göstermek amacıyla işlem gecikmesi ve yeni iş gelişi durumları için deneyler yapılmıştır.

Petrovic ve Duenas (2006), paralel makineli üretim ortamında yeniden çizelgelemeyi desteklemek amacıyla ne zaman ve hangi yöntemin uygulanacağını belirlemek için bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Malzeme yokluğu süresi ve gerçekleşme sayıları bulanık kümelerle tanımlanmış ve geriye doğru çizelgeleme ile yeni çizelge oluşturma yöntemleri kullanılmıştır. Duenas ve Petrovic (2007), daha sonraki çalışmalarında paralel makine çizelgeleme probleminde gerçekleşen bozulmalar için yeni bir kestirimci tepkisel yaklaşım sunmuşlardır. Yaklaşım işlem sürelerine aylak süre ekleyerek olası bozulmaların etkilerini emecek kestirimci çizelgelerin hazırlanmasına dayanmaktadır. Malzeme yokluğunun gerçekleşme sayısı ve düzeltme süresi parametreleri yine bulanık kümelerle tanımlanmıştır.

Vonder vd. (2007), çalışmalarında gerçekleşen ile temel çizelge arasındaki sapmayı en küçükmeyi amaçlamışlardır. Kaynak kısıtlı proje çizelgelerinin hazırlanması için yeni tepkisel yordamlar anlatılmıştır. Öncelik kuralı tabanlı çizelge hazırlama, örnekleme yaklaşımı ve ağırlıklandırılmış erken-geç yordamı ile hesaplamalar yapılmıştır.

Tang ve Wang (2008), çelik endüstrisinde kestirimci tepkisel çizelgeleme yöntemi üzerine çalışmışlardır. Beklenmeyen olaylara etkin bir şekilde cevap

verebilmek ve başlangıç çizelgesindeki etkiyi en küçükleyecek eşleştirme modeli önerilmiştir. Teslim zamanının gecikmesi ve beklenen kalitenin elde edilememesi durumları incelenmiştir.

Ramasesh (1990), çalışmasında önceki çalışmalardan alınan farklı yaklaşımlarla atölye tipi üretimde benzetim modelleri ve deneysel incelemeleri anlatmıştır. Atölye performans ölçütleri üzerinde durulan farklı çalışmalar incelenmiştir

Mignon vd. (1995), belirsizlik altında sağlamlığın değerlendirilmesine yönelik Monte Carlo tabanlı benzetim modellerinin nasıl kullanıldığı göstermişlerdir. Çeşitli deneyler yapıp sonuçlar değerlendirilmiştir. Daha etkili tepkisel çizelgeleme sistemleri geliştirmek için benzetim sonuçlarının çizelgeleme modellerine geribildirimini tartışılmıştır.

Kutanoğlu ve Sabuncuoğlu (1999), çalışmalarında ağırlıklandırılmış gecikme ölçütü ile dinamik atölye ortamında çizelgeleme problemini incelemişlerdir. Farklı deney koşulları altında yirmiden fazla sevk etme kuralının uzun süreli performansları değerlendirilmiştir.

Vieira vd. (2000), çalışmalarında devresel, melez ve olay tabanlı yeniden çizelgeleme stratejilerini anlatmış ve analitik modeller kullanılarak paralel makine sistemlerindeki sonuçları değerlendirmişlerdir.

Sabuncuoğlu ve Bayız (2000), çalışmalarında makine arızalanmalarına karşı farklı çizelgeleme politikalarının sistemdeki makine sayısı, iş sayısı ve çizelgeleme sıklıkları değiştirilerek ortalama gecikme ve en büyük tamamlanma zamanları değerlendirmişler ve benzetim modeli desteği ile sonuçlar incelemişlerdir. Işın arama (beam search) tabanlı yordam ile bazı sevk etme kuralları kullanmışlardır.

Kutanoğlu ve Sabuncuoğlu (2001), dinamik atölye tipi üretim ortamlarında makine arızalarına karşı işlerin rotalarının yeniden belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Malzeme taşıma sisteminden doğacak maliyetler de dikkate alınarak, dört

farklı politika incelenmiştir. Bunlar rota değiştirmeme ile kuyruktakilerin, yeni işlerin ve tüm işlerin rotalarının değiştirilmesidir.

Lejmi ve Sabuncuoğlu (2002), yükleme, işlem süresi ve teslim zamanı değişimleri üzerine odaklanmışlar ve bunların çizelgeleme sistemlerine etkilerini çözümlenmişlerdir. Özellikle benzetim desteğiyle değişimlerin sevk etme kurallarına etkisi incelenmiştir.

Sabuncuoğlu ve Kızılışık (2003), dinamik ve stokastik imalat ortamındaki tepkisel çizelgeleme problemleriyle ilgilenmiş ve esnek imalat sistemleri için benzetim yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmada farklı koşullar altında farklı tepkisel çizelgeleme politikalarının (ne zaman ve nasıl çizelgelenmeli) performanslarını sınamışlardır.

Pfeiffer vd. (2004), çalışmalarında atölye tipi çizelgeleme problemi ve çizelge ölçme teknikleri üzerine çalışmışlardır. Yeniden çizelgeleme aralığının ve sağlamlık faktörlerinin çizelge kalitesi üzerindeki etkileri benzetim yardımıyla incelenmiştir. Daha sonra Pfeiffer vd. (2006), sağlamlık ölçüsü ile ilgili incelemeler yapıp, makine arızalanması durumu için atölye tipi üretim ortamlarında melez yeniden çizelgeleme yöntemlerini benzetimle değerlendirmişlerdir.

Suwa ve Sandoh (2007), tepkisel çizelgelemede ne zaman çizelgelenmeli politikası üzerinde çalışmışlardır. Atölye tipi üretim için makine arızası problemleri üzerinde en büyük gecikmeyi ve çizelgeleme sıklığını en küçükleyecek yaklaşımlarla bazı deneyler yapılmıştır.

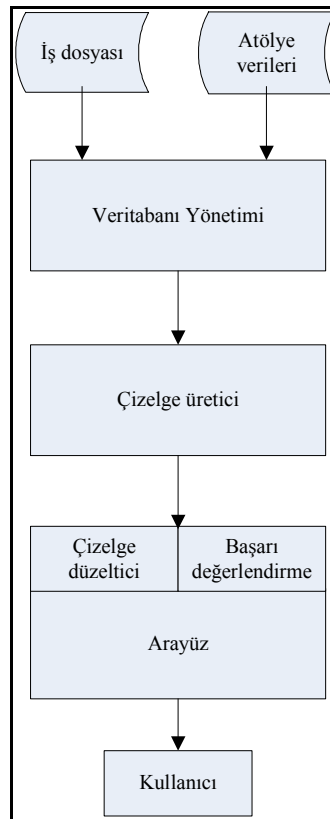
Pfeiffer vd.(2007), yeniden çizelgeleme yöntemlerinin sınanması için benzetim tabanlı değerlendirme tekniği önermiş ve dinamik atölye tipi çizelgeleme problemlerini incelemişlerdir. Çalışmada devresel ve melez yeniden çizelgeleme yöntemleri tek ve çok makineli sistemler için anlatılmış ve bir endüstri uygulama yapılmıştır.

Zhang ve Wang (2005), çalışmalarında benzetim tabanlı tepkisel çizelgeleme sistemi önermişlerdir. Bu sistemle hızlı değişen yarı iletken montaj ve test ortamları

için denemeler yapılarak, atölye çizelgeleme ve eğer-olursa analizi uygulanabilmektedir.

3.4.2 Bilgi tabanlı yaklaşım

Çizelgeleme sisteminin kendi aşamasındaki kararları verebilmesi için diğer birimlerle etkileşimli çalışması gerekmektedir. Bu nedenle etkin bir veritabanı yönetimi de var olmalıdır. Buradan alınan bilgiler ile işletme hedefleri doğrultusunda çizelgeler hazırlanabilmektedir. Ara yüz kullanılarak hazırlanan çizelgeler kullanıcıya sunulmaktadır. Bu aşamada genellikle Gantt şemalarından faydalanılmaktadır. Kullanıcı çizelgede değişiklik yaparsa, başarı ölçütlerindeki değişiklikleri görebilmektedir.



Şekil 3.5 Bilgi tabanlı sistem yapısı

Bilgi tabanlı çizelgeleme sisteminin yapısı Şekil 3.5’de gösterilmiştir (Pinedo, 2002). Bilgi tabanlı yaklaşım, alanlarındaki uzman desteğiyle, özel problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Farklı bozulma türleri modellenerek çözümler önerilebilmektedir. İnsan etkileşimiyle ve denetimlerle sistem çalışabilmektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalar izleyen paragraflarda kısaca açıklanmaktadır.

Smith ve Wiggins (1977), St.Louis hastanesindeki hemşirelerin çizelgelenmesi için bilgisayar tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Çalışanların kategorilere ayrıldığı, kişisel tercihleri hesaba katıldığı, yarım gün çalışanları içeren ve uygun bir ara yüze sahip aylık vardiya çizelgelerinin hazırlandığı sistemi çalışmalarında anlatmışlardır.

Sauve ve Collinot (1987), yapay zeka tekniklerinden uzman sistemi günlük çizelge tahminleri ve üretim aksaklıklarının gerçek zamanlı kontrolü için önermişlerdir. Çevrimdışı günlük çizelgeleme için geliştirilmiş olan SOJA olarak isimlendirilen sistem ayrıntılı incelenmiş ve gerçek zamanlı durumlar için tepkisel yetenekler önerilmiştir. Collinot vd. (1988), çalışmalarında atölye tipi üretim için bir çizelgeleme sistemi olan SONIA’yı tanıtmışlardır. SONIA olarak isimlendirilen sistem, kestirimci ve tepkisel bileşenlerine sahip bilgi tabanlı bir çizelgeleme sistemidir. Tepkisel bileşen gecikmeler, kapasite uyuşmama durumları ve makine arızaları gibi çizelgedeki değişikliklere cevap vermek için kullanılmaktadır.

Özkarahan (1989), çalışmasında hedef programlama kullanarak hem hastanenin hem de hemşirelerin memnuniyetini sağlayacak esnek bir karar destek sistemi önermiştir.

Sauer (1989, 1991), çalışmasında PROTOS’u (Prolog Tools for Building Expert Systems) anlatmıştır. Prologda uzman planlayıcının deneyimi kullanılarak iyi çizelge hazırlamayı amaçlayan bir sezgisel planlama algoritması geliştirilmiştir.

Randhawa ve Sitompul (1993), çalışmalarında hemşire çizelgeleme için geliştirdikleri karar destek sistemini anlatmışlardır. Sistem haftalık çalışma ve vardiya

kalıplarını geliştirmek ve bunları hemşire çizelgelerinde birleştirmek için kullanılacak algoritmaları ve veritabanlarını içermektedir.

Bharadwaj vd. (1994), çalışmalarında dinamik yeniden çizelgeleme problemi için bilgi tabanlı yaklaşımı kullanmışlardır. Bu çalışmada çeşitli kardiyak işlemleri için gerekli olan doktorların katerizasyon laboratuvarlarına atanması problemi ele alınmış ve hastanın operasyona hazır olmaması, doktorun zamanında işleme başlayamaması, işlemlerin zamanının aşılması gibi durumlar sonucunda çizelgelerin yeniden düzenleme ihtiyaçları doğması sebebiyle CLASS olarak isimlendirdikleri sistemi geliştirilmiştir.

Klaus (1994), çalışmasında esnek imalat sistemlerinde planlama ve kontrol bileşenlerinin tasarımının erevesi tanıtılmış ve kural tabanlı çok ajanlı bir sistem kısaca anlatılarak uygulaması yapılmıştır.

Szelke ve Kerr (1994), çalışmalarında bilgi tabanlı tepkisel çizelgeleme çalışma sonuçları incelemiş ve bazı ilgili endüstri uygulamalarına yer vermişlerdir.

Smith (1995), değişikliklere karşı mevcut çizelgeyi yenilemek için tasarlanmış bir çizelgeleme sistemi olan OPIS'i tanıtılmıştır. ISIS'in devamında gelen bir sistemdir. Farklı parametre değerlerine bağlı olarak uygun algoritmadan gerçek çizelgeleme durumunu anlatan birini seçen kısıt tabanlı bir sistemdir.

Chun (1995), Hong Kong uluslar arası havaalanında resepsiyon yerleştirme ve bagaj bant yükleme problemi için geliştirdiği SPEEDCHECK isimli sistemi tanıtılmıştır. Sistemde Ilog ozc ve Ilog görünüşleri kullanılmıştır.

Miyashita ve Sycara (1995), çalışmalarında olaya dayalı oğrenme yöntemini anlatarak beklenmedik olaylara tepki için kestirimci ve tepkisel çizelgeleme yönteminde izelge kalitesini arttırmaya çalışılmışlardır. CABINS olarak isimlendirilen sistemindeki yaklaşımda izelge gelişimine yol göstermek için arama kontrolünün dinamik olarak değiştirilmesinde kullanıcı tercihleri göz önüne alınmaktadır.

Sauer ve Appelrath (1997), makalelerinde çizelgeleme sistemlerinde bilgi tabanlı sistem gereksinimlerinin tanımlanması, tasarım ve deneme bölümleri altında nasıl olması gerektiğini anlatan bir çalışma yapmıştır. Sauer (1999, 2000, 2001), çizelgeleme problemleri ve bunların çözüm yöntemleri üzerine çalışmalarını sürdürmüştür. Çözüm yöntemleri ve uygulama örneklerini çalışmasında anlatmıştır.

Sauer ve Bruns (1997), çalışmalarında kimyasal endüstri, metal endüstrisi ve hastane ortamı için tasarlanan bilgi tabanlı çizelgeleme sistemlerini anlatmışlardır. Bunlar sırasıyla Protos, PSY (Production Planning and Scheduling System) ve Medicus (Medical Resource Scheduling System)'dur. Protos, boya üretiminin planlanması ve kontrolü için geliştirilmiştir. PSY kesikli imalatta, metal endüstrisinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Medicus ise Oldenburg'daki kalp cerrahisi bölümü için geliştirilmiştir. Sistem normal öncelikli hastaların uzun vadeli ve acil hastaların kısa vadeli çizelgelenmesi problemlerini desteklemektedir.

Szelke ve Márkus (1997), mevcut çizelgenin uygulama aşamasındaki karışıklıkların etkisini önlemek için tepkisel çizelgelemede düzeltme ve kontrolü elde tutma kavramlarını incelemişlerdir. Çalışmada gelecekte tepkisel çizelgelemede kullanmak için geçmiş deneyimleri kapsayan bazı öğrenme yaklaşımları ile kural ve olay tabanlı düşünme/öğrenme yaklaşımlarına yer verilmiştir.

Henning ve Cerdá (2000), çalışmalarında gerçek hayat problemlerini çözmek amacıyla çizelge sistemlerini oluştururken nesne tabanlı teknolojiye dayanan bir bilgi tabanlı yaklaşım kullanılmıştır. Bu yapının, kestirimci ve tepkisel çizelgelemeyi destekleyen en uygun durumları ortaya çıkarılmıştır. Çok aşamalı çok ürünlü işletmeler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

O'Kane (2000), çalışmasında esnek imalat ortamlarında tepkisel çizelgelemeyi çözümlmek için zeki benzetim ortamlarındaki gelişmeleri incelemiştir.

Du ve Chiou (2000), nesneye dayalı veritabanı teknolojisine bağılı tepkisel çizelgeleme mimarisi üzerine çalışmışlardır. İki beklenmedik durum olarak makine bozulmaları ve malzeme eksilmesi ele alınmıştır.

Ruiz vd. (2001), hata teşhis sisteminin (Fault Diagnosis System – FDS) geliştirilmesi ve uygulanması için basit bir strateji önermişlerdir. Önerilen FDS bilgi tabanlı uzman sistem eklenmiş yapay zeka ağı yapısını içermektedir.

Isaai ve Cassaigne (2001), kaynak kapasitesi, yönetim amaçları gibi kısıtlar ve beklenmedik olaylar, kesin olmayan bilgi ve veriler altında kestirimci ve tepkisel tren çizelgeleme için bir karar verme problemi üzerinde çalışmışlardır.

Policella ve Rasconi (2005), çalışmalarında tepkisel çizelgeleme problemlerinin örnekleri için geliştirilen karşılaştırmalı değerlendirme işlev birimi için bazı temel fikirlere yer vermişlerdir. Proje çizelgeleme problemleri üzerinde durulmuş ve özel bir probleme yönelik RCPS/ max (kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi) karşılaştırmalı değerlendirme işlev birimi anlatılmıştır.

Bu sistemler dışında geliştirilmiş bazı bilgi tabanlı çizelgeleme sistemleri de aşağıda verilmiştir (Suresh and Chaudhuri, 1993; Sauer, 1999):

- ISIS: Yapay zeka tabanlı ilk sistemlerdendir. Kısıt tabanlı arama yaparak çizelge hazırlar. Bozulmalarda bazı kısıtlar esnetilerek etkilenen işler yeniden çizelgelenebilir.
- METAPLAN: Verilen problem için önerilen çok seçenekli algoritmalar arasından en uygun olanını seçen bir yaklaşımdır.
- REAKTION: Özellikle tepkisel çizelgeleme için tasarlanmış bir sistemdir.
- OPAL: Atölye tipi üretim için kestirimci çizelgeleme için tasarlanmış bir sistem, tekrar çalıştırılırsa tepkisel için de kullanılabilir. İşlemler arasındaki öncelik ilişkileri için üretim kuralları ve sezgiselleri kullanılmaktadır.

- DR(Dynamic Rescheduler): Tepkisel çizelgeleme problemlerini çözmek için geliştirilmiş kısıt tabanlı yeniden çizelgeleme sistemidir. DR'nin yeniden çizelgeleme bilgisi üretim hedeflerinden ve sevk etme kurallarından oluşmaktadır.

3.4.3 Dağıtımli çözümleme yaklaşımı

Dağıtımli çözümleme yaklaşımı, problemlerin yetkileri merkezden birkaç yere dağıtılmış ve bağı zayıf olan ajanlar kümesiyle işbirliği altında çözülmesidir. Bu ajanlar probleme uygulanabilen yerel yordamların, kuralların vb. süreçlerin işlemcileridir. Genel en iyiyi bulmak için işbirliği ile çalışmaları gerekmektedir.

Burke ve Prosser (1991), dağıtımli eşzamanlı olmayan sistemlerde çizelgeleme problemi aralarında bağlantı olan ajanların hiyerarşisi karşısında fonksiyonel ve mekansal olarak ayrılmaktadır. Her ajan farklı yazılım sürecine uygun olup anlaşma içinde çalışmaktadır.

Kouiss vd. (1997), dinamik çizelgeleme için çok ajanlı bir yaklaşım önermişlerdir. Her ajan denetçi ajan kontrolünde yerel kararlar vererek, problem için en uygun sevk etme kuralı genel en iyi çözüme göre belirlenmektedir. Bunun seçimi birincil ve ikincil amaçlar, işlem merkezinin yeri ve diğer ajanlardan gelen bilgiler doğrultusunda yapılmaktadır.

Aigner vd. (2000), çalışmalarında REFRESH (a Reusable and Extendible Framework for REactive ScHeduling) isimli projelerini tanıtmışlardır. Farklı yordam ve stratejilerin test edilebilmesi ve tepkisel çizelgeleyicilerin değerlendirilebilmeleri için benzetim ortamı geliştirilmiştir. Farklı tepkisel çizelgeleme sistemleri internet üzerinden karşılaştırılmak istenmektedir.

Drabble (2000), çalışmasında tepkisel iş akışı yönetimi modeli içerisinde görevlendirilen ve kontrol edilen karmaşık sistemler, insani ajanlar ve yazılım ajanlarına

tasarlanan zeki görevlendirme modelini anlatmıştır. Görev modelleri, tepki kontrol, çizelgeleme ve sürekli uygulamada yapay zekanın yeni ilerlemelerini kullanmaktadır.

Cowling vd. (2001), çalışmalarında dinamik çizelgelemede çok ajanlı yaklaşımlar ile ilgili gelişmelere yer vermişlerdir.

Reis ve Mamede (2001), çok ajanlı üretim- dağıtım çizelgeleme problemleri için bir koordinasyon mekanizması önerilmiştir. Bu yapı müşteri-tedarikçi ajan çiftlerinin iletişimine dayanmakta ve yerel olarak geçici zor kısıtların algılanmasını sağlamaktadır.

Sun ve Xue (2001), müşteri siparişlerinde ve imalat kaynak durumunda olan değişikliklere cevap verecek tepkisel bir algoritma önermişlerdir. Eşleşme ve ajan tabanlı yaklaşımlar kullanılmıştır. Dinamik tepkisel üretim çizelgeleme sistemi nesne tabanlı programlama dili olan Smalltalk kullanılarak tamamlanmıştır.

Archimede ve Coudert (2001), SCEP (supervisor, customers, environment, producers) olarak tanımlanan yeni çok ajanlı bir model önermişlerdir. Her tür planlama faaliyeti için geliştirilmiş olup, bu model ile yüksek seviyede işbirliği için yol gösteren iki ajan topluluğunun müzakere yapılmaktadır.

Liu vd. (2004), atölye tipi üretim ortamında tepkisel çizelgeleme için çoklu ajan yapısını anlatmışlardır. Çalışmada en az ayrıntılı bilgiyle ajanlar arasında üst-alt ilişkileri olmadan ve gerçek zamanlı karar vermenin dışında en iyilemeyi de göz önünde bulunduran bir yaklaşım tanıtılmış ve dinamik iş gelişleri için önerilerde bulunulmuştur.

Dorn (2004), tepkisel çizelgeleyicilerin farklı çizelgeleme problemlerini test edip karşılaştırma yapabilmeleri için çok ajanlı bir bilgi sistemi önermiştir. Ürünlerin siparişi, hammaddenin tedariki, çizelgelenmiş işlerin sevk edilmesi ve denetimi ile özerk ajanların benzetimi yapılmaktadır.

BÖLÜM 4

HİZMET SEKTÖRÜNDE ÇİZELGELEME İÇİN ÇÖZÜMLEMELER VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

4.1 Giriş

Hizmet sistemlerinde belirsizliklerin sıklığı tepkisel çizelgelemenin gereksiniminin de artmasına neden olmaktadır. Hizmet sistemlerinde karşılaşılan bu durumlara belirli bir yaklaşım olmaksızın çözümler getirilebilmekte ve o an için bazı kayıpları da göz önüne alarak süreç sürdürülebilmektedir. Bu kayıpları en aza indirmek için olası belirsizlikleri ve değişiklikleri tahmin etmek gerekmektedir. Bu belirsizliklerden en önemlileri aşağıda verilmektedir:

1. Müşteri gelişleri: Hangi özelliklere sahip müşterilerin, ne zaman, hangi şartlarda geleceği çoğu zaman bilinmemektedir.
2. Hizmet süresi: Müşterinin sistemde kalış süresi genellikle belirgin değildir. Bunun dışında süreç birkaç bölüme de ayrılabilir. Müşteriden ve hizmet veren kişiden kaynaklanan nedenler olabilmektedir. Aynı süreç farklı müşteriler için aynı sürede tamamlanmak durumunda değildir.

Bu durumlar hizmet sektöründe değişkenlik gösterebileceği gibi, imalat ortamlarından farklı olarak da kendi aralarında bazı ortak hedeflere sahiptir. Daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi maliyeti en küçükmek ya da karı en büyükmek temel amaç değildir. Temel amaç çalışma koşullarını sağlayarak hizmetin etkin bir şekilde verilmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılmasıdır.

Bazı hizmet sektörlerinde belirli işler için belirli standartlar getirilmiş olsa da, genellikle çoğu birimlerde gelen isteğin ve kişilerin özellikleri doğrultusunda belirsizlik görülmektedir. Bu durumda problemin ilk aşamasında işlem süresi tahminlemesi yapılması gerekmektedir. İkinci aşamada ise işlerin ya da müşterilerin çizelgenmesi

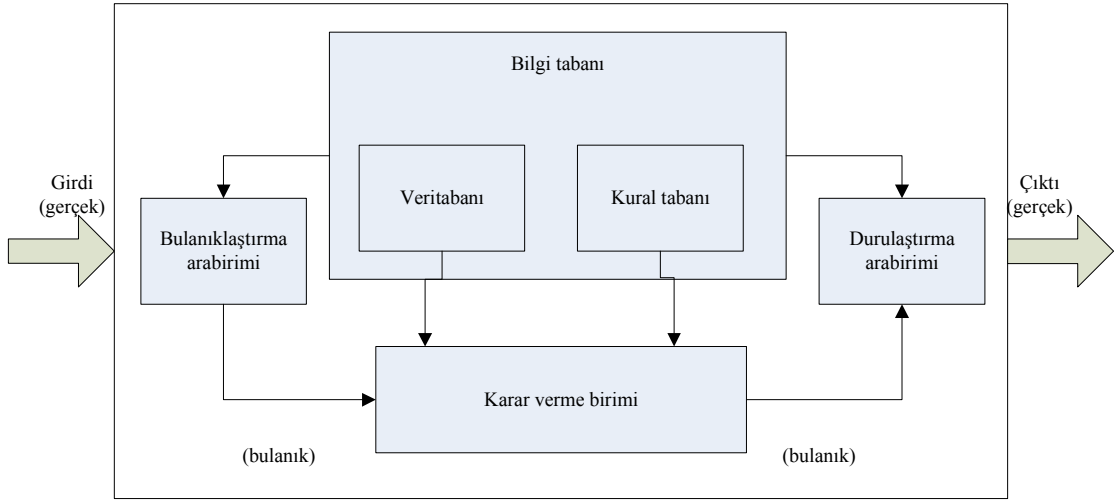
gelmektedir. Bu çizelgeleme problemi için müşteri beklentilerine uygun ve sistemdeki değişikliklere en kısa sürede cevap verebilecek kullanıcı etkileşimli bir bilgi tabanlı sistem önerilmektedir.

4.2 Süre Tahminlemede Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Uygulanması

Bu çalışmada hizmet sürelerinin belirsizliğini ortadan kaldırmak ve gerçeğe en yakın süreleri kullanabilmek amacıyla Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi'nin (ANFIS) kullanılması önerilmektedir. Bunun sebebi hizmet biriminin çözümlenip, hizmet süresi için etkili olabilecek ilgili faktörlerin ve hizmet biriminden elde edilen belirli sayıdaki verilerin sistemi yansıtacağı düşüncesidir.

4.2.1 Bulanık mantık ve Sugeno bulanık modeli

Bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ilk ciddi çalışma Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanmıştır. Zadeh niteliklerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği klasik kümeler yerine dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği bulanık kümeleri tanımlamıştır. Bulanık küme kuramı belirsizliğin bir çeşit formüleştirmesidir. Kümedeki her birey bir dereceye kadar üye olarak görülmektedir. “0” değeri üye olmamayı ve “1” değeri tam üye olmayı belirtirken, (0,1) arası değerler de kısmi üyelik kavramına karşılık gelmektedir. Küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesinin belirsizlik durumunda en uygun yol olduğu düşünülmekte ve bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonu $\mu_A: E \rightarrow [0,1]$ ile ifade edilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004).



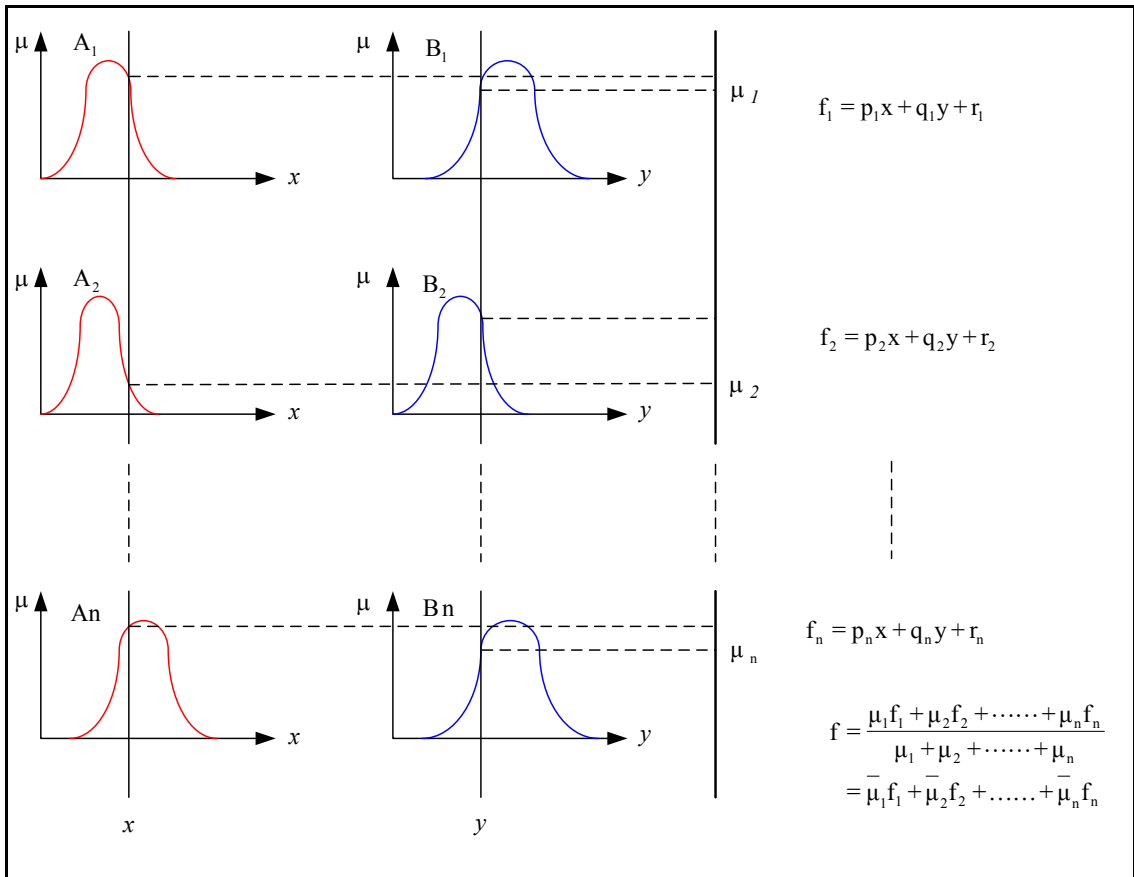
Şekil 4.1 Bulanık çıkarım sistemi

Bulanık çıkarım sistemi, bulanık kural tabanlı sistemler, bulanık modeller, bulanık bellek ve bulanık denetleyici olarak da bilinmektedir. Şekil 4.1’de gösterilen sistem bulanık mantık ile bulanık kurallar temeline oturtulmuş olup, beş işlevsel birimden oluşmaktadır (Jang, 1993):

- Kural tabanı, “eğer-ise” kurallarından oluşmaktadır.
- Veritabanı, bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları olarak tanımlanmakta olup bulanık kurallarda kullanılmaktadır.
- Karar verme birimi, kurallarda çıkarım işlemlerini yerine getirmektedir.
- Bulanıklaştırma arabirimi, giriş bilgilerini dilsel değerlerle eşleşen derecelere dönüştürmektedir.
- Durulaştırma arabirimi, bulanık çıktıları gerçek değerlere dönüştürmektedir.

Sugeno bulanık modeli, Takagi, Sugeno ve Kang tarafından geliştirilmiş olup giriş-çıkış uzayından sistematik olarak bulanık kural çıkartmaktadır. Sugeno bulanık modelin kural yapısı, “Eğer x girişi A kümesinde ve y girişi B kümesinde ise çıkış $z = f(x, y)$ olur” şeklindedir. Burada A ve B girişin bulanık kümelerini, $z = f(x, y)$ ise çıkıştaki duru fonksiyonu göstermektedir. $f(x, y)$, x ve y giriş değişkenlerine bağlı bir

çok terimlidir ve girişler tarafından belirlenen bulanık bölgeyi tanımlamaktadır. Eğer $f(x,y)$ birinci dereceden bir çok terimli ise, bulanık çıkarım sistemine birinci dereceden Sugeno bulanık modeli denir. Eğer $f(x,y)$ sadece bir sabitse sisteme sıfırıncı dereceden Sugeno bulanık modeli denir (Baykal ve Beyan, 2004; Gün, 2007).



Şekil 4.2 Bulanık Sugeno modeli

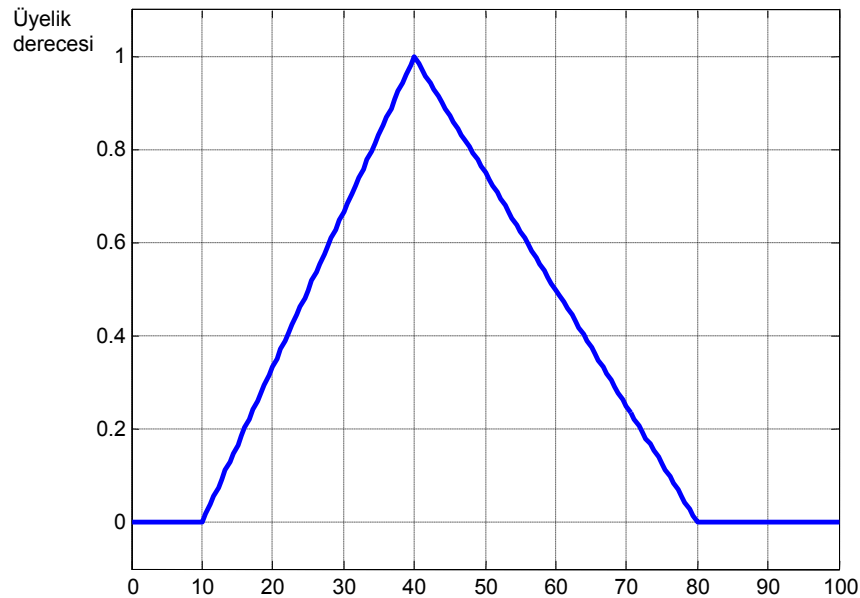
Şekil 4.2, birinci dereceden Sugeno bulanık modelin bulanık mantık işlemlerini göstermektedir. Burada her kuralın çıkışı durudur ve toplam çıkış ağırlıklı ortalama ile bulunmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004; Gün, 2007).

4.2.2 Üyelik fonksiyonları

Üyelik fonksiyonu tipi çok çeşitli olmakla birlikte en yaygın kullanım alanı bulanlar üçgen, yamuk, Gaussian, genelleştirilmiş çan eğrisi ve sigmoidal fonksiyonlarıdır. ANFIS'te üyelik girişleri yapılırken fonksiyon tipleri tanımlanmaktadır. Uzmanlar tarafından ya da deneme-yanılma işlemleriyle en uygun sonucu veren üyelik fonksiyonları ve ilgili denklemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan üyelik fonksiyon tipler aşağıda açıklanmaktadır (Jang and Sun, 1995; Baykal ve Beyan, 2004).

Üçgen üyelik fonksiyonu: Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır. Fonksiyon Eşitlik 4.1'de ve [10, 40, 80] değerleri için ilgili grafik Şekil 4.3'de verilmektedir.

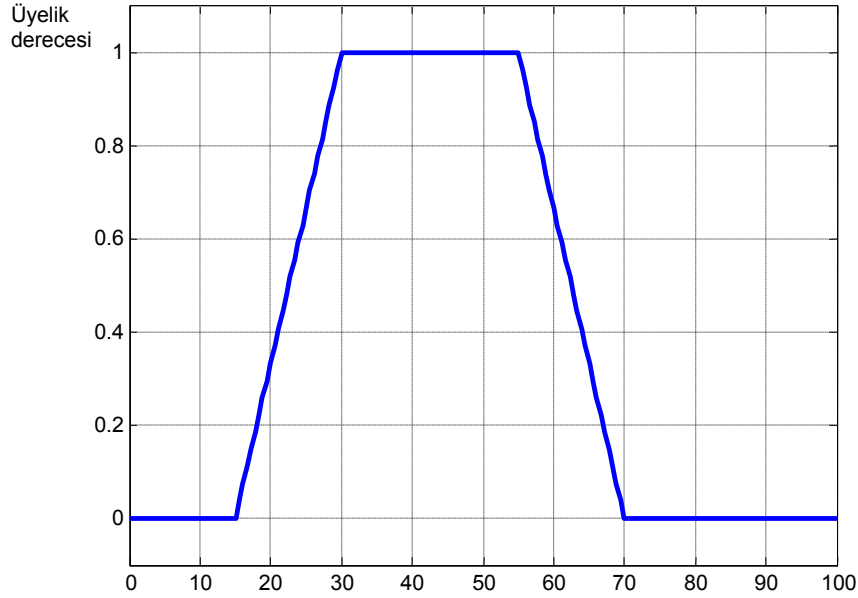
$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (4.1)$$



Şekil 4.3 Üçgen üyelik fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu: Bir yamuk üyelik fonksiyonunda üyelik derecesi en büyük olan ($\alpha=1$) birden çok nokta bulunmakta ve dört parametre tanımlanmaktadır. a_1 ve a_4 bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerlerini ifade ederken, a_2 ve a_3 tam üyelikli sayıların kümesinin sınırlarını göstermektedir. Eğer $a_2 = a_3$ olursa, sayı üçgen bulanık sayı olmaktadır. [15, 30, 55, 70] değerleri için ilgili grafik şekil 4.4'de gösterilmektedir. İlgili fonksiyon Eşitlik 4.2'de verilmektedir.

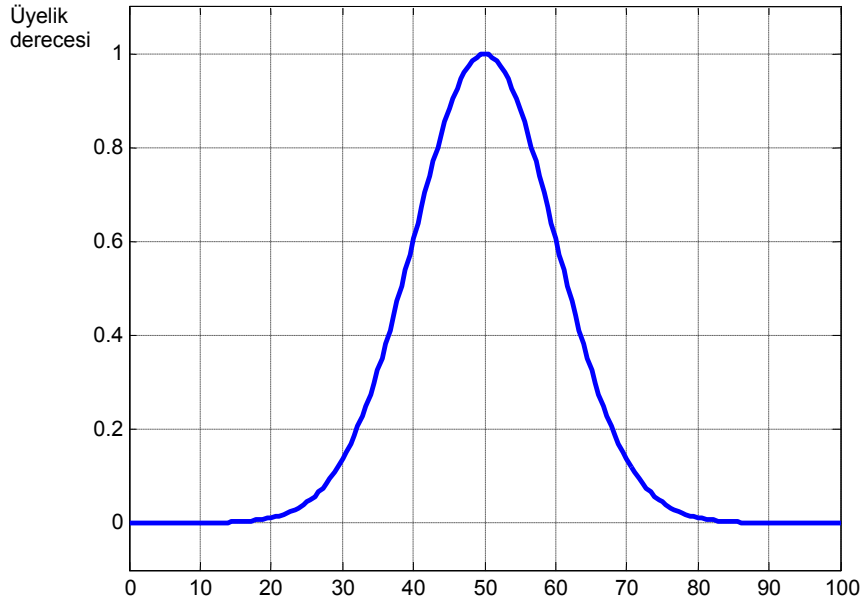
$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 \text{ ise } (a_4 - x)/(a_4 - a_3) \\ x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (4.2)$$



Şekil 4.4 Yamuk üyelik fonksiyonu

Gaussian üyelik fonksiyonu: c ve σ parametreleri ile tanımlanmaktadır. Bu fonksiyonda c fonksiyon merkezini, σ ise genişliği ifade etmektedir. Fonksiyon Eşitlik 4.3'de ve [10, 50] değerleri için ilgili grafik Şekil 4.5'de verilmektedir.

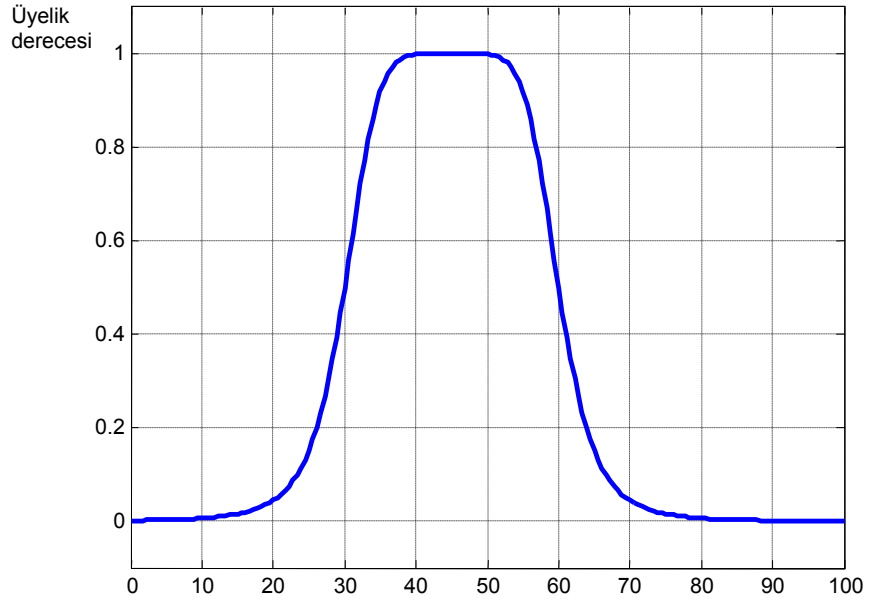
$$\mu_A(x; \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.3)$$



Şekil 4.5 Gaussian üyelik fonksiyonu

Genelleştirilmiş çan eğrisi üyelik fonksiyonu: Bu üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır. Fonksiyon Eşitlik 4.4'de ve $[15, 3, 45]$ değerleri için ilgili grafik Şekil 4.6'da verilmektedir.

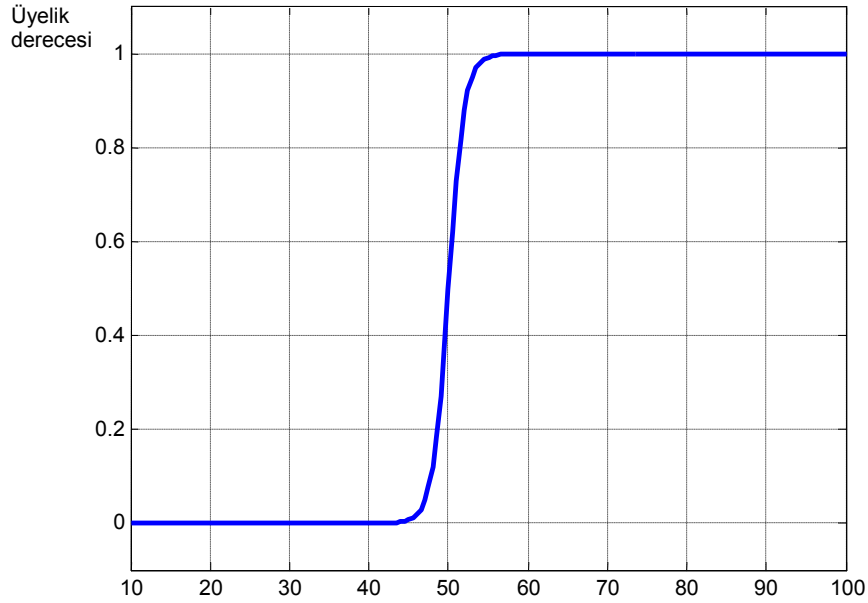
$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left| \frac{x - a_3}{a_1} \right|^{2a_2}} \end{cases} \quad (4.4)$$



Şekil 4.6 Genelleştirilmiş çan eğrisi üyelik fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonu: a_1 ve a_2 olmak üzere iki parametre ile tanımlanmaktadır. Fonksiyon Eşitlik 4.5’de ve $[1, 50]$ değerleri için ilgili grafik Şekil 4.7’de verilmektedir.

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-a_2)}} \right\} \quad (4.5)$$



Şekil 4.7 Sigmoidal üyelik fonksiyonu

4.2.3 Uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS)

ANFIS, uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System) veya uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) anlamına gelmektedir. 1993 yılında Jang tarafından ortaya atılan ANFIS modeli çan eğrisi üyelik işlevleri kullanan Sugeno tipi bulanık sistem esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Kuralların sonuç kısımları girişlerin doğrusal bir işlevi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem kontrol, zaman serisi tahmini, gürültü giderme, sınıflama, tanıma ve eğri uydurma gibi birçok alanda başarı ile uygulanmaktadır (Elmas, 2003).

ANFIS'deki bulanık çıkarım sisteminin yapısını görebilmek amacıyla x ve y olmak üzere iki giriş ve f_i gibi bir çıkış ele alınırsa, birinci dereceden Sugeno bulanık modeli için, bulanık "Eğer-ise" olası n kuralı aşağıdaki gibi olmaktadır. Bu modelin ANFIS yapısı ise Şekil 4.8'de gösterilmektedir (Elmas, 2003; Gün, 2007).

Kural 1: Eğer $x=A_1$ ve $y=B_1$ ise $f_1(x,y) = p_1x + q_1y + r_1$

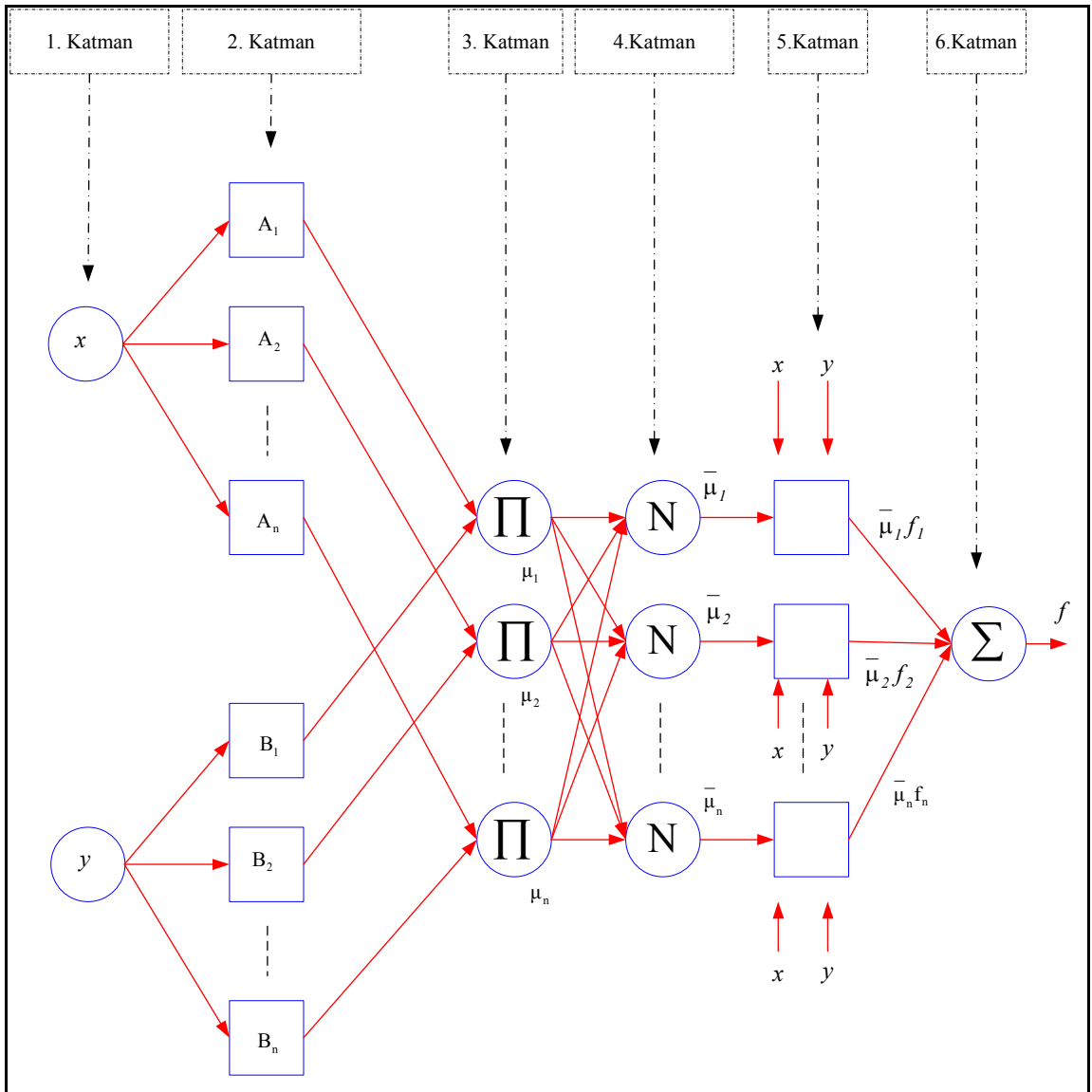
Kural 2: Eğer $x=A_2$ ve $y=B_2$ ise $f_2(x,y) = p_2x + q_2y + r_2$

⋮

⋮

⋮

Kural n: Eğer $x=A_n$ ve $y=B_n$ ise $f_n(x,y) = p_nx + q_ny + r_n$



Şekil 4.8 ANFIS yapısı

“Eğer-ise” bulanık kurallarına göre oluşturulan ağ yapısında, girişte bulanık üyelik fonksiyonları, bulanıklaştırma çarpımı, normalleştirme, toplama ve Sugeno tipinde doğrusal çıkış fonksiyonu katmanları bulunmaktadır. Beş katmandan oluşan ANFIS’de, her katmandaki sinirler aynı işlemleri içermektedirler. İkinci katmandaki sinir sayısı, bulanık kural sayısını göstermektedir. Katmanların özellikleri aşağıda sırasıyla verilmektedir (Jang and Sun, 1995; Elmas, 2003).

Katman 1: Buradaki her sinir, girişlerin bulanık kümelerine olan üyelik derecelerini üretmektedir. Üyelik fonksiyonu olarak genelleştirilmiş çan eğrisi, yamuk gibi farklı fonksiyonlar kullanılabilir. Bu çalışmada Gaussian eğri üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu nedenle bütün sinirsel bulanık ifadeler bu üyelik fonksiyonuna göre verilmektedir.

Birinci katmanda Eşitlik 4.6’da gösterilen fonksiyonla j’inci değişkenin i’inci kuraldaki sinir çıkışı belirlenmektedir. Burada x_j , j’inci giriş değişkenini göstermektedir, c_{ij} ve σ_{ij} ise üyelik fonksiyonunu tanımlayan parametrelerdir.

$$f(x, \sigma, c) = \mu_{ij} = e^{-\frac{(x_j - c_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} \quad (4.6)$$

Katman 2: Bu katmandaki her sinirde, bulanık kümelerden gelen üyelik derecelerinin çarpımı ya da en küçükleri ile kuralların gücü hesaplanır. Gücü en yüksek olan kural, çıkışta en büyük ağırlığa sahiptir. Sinirlerin çıkışı Eşitlik 4.7’deki gibidir ve n girişlerin sayısını göstermektedir.

$$\mu_i = \prod_{j=1}^n \mu_{ij} \quad (4.7)$$

Katman 3: Katman 2’deki her kural gücünün, toplam kural gücü 1 olacak şekilde normalleştirilmesi gerekir. Böylece en büyük ağırlığa sahip olan kuralın, çıkışa etkisi daha da arttırılmış olur. Normalleştirilmiş sinir çıkışı Eşitlik 4.8’de gösterilmektedir.

$$\bar{\mu}_i = \frac{\mu_i}{\sum_{i=1}^k \mu_i} \quad (4.8)$$

Katman 4: Her kuralın esas çıkışı olan katkısı, buradaki sınırlarda hesaplanmaktadır. Bir başka deyişle üyelik fonksiyonundan gelen kural bilgisi ile doğrusal çok terimliden gelen bilgiler burada birleştirilmektedir. Sınır çıkışı Eşitlik 4.9'da verilmektedir.

$$\bar{\mu}_i f_i = \bar{\mu}_i (p_n x + q_n y + r_n) \quad (4.9)$$

Burada $\bar{\mu}_i$, Katman 3'ten gelen normalleştirilmiş ağırlıkları, p_n , q_n ve r_n ise doğrusal fonksiyonun parametrelerini ifade etmektedir.

Katman 5: Bu katmanda bir sınır olup, toplam çıkışı vermektedir. Toplam çıkış her kuralın ağırlığı oranınca katkılarının toplamından oluşur. Toplam çıkış Eşitlik 4.10'da verildiği gibidir.

$$f = \sum_i \bar{\mu}_i f_i = \frac{\sum_i \mu_i f_i}{\sum_i \mu_i} \quad (4.10)$$

ANFIS'in eğitimi, çoklu-katman sinir ağlarında olduğu gibi eğitim inişi bilgisini kullanan geri yayılım yöntemi ile yapılmaktadır. Her adımda her değişkenin toplam hataya etkisi hesaplanmakta ve bu etkiye göre değişkenler uyarlanmaktadır. Bazen değişkenler ikiye ayrılır ve doğrusal olmayan değişkenler geri yayılım yöntemi ile doğrusal değişkenler en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebilmektedir.

4.2.4 ANFIS için geri yayımlı öğrenme algoritması

ANFIS'te kullanılan öğrenme işlemi ileri geçiş ve geri geçiş olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İleri geçişte bulanık küme değişkenleri sabit alınarak sonuç kısmındaki doğrusal işleve ait değişkenler en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilmektedir. Geri geçişte ise bulanık küme değişkenleri eğimli iniş kullanılarak belirlenmektedir. Bu durum bütün sistem hatası istenen hata değerinden küçük olana kadar veya fazla değişim göstermeyinceye kadar devam etmektedir (Elmas, 2003).

Geri yayımlı öğrenme algoritmasında ağın çıkışından elde edilen hata değeri giriş katmanına kadar geriye doğru yansıtılarak gerekli ağırlık değişkenleri

ayarlanmaktadır. Amaç hata ölçütünü (ε) öğrenme işlemi sonunda sıfıra ulaştırmaktır. Eşitlik 4.11’de görüldüğü gibi ağın çıkışında hata, istenen değer d ile gerçek çıkış f arasındaki farktır (Elmas, 2003).

$$e = d - f \quad (4.11)$$

Bu hata değerine göre en küçük kareler yöntemi uygulanarak hata ölçütü (E) Eşitlik 4.12’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{1}{2} e^2 \quad (4.12)$$

Hata ölçütü kullanılarak hata geriye doğru katmanlarda aşağıdaki gibi yansıtılmaktadır (Jang, 1993; Elmas, 2003):

6. Katman: Bu katmanda ağırlık değeri ayarlaması bulunmamaktadır ve Eşitlik 4.13’de görüldüğü gibi çıkıştaki hatanın katman çıkışına yansımaları hesaplanmaktadır.

$$\delta^6 = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} = -\left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial f} \right] = e \quad (4.13)$$

5. Katman: Bu katmanda p_i, q_i ve r_i sonuç değişkenlerinin ayarlanması ile ilgili Eşitlik 4.14-4.17 arasındaki hesaplamalar yapılmaktadır.

$$\Delta p_i = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial p_i} = \left[-\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \right] \left[\frac{\partial f}{\partial p_i} \right] \quad (4.14)$$

$$f = \sum_i \bar{\mu}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i = 1, 2 \quad (4.15)$$

$$\frac{\partial f}{\partial p_i} = \bar{\mu}_i x \quad (4.16)$$

$$\Delta p_i = \delta^6 \bar{\mu}_i x \quad (4.17)$$

Benzer hesaplamalarla diğer sonuç değişkenleri için de Eşitlik 4.18 ve 4.19’daki değişimler elde edilmektedir.

$$\Delta q_i = \delta^6 \bar{\mu}_i y \quad (4.18)$$

$$\Delta r_i = \delta^6 \bar{\mu}_i \quad (4.19)$$

Bu ifadeler öğrenme oranı eklenerek delta kuralı uygulanmaktadır. $n = \{p, q, r\}$ olarak alındığında bu ifadeler Eşitlik 4.20’deki gibi gösterilmektedir.

$$n_i(k+1) = n_i(k) + \eta_n \Delta n_i(k+1) \quad (4.20)$$

4. Katman: Burada Eşitlik 4.21-4.24 arasındaki hesaplamalarda görüldüğü gibi çıkış katmanından yansıyan hata değeri hesaplanmakta ve herhangi bir ağırlık hesaplaması olmamaktadır.

$$\delta_i^4 = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mu_i} = \left[-\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \right] \left[\frac{\partial f}{\partial \mu_i} \right] \quad i = 1,2 \quad (4.21)$$

$$f = \sum_i \bar{\mu}_i f_i \quad (4.22)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \mu_i} = f_i \quad (4.23)$$

$$\delta_i^4 = \delta^6 f_i \quad (4.24)$$

3. Katman: Bu katmanda Eşitlik 4.25 ve 4.26'daki hesaplamalarda görüldüğü gibi çıkış katmanından yansıyan hata değeri hesaplanmakta ve herhangi bir ağırlık hesaplaması olmamaktadır.

$$\delta_i^3 = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mu_i} = \left[-\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \frac{\partial f}{\partial \mu_i} \right] \left[\frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} \right] \quad i = 1,2,\dots,n \quad (4.25)$$

$\bar{\mu}_i = \frac{\mu_i}{\sum_i \mu_i}$ ifadesi $a = \sum_i \mu_i$ şeklinde alınır;

$$\frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} = \left[\frac{a - \mu_i}{a^2} \right] \quad (4.26)$$

Eşitlik 4.26, Eşitlik 4.25'de yerine konulduğunda Eşitlik 4.27'de elde edilmektedir.

$$\delta_i^3 = \delta_i^4 \left[\frac{a - \mu_i}{a^2} \right] \quad (4.27)$$

2. Katman: Bu katmanda hata değeri hesaplaması ve giriş üyelik fonksiyonlarına ait değişkenlerin ayarlanması gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplamalar Eşitlik 4.28-4.33 arasındaki eşitliklerde gösterilmektedir.

$$\delta_i^2 = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mu_{A_i}} = -\left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \frac{\partial f}{\partial \mu_i} \frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} \right] \left[\frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{A_i}} \right] \quad i = 1,2 \quad (4.28)$$

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{A_i}} = \mu_{B_i} \quad (4.29)$$

$$\delta_i^2 = \delta_i^3 \mu_{B_i} \quad (4.30)$$

$$\delta_{i+2}^2 = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mu_{B_i}} = -\left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \frac{\partial f}{\partial \bar{\mu}_i} \frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} \right] \left[\frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{B_i}} \right] \quad (4.31)$$

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{B_i}} = \mu_{A_i} \quad (4.32)$$

$$\delta_{i+2}^2 = \delta_i^3 \mu_{A_i} \quad (4.33)$$

Bu katmanda kullanılan üyelik fonksiyonlarının değerleri Eşitlik 4.34'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

$$\mu_{A_i} = \exp \left[-\left(\frac{x - m_i}{\sigma_i} \right)^2 \right], \quad v_i = -\left(\frac{x - m_i}{\sigma_i} \right)^2, \quad \mu_{A_i} = \exp[v_i] \quad (4.34)$$

Çan eğrisi üyelik fonksiyonlarının orta noktalarındaki değişim Eşitlik 4.35-4.40 arasında verilen eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$\Delta m_i = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial m_i} = -\left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \frac{\partial f}{\partial \bar{\mu}_i} \frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} \frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{A_i}} \right] \left[\frac{\partial \mu_{A_i}}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial m_i} \right] \quad i = 1, 2 \quad (4.35)$$

$$\frac{\partial \mu_{A_i}}{\partial v_i} = \exp[v_i] = \mu_{A_i} \quad (4.36)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial m_i} = 2 \left[\frac{x - m_i}{\sigma_i^2} \right] \quad (4.37)$$

$$\Delta m_i = 2 \left[\frac{x - m_i}{\sigma_i^2} \right] \delta_i^3 \mu_{A_i}, \quad \delta_i^2 = \delta_i^3 \mu_{B_i} \quad (4.38)$$

$$\Delta m_i = 2 \left[\frac{x - m_i}{\sigma_i^2} \right] \delta_i^3 \mu_{A_i} \mu_{B_i}, \quad \mu_i = \mu_{A_i} \mu_{B_i} \quad (4.39)$$

$$\Delta m_i = 2 \left[\frac{x - m_i}{\sigma_i^2} \right] \delta_i^3 \mu_i \quad (4.40)$$

Benzer şekilde Δm_{i+2} Eşitlik 4.41'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta m_{i+2} = 2 \left[\frac{y - m_{i+2}}{\sigma_{i+2}^2} \right] \delta_i^3 \mu_i \quad (4.41)$$

Çan eğrisi üyelik fonksiyonlarının standart sapmasındaki değişim Eşitlik 4.42-4.44 arasında verilen eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$\Delta\sigma_i = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma_i} = -\left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \frac{\partial f}{\partial \bar{\mu}_i} \frac{\partial \bar{\mu}_i}{\partial \mu_i} \frac{\partial \mu_i}{\partial \mu_{A_i}} \right] \left[\frac{\partial \mu_{A_i}}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial \sigma_i} \right] \quad i = 1,2 \quad (4.42)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial \sigma_i} = 2 \left[\frac{(x - m_i)^2}{\sigma_i^3} \right] \quad (4.43)$$

$$\Delta\sigma_i = 2 \left[\frac{(x - m_i)^2}{\sigma_i^3} \right] \delta_i^3 \mu_i \quad (4.44)$$

Benzer şekilde $\Delta\sigma_{i+2}$ Eşitlik 4.45'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta\sigma_{i+2} = 2 \left[\frac{(y - m_{i+2})^2}{\sigma_{i+2}^3} \right] \delta_i^3 \mu_i \quad (4.45)$$

MATLAB programlama dilinde ANFIS yukarıda verilen eşiliklikleri kullanarak fonksiyonların katsayılarını hesaplamaktadır.

4.3 Çizelgeleme Probleminde Bilgi Tabanlı Sistem Tasarımı

Hizmet süresinin belirlenmesi ile müşterilerin ilgili kaynaklara atanması ve çizelgelenmesi problemleri bir bilgi tabanlı sistemde birleştirilerek gerçek zamanlı çalışan bir sistem oluşturulması önerilmektedir. Sistemin amaçları, kısıtları, yapısı ve uygulama süreci izleyen bölümlerde anlatılmaktadır.

4.3.1 Sistem amaçları

Sistemin ilk amacı müşterilere kaliteli bir hizmet sunabilmektir. Kalite denildiğinde; standart ya da standarda yakın işlem süreleri, müşterilerin önceliklerinin dikkate alınması, daha kısa kuyruklar, çalışanların yüklerinin olabildiğince dengelenmesi, daha az karışıklıklar gibi müşteri ve çalışan memnuniyetini arttıran durumlar düşünülmektedir.

Bu sistemle veritabanında çalışanlarla ilgili veri tutabilme ve çalışanların devresel başarılarını değerlendirebilme şansı bulunabilmektedir. Gelen müşterilerle ilgili tutulan verilerle ise yeni devreler için daha sağlıklı işlem süreleri tahminlemesi yapılabilmektedir. Sistemdeki müşterileri ilgilendiren sıra, işleme başlama zamanı gibi bilgiler de müşterilere yansıtılarak, müşterilerin çalışanları bu bilgiler için rahatsız etmeleri gerekmeyecektir.

Bunların dışında sistemin diğer önemli bir amacı ise karşılaşılan beklenmedik olaylara en kısa sürede tepki verebilmek ve sürecin koşulları sağlayacak şekilde güncellenmesini sağlamaktır. Tepkisel çizelgeleme kavramı bu noktada öne çıkmaktadır.

Hizmet süreleri belirlenen müşterilerin kaynaklara atanması ve çizelgenmesi problemi temel amaçlar dikkate alınarak çözülmek durumundadır. Buna göre hizmet sistemlerinde özellikle aşağıdaki üç faktör önem kazanmaktadır:

- Müşteri önceliği,
- Müşteri geliş sırası,
- Kaynak (hizmet veren) yük dengeleri.

Önerilen çizelgeleme algoritması bu faktörleri esas alarak çalışmaktadır. Hizmet sisteminde öncelikli müşteri söz konusu ise öncelik tanımlaması yapılmalıdır. Müşteri önceliği kavramı sisteme giren müşterilerin belirli özelliklerine göre değerlendirilmesi ve önceliklerinin sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırma belirli yaklaşımlarla olabileceği gibi uzman görüşleri ile de yapılabilmektedir. Önceliğin dışında müşteri geliş sıraları da müşteri memnuniyeti açısından son derece önemli bir konudur. Çünkü müşteri sürecin gelişimine dahil olmakta ve sistemi gözleyebilmektedir.

Hizmet sistemini çalışanlar açısından da incelemek gerekmektedir. Yük kavramı öncelik değeri, işlem süresi veya öncelik değeri ile işlem süresinin çarpımı olarak aşağıdaki eşitliklerdeki gibi farklı tanımlanabileceği önerilmektedir.

$$Yük_1 = \text{Kategori puanı} \quad (4.46)$$

$$Yük_2 = \text{İşlem süresi} \quad (4.47)$$

$$Yük_3 = (\text{Kategori puanı}) \times (\text{İşlem süresi}) \quad (4.48)$$

Bu durumda hizmet veren kişilerin yüklerinin de dengeli dağılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunun dışında genellikle hizmet sistemlerinde belirli saat aralıklarında çalışma koşulları dışında kapasite kısıtı söz konusu olmamaktadır. Daha açık bir deyişle, gelen müşteriye hizmet verilmesi zorunludur. Önerilen algoritma ile yeni gelen müşterilere ya da sistemdeki bazı değişikliklere bağlı olarak yeni düzenlemeler yapılabilmektedir.

Önerilen algoritma adımları aşağıda verilmektedir:

1. Adım: Gelen müşterileri önceliğine göre azalacak şekilde sırala.

2. Adım: Öncelik grupları arasında geliş sıralarına göre artacak şekilde sırala.

3. Adım: Öncelik ve geliş sırası aynı olanları işlem süresi artacak şekilde sırala.

4. Adım: Çalışanların durumunu kontrol et.

4.1. Eğer tamamlanma süresi en küçük olan bir çalışan/kaynak varsa, ilk sıradaki müşteriyi ona ata.

4.2. Eğer tamamlanma süresi en küçük olan birden fazla çalışan/kaynak varsa, ilk sıradaki müşteriyi en az yüklü olana ata. Yükler eşitse sıradakine ata.

4.3.2 Kısıtlar

Sistem mevcut durumun koşullarını dikkate alarak ve kısıtları sağlayacak şekilde çalışmak durumundadır. Kısıtlar doğrultusunda önerilen algoritma ile müşteriler çizelgelenmektedir. Hizmet sektöründe genellikle karşılaşılan kısıtlar aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

i) En kısa sürede hizmet almak: İstenilen durum gelen müşteriye en kısa sürede istediği hizmeti sunabilmektir. Bunun için mevcut durumda gerekli koşullar

sağlanmalıdır. Çizelgeleme aşamasında ise gelen müşterilerin sıralanması ve işleme başlama zamanlarının belirlenmesinde de bu durum dikkate alınmaktadır.

ii) İstekler: Müşterilerin özel istekleri olabileceği gibi, özel olarak istemedikleri durumlar da olabilmektedir. Müşteri memnuniyeti ilk hedef olduğu için bu istekler dikkate alınarak çizelgeler hazırlanmak durumundadır.

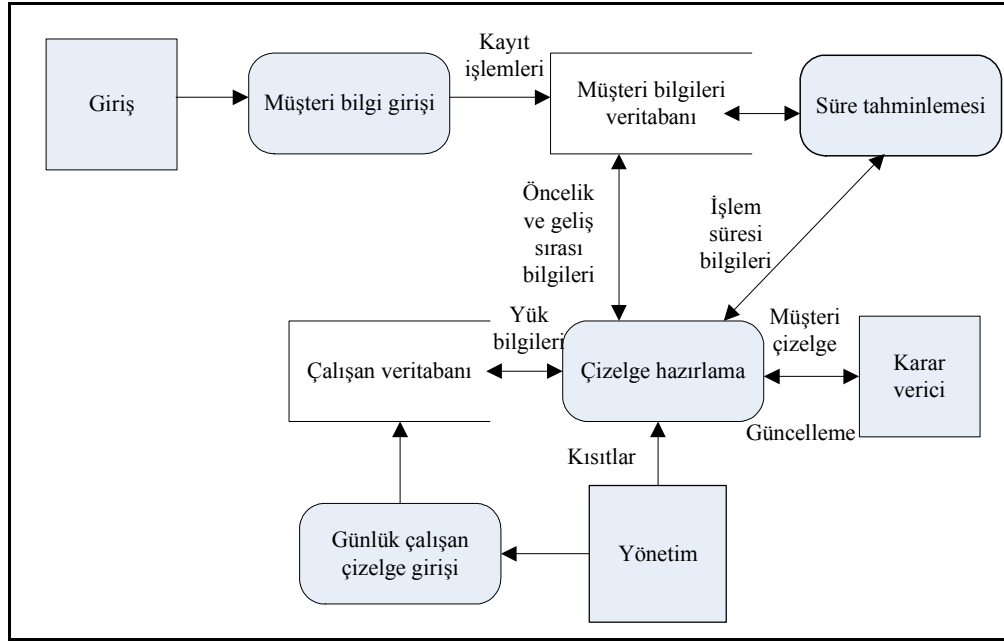
iii)Güvenlik: Sadece isteklerden kaynaklanan nedenlerle değil, kişilerin güvenlikleriyle ilgili kısıtlar da söz konusu olabilmektedir. Bu durumda belirli işlemler için beklemek gerekebilmektedir.

iv) Düzen ve çalışma prensipleri: Çalışma saatleri, yönetmelikler, sınırlı sayıda kaynak, donatı ve alanlar, bütçe vb. durumların da dikkate alınması gerekmektedir.

4.3.3 Sistem yapısı ve uygulama süreci

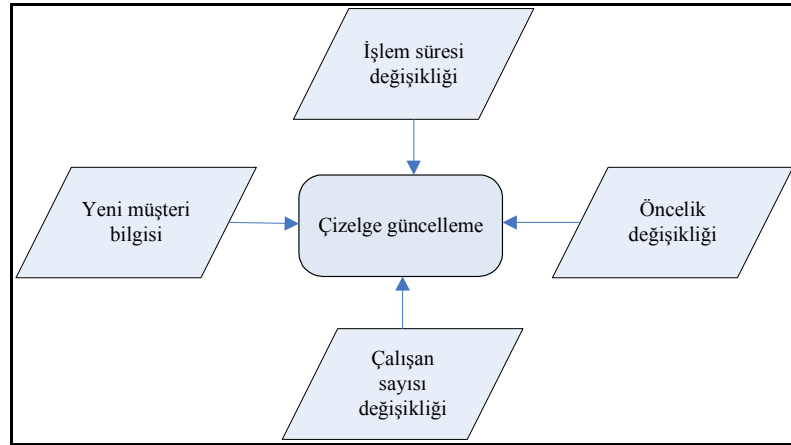
Hizmet birimlerinde genellikle müşterilere ilişkin genel özellik verileri girişte alınmasa da, sürecin daha sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi ve aynı müşterinin tekrar aynı hizmet birimine geldiğinde daha etkili hizmetin sunulabilmesi açısından çok önemlidir. Bilgi tabanlı sistem kullanımı ile de bu durum desteklenmektedir.

Müşteri hizmet birimine girdiğinde kendisi ile ilgili gerekli verilerin sisteme girilmesi ile veritabanında bilgiler depolanmakta ve gerekli olduğunda sistemden tekrar görülebilmektedir. Ancak bu çalışmada özellikle bilgilerin kullanılmasındaki amaç süre tahmini yapabilmektir. Hizmet sektörlerindeki ilk karşılaşılan sıkıntı da işlem sürelerinin belirsizliğidir. Sürelerin tahminlemesi Bölüm 4.2’de anlatılan yaklaşımla yapılması önerilmektedir. Müşteri verilerinden elde edilen diğer bilgiler ise öncelik durumları ve geliş sıralarıdır. Bu durumda işlem süreleri, öncelik durumları ve geliş sıraları dikkate alınarak müşterilerin hizmet veren kişilere atanması, sıralanması ve zamanlandırmaları yapılabilmektedir.



Şekil 4.9 Önerilen sistemin veri akış diyagramı

Çizelgeleme problemi çözümlenirken olurlu bir çözüm önerebilmek için mevcut durumun kısıtlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Önceki bölümde belirtilen kısıtlar dışında, çalışanların listesi de sisteme girilmelidir. Bu durumda sistemin kaç kaynaklı olacağı görülebilmekte ve öncelikli amaçlar başta sağlanacak şekilde çalışan yük durumları dikkate alınarak müşterilerin atamaları gerçekleştirilmektedir. Etkileşimli bir yapı söz konusu olduğu için çizelge hazırlama aşamasından veritabanlarına ve karar vericilerden çizelgeleme aşamasına geri bildirimler gerçekleştirilmektedir. Sistem yapısı ve süreç genel hatlarıyla Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.10 Karşılaşılan dinamik olaylar için çizelge güncellemesi

Sistemin etkileşimli çalışması meydana gelen dinamik olaylara kısa sürede ve etkin bir şekilde cevap verebilmeyi de sağlamaktadır. Karşılaşılan olası değişiklikler Şekil 4.10'da verilmektedir. Buna göre işlem süresi beklenenden farklı olabilmekte, öncelikler süreç içerisinde değişebilmekte, yeni müşteri gelebilmekte ve daha öncelikli olabilmekte, çalışan sayısında süreç ilerlerken değişiklik yaşanabilmektedir. Önemli olan bu bilgilerin sisteme en kısa sürede yansıtılmasıdır; böylece güncellenmiş çizelgelerin karar vericiye sunulması sağlanabilecektir.

4.4 Önerilen Yaklaşımın Uygulama Planı

Önerilen durumlar için özel bir uygulama alanı seçilmiş ve o alanda çözümler derinleştirilmiştir. Süre tahminleme aşamasında MATLAB 7.0, veritabanı oluşturmada Microsoft Office Access programı ve bilgi tabanlı sistem tasarımında Visual Basic 6.0 yazılım programı kullanılmıştır. Diğer hizmet sistemlerinde de benzer bir yaklaşımla hizmet sürelerinin tahmininin yapılması ve çizelgelerin hazırlanması uygun olarak görülmektedir.

Önerilen yaklaşımın uygulama planı maddeler halinde kısaca aşağıda özetlenmektedir.

1. Süre tahminlemesi

- 1.1. Süre için etkili olduğu düşünülen faktörlerin belirlenmesi,
- 1.2. Verilerin toplanması,
- 1.3. Üyelik fonksiyonlarının tanımlanması ve kümelerin belirlenmesi,
- 1.4. ANFIS ile sürelerin tahmini için elde edilen kural ve denklemlerin belirlenmesi,

2. Bilgi tabanlı sistem geliştirilmesi

- 2.1. Sisteminin etkin, kolay ve etkileşimli çalışabilecek şekilde tasarlanması,
- 2.2. Veritabanının oluşturulması,
- 2.3. Müşteri önceliklerin ve ağırlıklarının sisteme tanımlanması,
- 2.4. Yük tanımlarının sisteme girilmesi,
- 2.5. Kısıtların sisteme girilmesi,
- 2.6. Süre tahmini kurallarının sisteme girilmesi,
- 2.7. Önerilen algoritmanın sisteme girilmesi.

BÖLÜM 5

TIP FAKÜLTESİ HASTANESİ ACİL SERVİSİNDE UYGULAMA DENEMESİ

5.1 Acil Servis Genel Yapısı

Acil servisin diğer hizmet alanlarına göre belirsizliğin ve değişkenliğin çok yoğun yaşandığı bir yer olduğu düşünülmektedir. İnsan hayatının hiçbir hatayı ve zaman kaybını kabul etmesi mümkün olmadığı için, bu gibi aksaklıklara izin vermeyen ya da daha az izin veren bir sistem oluşturulmak istenmektedir. Acil servisin dinamik bir yapıya sahip olması sebebiyle hastaların ne zaman ve ne şekilde acil servise geleceği öngörülememektedir. Sistemi olabildiğince kontrol altına alabilmek ve iyileştirebilmek için hasta girişinden çıkışına kadar olan akış incelenmiş, gerekli veriler toplanmış ve düzenlemeler yapılarak tahmini bilgiler ortaya çıkarılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda olası çizelge bozulmalarına dinamik tepki verecek yeni çizelgelere yönelik çalışmalar yapılmıştır. Böylece sistem daha kolay takip edilerek zaman kayıpları, muayene ve tedavi için sıra beklemeler ve doktorların hasta yükü farkları en aza indirilmek istenmektedir.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Acil Tıp Anabilim Dalı 2004 yılında kurulmuştur. Acil Tıp Anabilim Dalının hedefi acil tıp hizmetlerinin tüm basamaklarında etkin ve profesyonel hizmetin en iyi şekilde verilmesi ve bu alanda hizmet veren uzmanların yetiştirilmesidir. Birim hastane öncesi bakım, afet organizasyonu, acil servis hizmetleri uygulamaları, acil tıp uzmanlık eğitimi, intern doktor, stajyer doktor, hemşire ve personel eğitimleri yanında halk ve diğer kurumlara yönelik acil tıp ile örtüşen eğitim gereksinimlerini yerine getirmeyi amaçlamaktadır.

Acil servis, çocuk ve erişkin olarak yılda yaklaşık 40 000 hasta bakmaktadır. Fiziki olarak kayıt masası, akademik birim, erişkin ve çocuk acil ünitesi, acil radyoloji, acil laboratuvar, acil resmi işlemler, bekleme salonu ve güvenlik bölümlerinden oluşmaktadır. Acil serviste bakım verilebilen 32 sedye-yatak bulunmaktadır. Hastane,

bölgeye hizmet veren eğitim, araştırma ve uygulama hastanesi olması nedeniyle ciddi izole veya çoklu travma ve kritik tıbbi sorunları olan hastalar için ilk başvuru veya sevk merkezidir. Acil servisten hasta yatış oranı %30-44 arasında değişmektedir.

Acil serviste temel amaç hastanın hayati tehlikesini ortadan kaldırmak, sakatlıkları önlemek veya en aza indirmek ve en kısa sürede acil servisteki müdahalesini tamamlamaktır. Her an çok sayıda hasta girişi olabileceği düşüncesiyle birimde en kısa sürede hastaya tanı konmaya çalışılmakta, tedavi verilmekte ve gerekli ise hasta farklı birimlerle birlikte değerlendirilerek ilgili kliniğe yatırılmakta ya da taburcu edilmektedir. Acil servis personel sayıları Çizelge 5.1’de verilmektedir. Acil serviste ayrıca her ay Dahili ile Cerrahi birimlerden ikişer kişi, ve Pediatri biriminden bir kişi olmak üzere farklı asistan doktorlar da görev yapmaktadır.

Çizelge 5.1 Çalışan sayıları

Görev	Kişi sayısı
Doçent Doktor (Anabilim Dalı Başkanı)	1
Uzman Doktor	1
Asistan Doktor	8
AD. Sekreteri	1
Resmi işlem görevlileri	3
Sağlık memuru	5
Hemşire	12
Hastabakıcı	12
Temizlik görevlisi	4

Birimde monitörlü bakı birimleri, hasta odaları (göz- kulak burun boğaz odası, kadın doğum odası, minör şikayetleri olan hastaların alındığı monitörsüz muayene odaları), küçük cerrahi girişimlerin yapıldığı bir oda ve travma ve resüsitasyon (yeniden canlandırma) odası olmak üzere dört tür oda bulunmaktadır. Beş ve üç yataklı olmak üzere iki tane monitörlü bakı birimi mevcuttur. Bu birimlerdeki hastaların kan basıncı,

nabızı vb. yaşamsal fonksiyon değerleri bir hemşire tarafından merkezi monitörden de sürekli gözlemlenmektedir. Buraya alınan hastalar daha kritik durumda olup bakım öncelikleri de diğer odalardaki hastalardan önce gelmektedir. Diğer odaları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- İzole odası (Psikolojik rahatsızlığı olanlar, bulaşıcı hastalığı olanlar vb.)
- Göz & Kulak Burun Boğaz rahatsızlığı olanların odası
- Jinekolojik rahatsızlığı olanların odası
- Dört tane ikişer yataklı hasta odaları
- Minör travma / pansuman odası

Acil servise başvuran hastanın bilgileri ilgili formlara kaydedilmekte ve uygun olan doktor hasta ile ilgilenmektedir. İlk müdahale yapıldıktan sonra gerekli tetkikler yapılmakta, grafiler çekilmekte, tedavi uygulanmakta ve gerekirse konsültasyon istenmektedir. Hastanın tanısı konulduktan sonra gerekli işlemler tamamlanarak, birimden çıkışı yapılmaktadır.

5.2 Acil Servis Yönetiminde Karşılaşılan Sorunlar

Acil servis çalışanlarının karşılaştıkları problemlere en kısa sürede doğru çözüm üretmeleri gerekmektedir. Kritik ve bakım önceliği olan hastanın ayrımının doğru yapılması en önemli basamaklardan biridir. Temel amaç hastanın hayati tehlikesini ortadan kaldırmak olduğu için, öncelikli hasta hayati tehlikesi daha fazla olan hasta olarak tanımlanmalıdır. Yaşamı tehdit eden sorun tedavi edilip, ortadan kaldırılmadan hastanın başından ayrılmak mümkün olmamaktadır. Ancak tetkik, grafi, konsültasyon hizmetleri gibi hasta ile ilgili ayrıntılı bilgileri almak için hastanın belirli süre beklemesi gerekebilmektedir. Bu süre içinde de ilgili doktor farklı hastalarla ilgilenebilmektedir. Tetkik, grafi sonuçları geldikçe tekrar hastaya dönüşler yapılmaktadır. Ancak hedef her hastaya en kısa sürede gerekli müdahaleler yapılarak, hastanın acil servisten çıkışını yapılması ve diğer hastaların müdahalelerine geçilmesidir.

Her anın çok büyük öneme sahip olduğu bu ortamda çoğu zaman hareketlilik söz konusudur. Bazen aşağıda belirtildiği gibi dikkatten kaçabilecek durumlar söz konusu olabilmektedir.

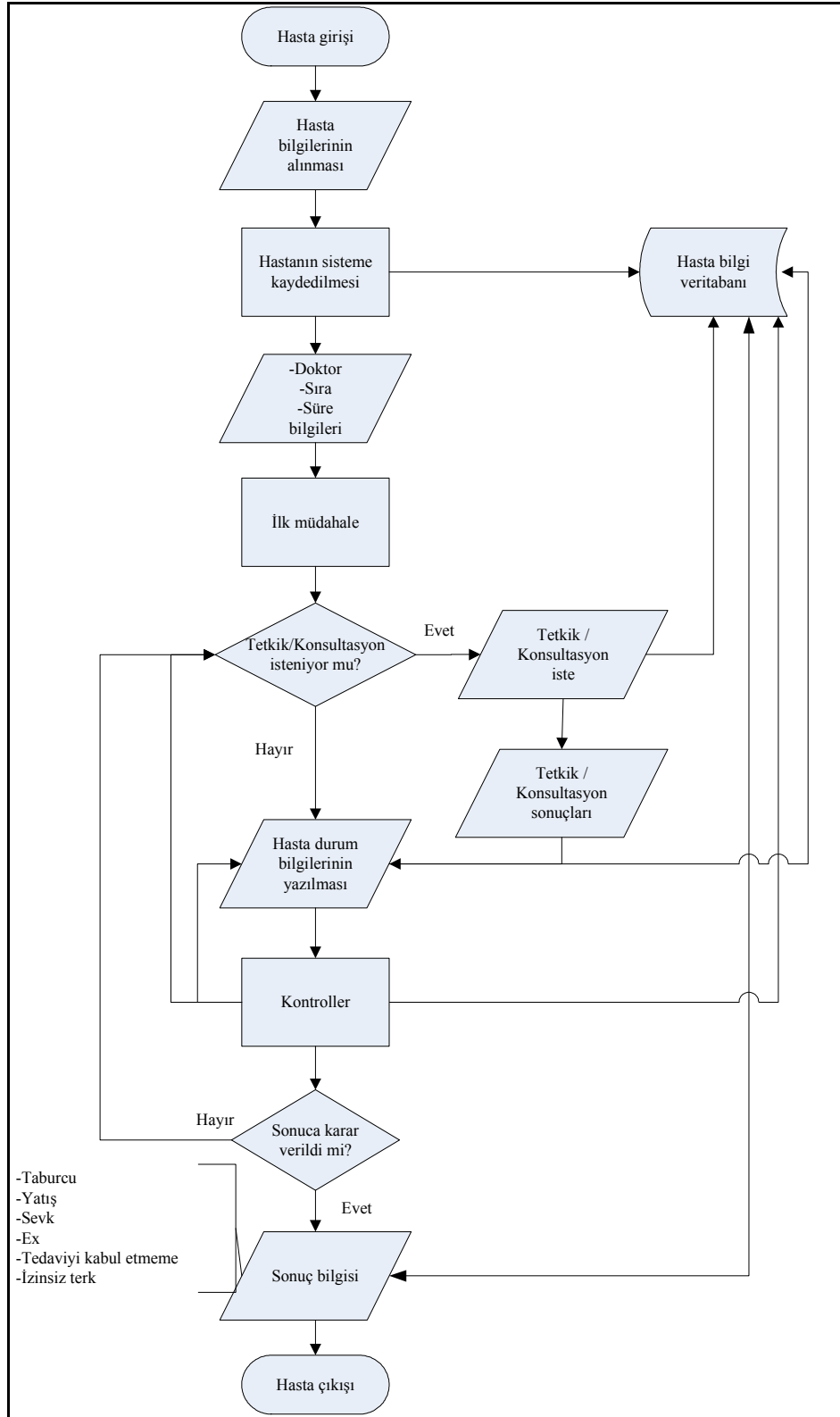
- Girişte el ile kayıt yapılıp hastalar ayıklanırken, nadiren de olsa öncelikli hastalar gözden kaçabilmekte,
- Hayati tehlikesi olmayan hastaların durumları belirli bir süre sonrasında kötüye gidebilme riski taşımakta ve bu durum fark edilemeyebilmekte,
- Aynı önceliklere sahip olsalar dahi geliş zamanları dikkate alınamamakta,
- Doktor yükleri hesaba katılamamaktadır.

Acil serviste yapılan bu çalışma ile hedeflenen; izleyen maddelerde belirtilen durumları sağlayan sistematik bir ortamın hazırlanmasıdır. Böylece hem hasta ve hasta yakınları hem de çalışanlar için daha etkin bir çalışma ortamı sağlanacağı düşünülmektedir.

- Öncelikli hastaların geliş sıraları da dikkate alınarak daha önce müdahalelerinin yapılması,
- Hastaların bakım aşamasında vakit kayıplarının önlenmesi,
- Doktorların yüklerinin olabildiğince dengelenmesi ve izlenmesi,
- Hasta-doktor takip sisteminin oluşturulmasıdır.

5.3 Acil Servis Çözümlemesi

Hastanın acil servise geldiğinde hemşire veya intern doktorlar tarafından hastadan ya da yakınlarından gerekli bilgiler alınmakta ve kayıtlar yapılmaktadır. Acil hasta bakım süreci Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Hasta bakım süreci

Öncelikle hasta bilgi girişi için bir ortam, hastaların ilk müdahalelerinin çizelgelenmesi ve ilk müdahale sonrası takibi için farklı bir ortam hazırlanması düşünülmüştür. Hasta bilgilerinin toplanabilmesi ve daha sonraki aşamalarda ihtiyaç duyulacağı için Visual Basic 6.0 desteğiyle bir ara yüz ve Access ile bir veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan ara yüz Şekil 5.2’de verilmektedir.

Şekil 5.2 Hasta bilgi giriş ara yüzü

Şekil 5.2’de verilen arayüze göre hasta ad, soyad, cinsiyet, yaş, kilo, sosyal güvence, meslek, telefon, geliş tarihi ve saati, kategori, genel durum ve atanacağı oda bilgileri sisteme girilebilmektedir. Hastanın bilgileri girilip, kayıt butonuna basıldığında tahmini süresi ve yük bilgileri hesaplanıp ilgili alanlara yazılmaktadır. Program yeni hasta girişi olduğunda yeni kayıt ekle işlevi ile yeni girişler tanımlanmasını sağlarken, kayıt bulma, kayıt düzenleme, kayıt silme gibi işlemlere de olanak sağlamaktadır. Doktor ilk müdahale sonrasında muayene oluyor, muayene oldu bilgilerini sisteme

girmekte ve buna göre ilk müdahale sonlanmaktadır. İlk müdahale sonrası takip için ilgili bilgiler de (tetkik, konsültasyon, tanı, sonuç vb.) sisteme girilebilmektedir.

Hastanın Adı Soyadı:.....		Tetkik		Gönderme saati		Değerlendirme saati	
As.Dr.Adı:..... Yıl: 1 2 3 4 5		CBC					
Dosya No: Yaş: Cinsiyet: E K		Biyokimyasal tetkikler					
Geliş Tarihi: .../.../2007 Saat:		AKG					
Şikayeti:..... Genel Durum:1 2 3		Diğer hematolojik tetkikler					
Kategori A B C D E F		TİT					
Hastayı ilk görme saati As.Dr.:.....		Direkt grafiler					
Int.Dr.:.....		BT					
Hasta devredildi ise saat:.....As. Dr.:.....		Diğer(.....)					
Karar saati(Tanı konulan saat):.....							
TANI(LAR):..... KOD:.....							
SONUÇ: SAATİ:.....							
Taburcu <input type="checkbox"/>							
Yatış <input type="checkbox"/>							
Sevk <input type="checkbox"/>							
Ex <input type="checkbox"/>							
İzinsiz terk <input type="checkbox"/>							
Tedaviyi kabul etmeme <input type="checkbox"/>							
		Konsültasyon		Çağrı saati		Geliş saati	
		
		
		
		

Şekil 5.3 Acil Serviste Hasta Bakım Sürecindeki Basamaklar

Sistem incelendikten ve uzmanlarla görüşüldükten sonra bilgi toplamak amacıyla Şekil 5.3’de verilen form oluşturulmuş ve doktorlar tarafından doldurulmak üzere acil servise bırakılmıştır. Burada istenilen, hasta müdahale sürelerinin nasıl değiştiğinin ve nelerin etkili olabileceğinin belirlenmesidir. Uzman görüşüyle formlar farklı hastalık türleriyle karşılaşılabileceği düşüncesiyle iki ayrı dönemde toplanmıştır. Bu formlar 1 Kasım-30 Nisan dönemi içerisinde Ocak ve Şubat ayları ile 1 Mayıs-31 Ekim dönemi içerisinde Haziran ve Temmuz aylarında doldurulmuş ve aralarından uygun olarak doldurulduğu düşünülen 250 form değerlendirilmeye alınmıştır. Verilerin ideal duruma en yakın olması için Acil Tıp uzmanının birimde bulunduğu saatlerde formlar doldurulmuştur. Acil serviste aynı hastalık türü üzerinde yapılan bir aylık gözlemlerle acil servis asistanları ile rotasyon asistanları arasında birimde kalış süresi, tanı belirleme süresi, test sayıları, konsültasyon sayıları açısından anlamlı fark bulunmadığı

görülmüştür.¹ Buna göre birimdeki doktorların özellikleri aynı olarak kabul edilmiştir. Her doktor her türlü hastalıkla ilgilenebilmekte, gerekli olduğunda uzman desteğine ve konsültasyona başvurmaktadır.

Formlarla elde edilen veriler kullanılarak, hasta müdahale süreleri elde edilmiştir. Formlardaki hastayı ilk görme saati ile konsültasyon çağırma saati, tetkik isteme saati veya tanı belirleme saati arasındaki farklar hesaplanmış ve ilk müdahale süreleri olarak değerlendirilmiştir. Toplanan 250 form sonuçları ve hesaplanan ilk müdahale süreleri EK-1’de verilmiştir.

Mevcut durumda hastalar triyaj kurallarına göre gruplanmaktadır. Trijaj, gelen hastanın hastalığına, yarasına, öntanısına/tanısına ve kaynakların uygunluğuna bağlı olarak hasta bakımının önceliğinin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Hasta ile ilgili bilgiler toplanarak hangi alanda bakılması gerektiğine karar verilmektedir. Bazı hastaların hemen bakılması gerekirken, bazı hastalar da bekleme odalarında bekletilebilmektedir (Noji and Kelen, 2004). Triyaj gruplarına karşılık gelen ifadeler aşağıda belirtilmiştir:

- Triyaj 1: Acil. Hastanın hayatını tehdit eden durumlar
- Triyaj 2: Yarı acil. Potansiyel olarak hayatı tehdit eden ve organ ve/veya ekstremitelere (kol, bacak) sakatlığına yol açacak durumlar
- Triyaj 3: Acil değil. 1 ve 2 dışındakiler.

Uzman bilgilerinden de faydalanarak hastalıkları gruplandırmak yerine hastalıkların önem değerini ifade edecek bir gruplandırma yapılmasına karar verilmiştir. Bir acil müdahalede triyaj 1 ve 2’ye giren hastaların hayati tehlikesini ortadan kaldırmak için aşağıdaki problemler, eğer var ise belirtildiği sırada, çözülmeye çalışılmaktadır. Bakım sırasında ön sırada yer alan problem ortadan kaldırılmadıkça diğer sıralara geçilmemektedir.

¹ Bu çalışma 15-19 Eylül 2007 tarihlerinde İtalya’da gerçekleştirilen “The Fourth Mediterranean Emergency Medicine Congress”de poster olarak sunulmuştur.

1. Hava yolu acilleri
2. Solunumsal aciller
3. Dolaşım (kardiyovasküler) acilleri
4. Nörolojik acilleri
5. Diğer

Bu bilgiler ışığında gelen hastaların önceliklerini belirleyebilmek amacıyla yukarıda belirtilen durumlar sırasıyla A, B, C, D ve E kategorilerine dönüştürülerek, gelen hastanın bunlardan hangisine atanacağı gerektiği hemşire ya da intern doktorlar tarafından girişte belirtilebilecektir. Hasta en önemli hangi problemi taşıyorsa onun kategorisine atanacaktır. Bu kategoriler triyaj 1 ve 2'yi kapsadığı için, bunların dışında bu kategorilere triyaj 3'ü de ifade edecek F kategorisi eklenmiştir. Trijaj 3 grubuna giren hastaların hayati tehlikeleri olmadığı için hasta sıralamasında diğer gruplara göre sonlarda yer almaktadırlar. Bu nedenle onları kendi aralarında geliş zamanlarına göre sıralamak yeterli olacaktır. Bu gruplamanın genişletilmiş tanımı aşağıda verilmiştir.

A:Hava yolu acilleri (Ağız-burundan başlayarak ana soluk borusu tıkanıklıkları: havayolunda yabancı cisim, havayolunda aşırı ödem, havayolu daralmaları, ilaç aşırı dozları nedeni ile bilinç bozukluğuna bağlı dilin geri kaçması sonucu havayolu tıkanıklığı)

B:Solunumsal acilleri (Dolaşan kandaki oksijen konsantrasyonunun yaşamı tehdit edecek seviyelere düşmesine yol açan problemler: KOAH (kronik tıkaçıcı akciğer hastalığı), ciddi asthma atağı, akciğer enfeksiyonları gibi.

C:Dolaşım (kardiyovasküler) acilleri (kalbin kanı vücuda pompalamasında yetersizliğe yol açan durumlar: Akut miyokard enfarktüsü, genel durumu ve bilinci bozacak kadar ciddi kalp yetersizliği, kanamaya bağlı şok gibi)

D:Nörolojik acilleri (akut inmeler, epileptik nöbetler, menenjit, bilinç değişikliğine yol açan ciddi başağrıları gibi)

E:Ekstremitte travmaları (çoklu travma, 3 m. yüksekten düşmeler, yüksek voltaj elektrik yanıkları gibi) ve yukarıdaki kategoriler dışında kalan diğer yüksek risk mekanizmalı travmalar

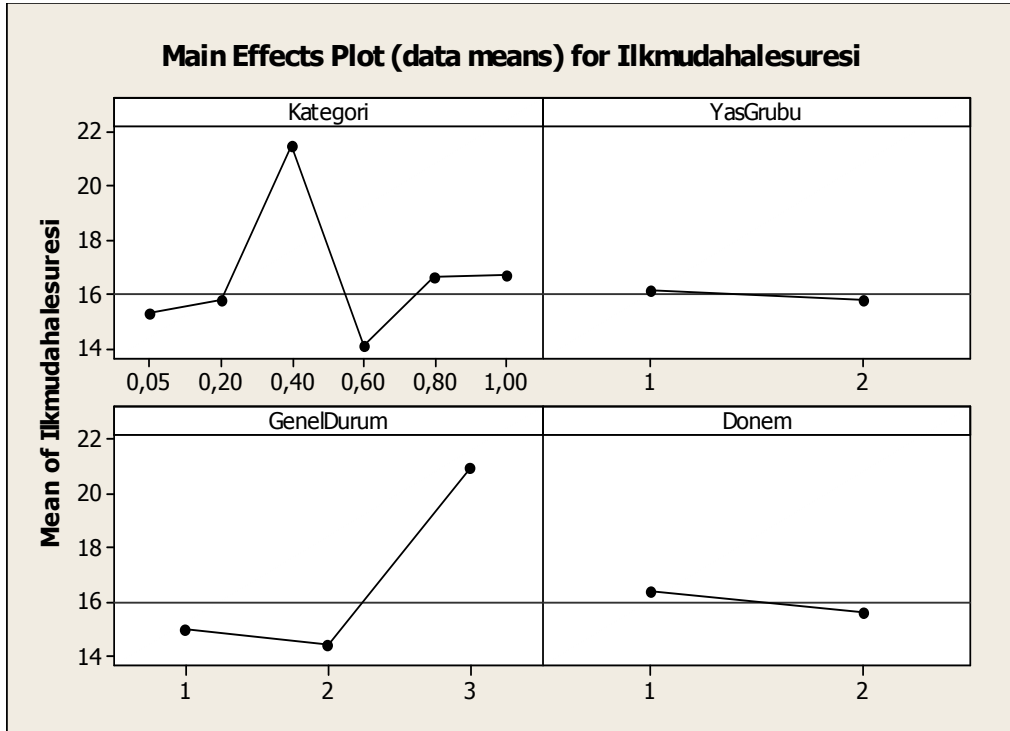
F: Kategori 3'lerin çoğu (soğuk algınlığı, basit idrar yolu enfeksiyonu, gıda zehirlenmeleri gibi) ve minör ekstremite şikayetleri (tek parmak yaralanmaları, burkulmalar, cilt yaralanmaları gibi)

Bu gruplama oluşturulduktan sonra kategorilerin önemini ifade edecek olan puanların ataması uzman doktor görüşü ile yapılmış ve Çizelge 5.2'de verilmiştir. Bu konuda herhangi bir tıp literatür desteği bulunamamıştır. Önem aralıkları F kategorisi dışında eşit dağıtılmıştır. F kategorisinin diğerlerine göre daha az öneme sahip olduğu düşünüldüğü için aralık daha geniş tutulmuştur. Bu değerler doktor yüklerinin dengelenmesinde de kullanılacaktır.

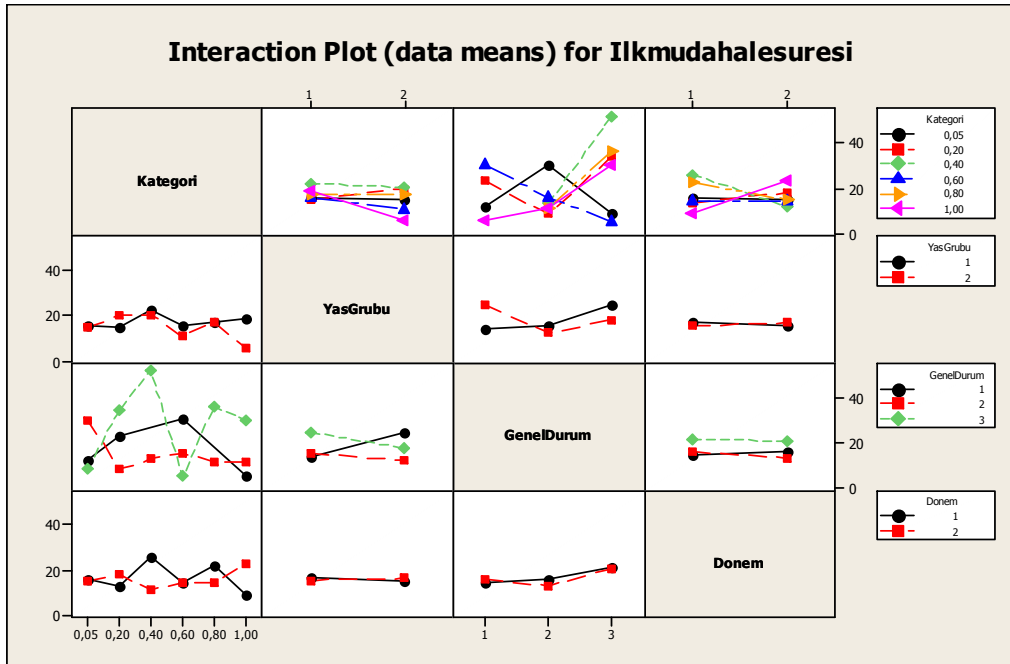
Çizelge 5.2 Kategori puan değerleri

Kategori	A	B	C	D	E	F
Puan	1.00	0.80	0.60	0.40	0.20	0.05

Acil servis analiz edilerek ve uzman doktorlar tarafından da görüş alınarak ilk müdahale süresini etkileyecek faktörlerin kategori, yaş, genel durum ve dönem olabileceği düşünülmüştür. Hastaların önceliklerini ifade eden kategori altı gruba ayrılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü 1989 yılında 64 yaş bitimini (65 yaş ve üzeri) yaşlılığın ilk basamağı olarak kabul etmiştir (Kesioğlu vd., 2003). Bu durum göz önünde bulundurularak yaş faktörü 65 yaş altı (1) ile 65 yaş ve üzeri (2) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Genel durum hastanın iyi (1), orta (2) ve kötü (3) olmak üzere sınıflanmasını sağlamaktadır. Bu bilgi aynı zamanda mevcut sistemdeki hasta bilgi formunda da yer almaktadır. Dönem ise mevsimsel farklılıkların hasta üzerinde etkisi olabileceği düşüncesiyle uzman doktor görüşüyle 1 Mayıs–31 Ekim (1) ile 1 Kasım–30 Nisan (2) aralıkları olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Bu faktörlerin etkilerini çözümleyebilmek amacıyla Minitab 14 yazılımı ile ana faktör etkileri ve etkileşim grafikleri oluşturulmuş ve sırasıyla Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.4 Ana faktör etkileri grafikleri



Şekil 5.5 Faktör etkileşim grafikleri

Şekil 5.4’de verilen ana faktör etkileri grafiği incelendiğinde kategori ve genel durum faktörlerinin ilk müdahale süresi üzerinde etkilerinin olduğu söylenebilmektedir. Şekil 5.5’de verilen etkileşim grafiklerine bakıldığında ise kategori ile yaş grubu, kategori ile genel durum, kategori ile dönem ve yaş grubu ile genel durum etkileşimlerinin ilk müdahale süresi üzerinde etkilerinin olduğu görülmektedir. Yaş ve dönem faktörlerinin iki farklı gruba ayrılması farklı yaşlarda ya da dönemlerde karşılaşılabilecek hastalıkların modele eklenmesine ve daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmasına sebep olacağı düşünülmektedir. Buna göre çalışmada dört faktör değerlendirilmeye alınmıştır. Faktörlerin üyelik fonksiyonlarındaki kümeleri oluşturabilmek için deney tasarımından yararlanılmıştır. Faktörler ve düzeyleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Faktör düzeyleri

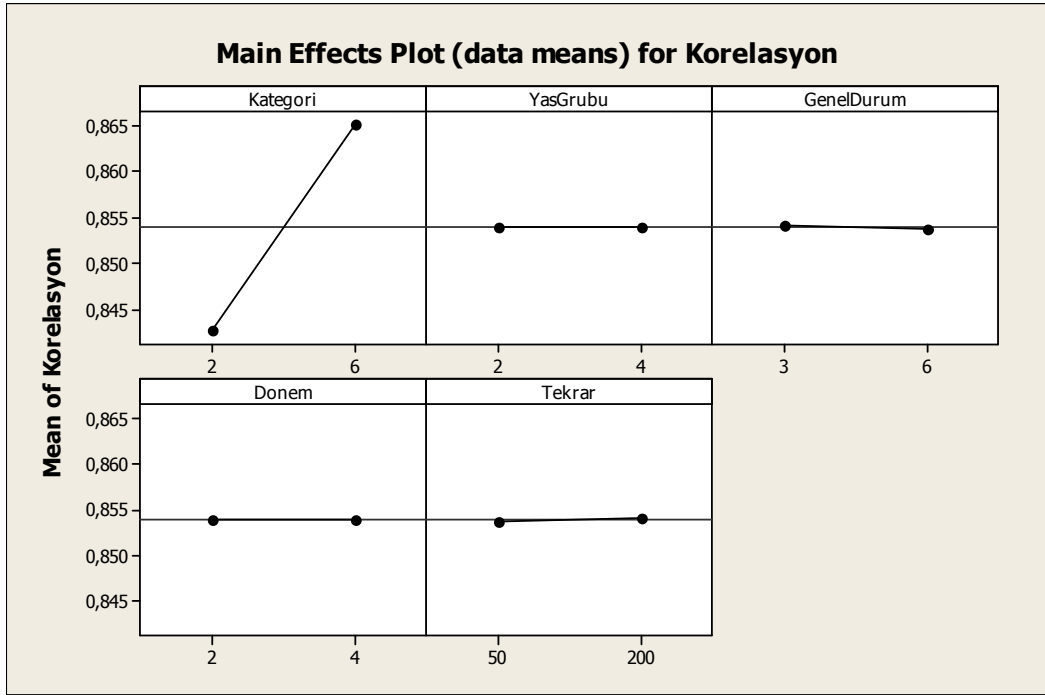
Düzy	Kategori	YasGrubu	GenelDurum	Donem	Tekrar
Alt	2	2	3	2	50
Üst	6	4	6	4	200

Minitab ile oluşturulan $\frac{1}{4}$ Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımıyla farklı koşullar değerlendirilmiş ve en uygun sonuçları veren model tercih edilmiştir. Tasarım ve değerlendirme sonuçları ise Çizelge 5.4’de verilmiştir.

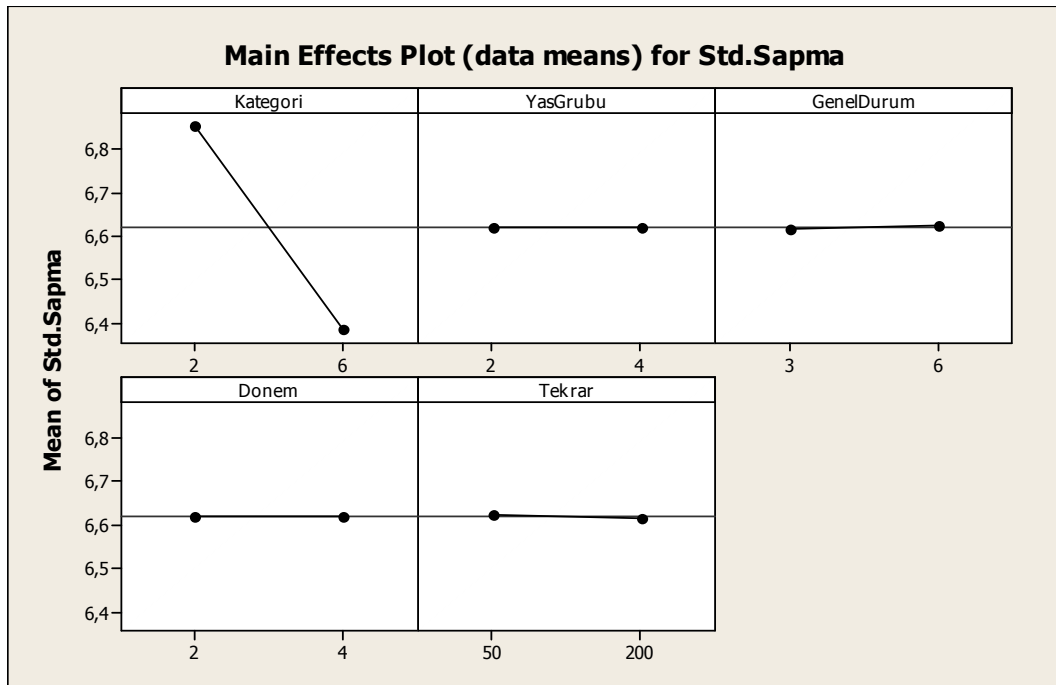
Çizelge 5.4 $\frac{1}{4}$ Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı sonuçları

Sıra	Kategori	YasGrubu	GenelDurum	Donem	Tekrar	Std.Sapma	Korelasyon	Kural sayısı
1	6	2	3	2	50	6.38366	0.8652	72
2	2	4	3	2	200	6.84866	0.8429	48
3	6	2	6	2	200	6.38366	0.8652	144
4	6	4	6	4	200	6.38366	0.8652	576
5	2	2	6	4	50	6.86088	0.8423	96
6	2	4	6	2	50	6.86087	0.8423	96
7	6	4	3	4	50	6.38366	0.8652	288
8	2	2	3	4	200	6.84865	0.8429	48

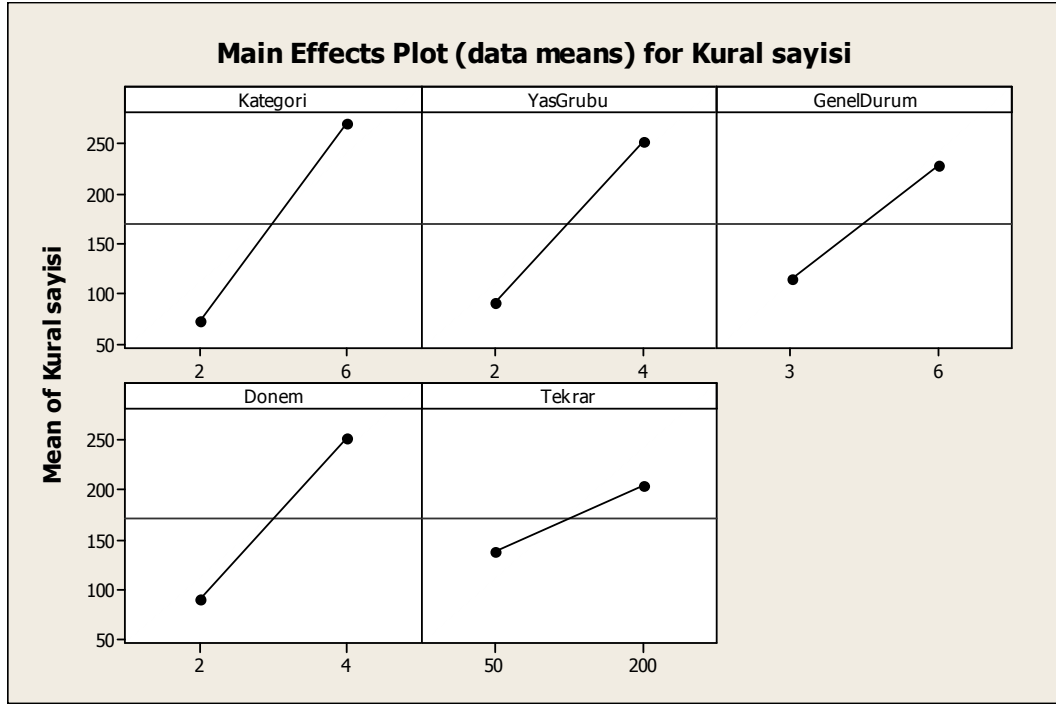
Faktör düzeylerinin korelasyon, standart sapma ve kural sayısına göre değişimleri sırasıyla Şekil 5.6, 5.7 ve 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.6 Faktör düzeyleri ve korelasyon ilişkisi



Şekil 5.7 Faktör düzeyleri ve standart sapma ilişkisi

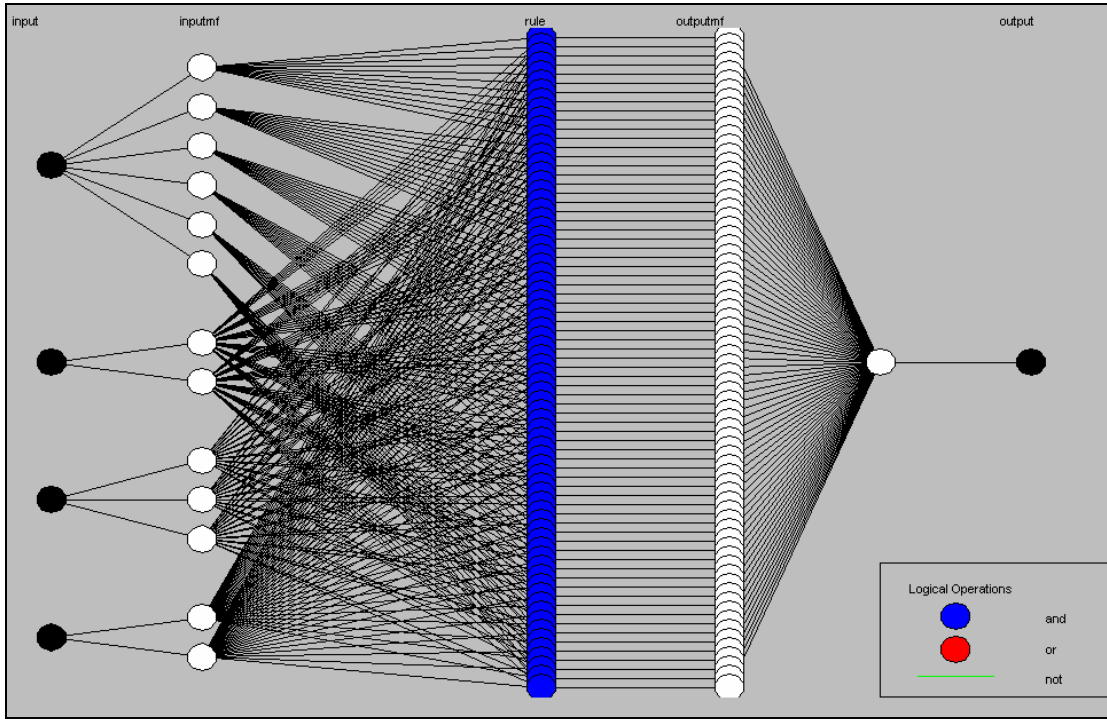


Şekil 5.8 Faktör düzeyleri ve kural sayısı ilişkisi

Sonuçlar arasından standart sapması en düşük, korelasyon katsayısı en büyük olan durumun seçilmesi daha sağlıklı sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 incelendiğinde kategori düzeyinin 6, yaş grubu düzeyinin 2, genel durum düzeyinin 3, dönem düzeyinin 2 ve tekrar sayısının 50 olarak alınmasının korelasyon değerini arttırdığı, standart sapmayı ve kural sayısını azalttığı gözlenmektedir.

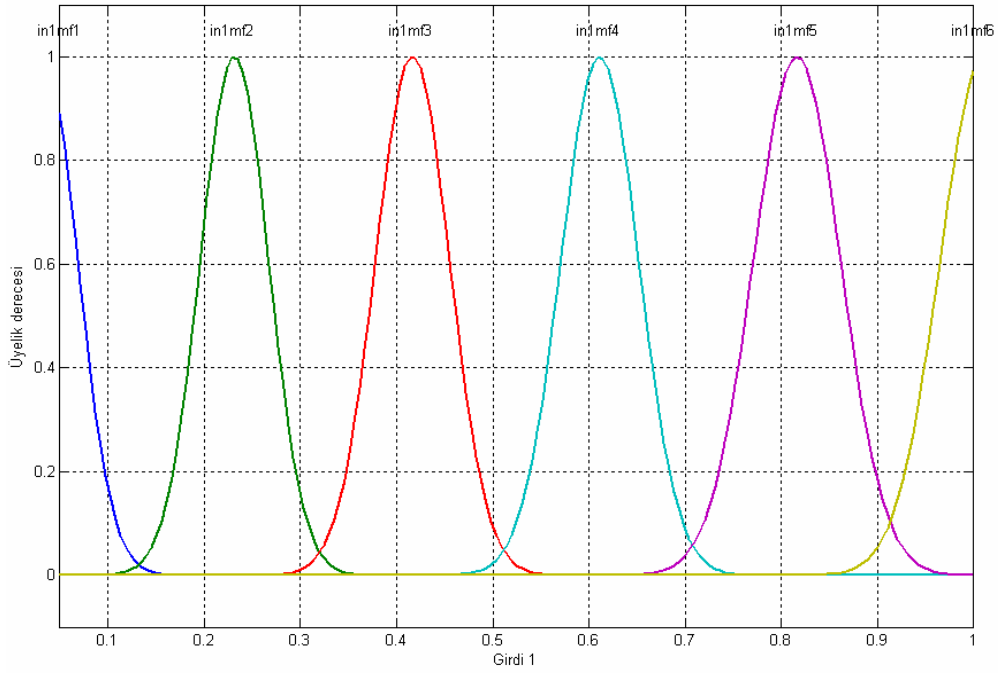
Acil servisteki en büyük problem aynı şikayet ile gelen hastaların yaş, genel durum, ek hastalıklar gibi nedenlerle müdahale sürelerinin değişkenlik gösterebilmesidir. Bu problemi daha sağlıklı bir şekilde tanımlamak ve çözmek için ANFIS'ten yararlanılmıştır. Hastanın ilk müdahale süresinin hayati tehlikesine müdahale açısından öneminin fazla olması sebebiyle, bu çalışmada ilk müdahale süreleri üzerinde önemle durulmuştur. Bu müdahale sonrasında hasta, tetkik ya da konsültasyon bekleme aşamasına geçecek veya kontrol için bekleyecektir. Belirlenen düzeylerle oluşturulan kümeler dikkate alınarak Matlab programıyla Sugeno bulanık

modeli kullanılarak problem çözülmüş ve girdilerin üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Probleme ait dört girdili, tek çıktılı ve yetmiş iki kurallı ANFIS yapısı Şekil 5.9'da verilmiştir.



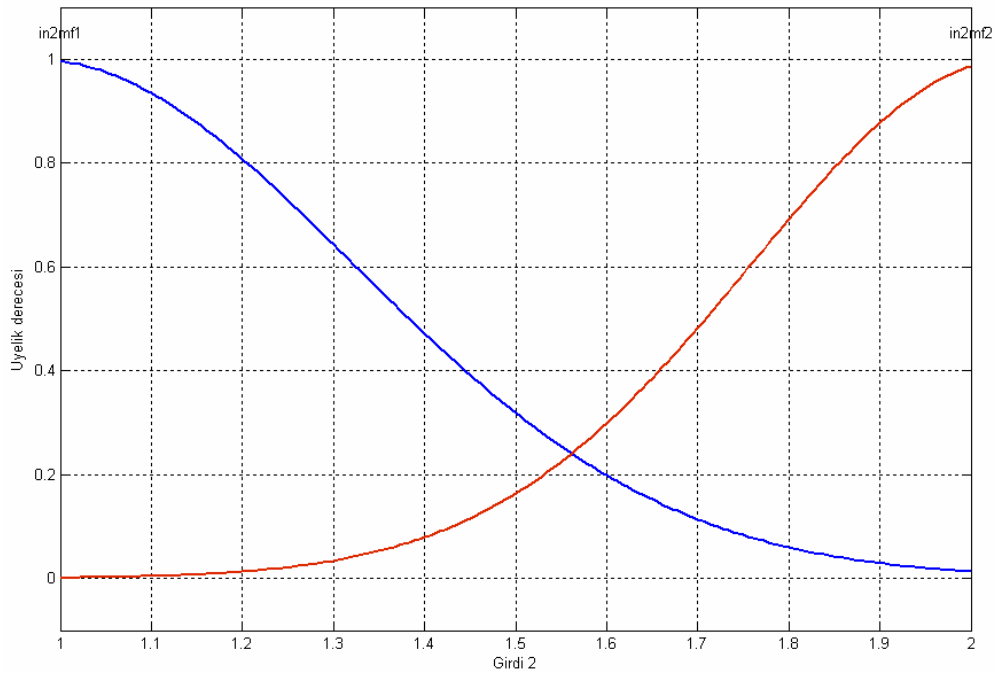
Şekil 5.9 4 girdili 72 kurallı ANFIS yapısı

Şekil 5.9'da görüldüğü gibi 4 girdili 72 kurallı bir ANFIS yapısı oluşmaktadır. Kategori, yaş grubu, genel durum ve dönem faktörlerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de verilmiştir. Gerçek çıktı ile sistem çıktısı karşılaştırıldığında verilerin uygun olduğu görülmektedir. İlgili sonuçlar EK-2'de, grafiksel karşılaştırma ise Şekil 5.14'de verilmiştir.



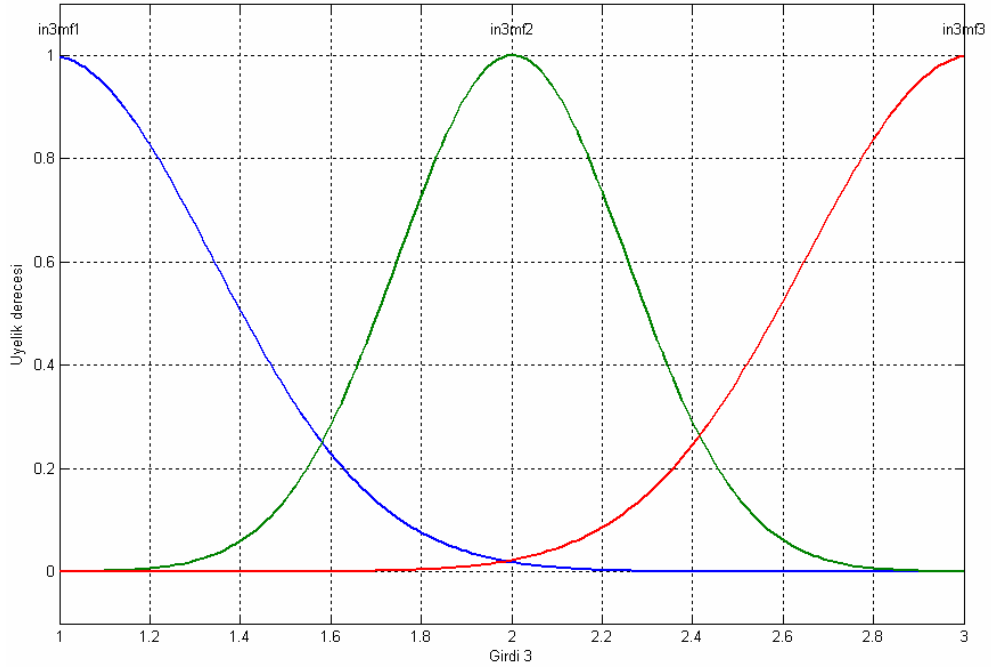
Şekil 5.10 Kategori için üyelik fonksiyonu

Şekil 5.10'da görüldüğü gibi altı kümeden oluşan kategori faktörünün üyelik dereceleri elde edilmiştir.



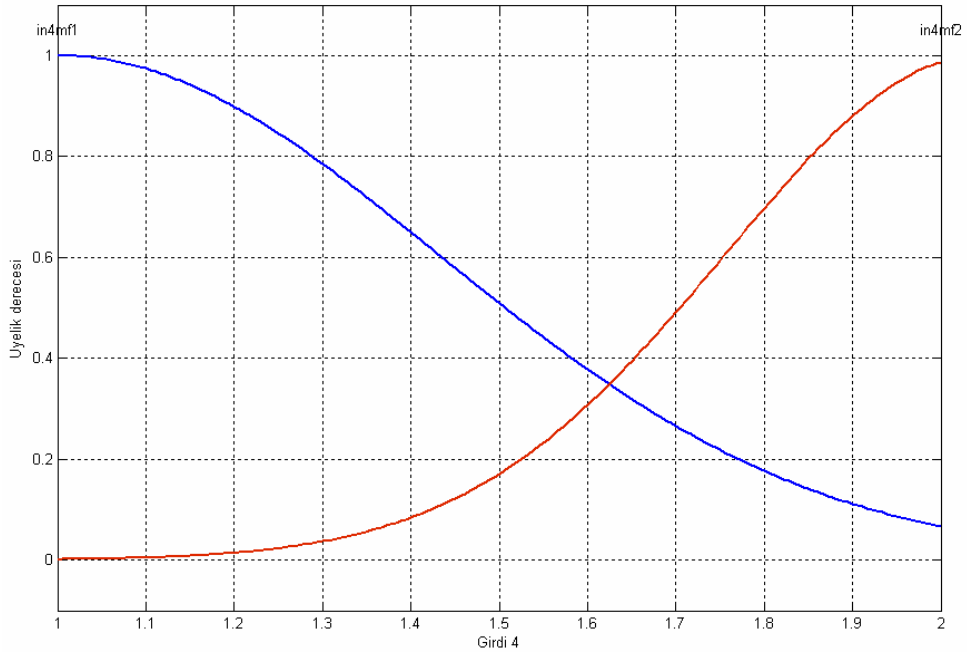
Şekil 5.11 Yaş grubu için üyelik fonksiyonu

Şekil 5.11'de görüldüğü gibi iki kümeden oluşan yaş grubu faktörünün üyelik dereceleri elde edilmiştir.



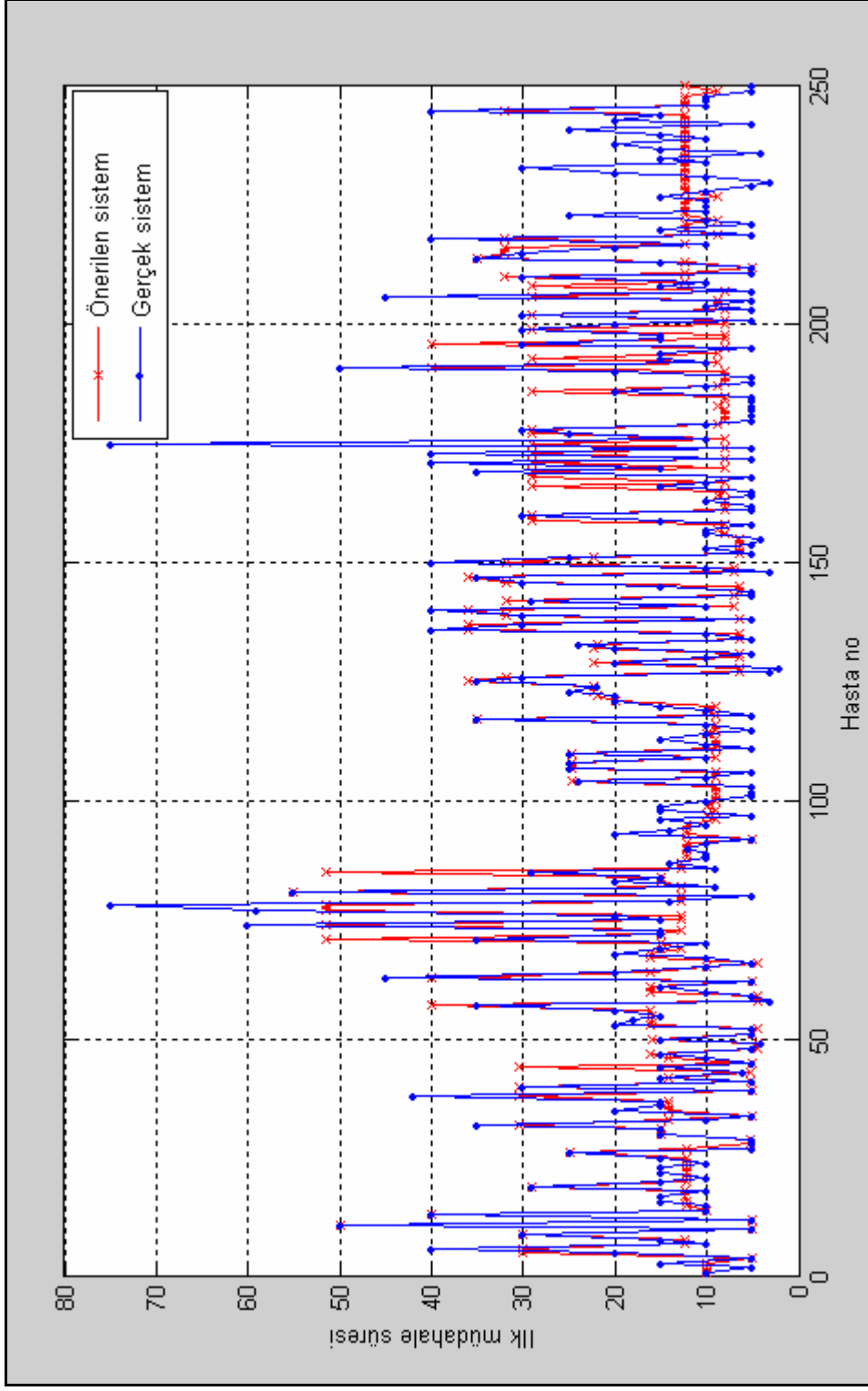
Şekil 5.12 Genel Durum için üyelik fonksiyonu

Şekil 5.12'de görüldüğü gibi üç kümeden oluşan genel durum faktörünün üyelik dereceleri elde edilmiştir.



Şekil 5.13 Dönem için üyelik fonksiyonu

Şekil 5.13'de görüldüğü gibi iki kümeden oluşan dönem faktörünün üyelik dereceleri elde edilmiştir.



Şekil 5.14 Sistem çıktısı ile gerçek çıktının grafiksel gösterimi

Bu durum sistemden elde edilen denklemler ve kurullarla yeni giriş yapacak olan hastaların işlem sürelerinin belirlenebileceğini göstermektedir. Visual basic ile hazırlanan ara yüzdeki bilgi formuna hastanın kategorisi (A, B, C, D, E, F), genel durumu (iyi, kötü, orta), yaşı ve geldiği tarih girildiğinde, alt yapıda gerekli hesaplamalar yapılarak hastanın tahmini ilk müdahale süresi belirlenecek ve süre çizelgede belirtilecektir. Sistemden elde edilen denklemler EK-3'de, girdi değerlerine göre çıktı değerini gösteren yüzey grafikleri ise EK-4'de verilmiştir. Yüzey grafiklerinin incelenmesiyle elde edilen sonuçlar izleyen paragraflarda yorumlanmaktadır.

İlk dönem içerisinde genel durumu iyi olan hastalardan 65 yaş altındakilerin ilk müdahaleleri yaklaşık 10 dakikada tamamlanırken, 65 yaş ve üstü hastaların ilk müdahaleleri yaklaşık 40 dakika sürmektedir. Bu durum 65 yaş ve üstü hastaların ek hastalıkları (diyabet, kalp yetmezliği, KOAH vb.) ve çoklu ilaç kullanımları ile açıklanabilir. İlaç etkileşimleri sebebiyle bu hastaların muayenesinde daha çok zaman kaybı yaşanabilmektedir.

65 yaş altı hastalara bakıldığında genel durumlarına göre ilk müdahale sürelerinin değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Genel durumu iyi olan C ve E kategorili hastalar, genel durumu orta olan F kategorili hastalar ile genel durumu kötü olan B, D ve E kategorili hastaların diğerlerine göre biraz daha uzun ilk müdahale sürelerine sahip olduğu söylenebilir. 65 yaş ve üstü hastalarda ise genel durumu iyi iken F kategorili hastalar daha uzun süreli ilk müdahaleye sahiptir. Ek hastalıklar olabileceği için bu hastalarla daha uzun vakit geçirilmektedir. Bunun dışında genel durumu orta olan hastalardan A ve F kategorili olanların işlemleri daha kısa sürmektedir. Genel durumu kötü olan hastalardan ise ikinci dönemde E, birinci dönemde özellikle B ve D kategorili hastalar daha uzun ilk müdahale süresine sahiptir denilebilir.

Kategori F hastalarının iki dönemde de benzer davranış sergilediği söylenebilir. Bu hastalar kritik olmadıkları için dönemlerin etkili olmadığı düşünülmektedir. Genel durumu orta olan 65 yaş altındaki hastaların ilk müdahale süreleri yaklaşık 25 dakika

beklenmektedir. 65 yaş ve üstü genel durumu iyi olan hastaların da ilk müdahale süreleri 30 dakika civarında beklenmektedir. Diğer durumlardaki F kategorili hastaların ilk müdahale süreleri daha kısa olmaktadır. Hayati tehlikesi olmayan hastaların özellikle ilk müdahalede işlemlerini tamamlayarak, olabildiğince çabuk bir şekilde sistemden çıkarılmak istenmesi olduğu düşünülmektedir.

65 yaş ve üstü genel durumu kötü olan E kategorili hastaların birinci ve ikinci dönem beklenen ilk müdahale sürelerinde farklılıklar gözlemlenmektedir. İlk dönemde bu hastalar daha kısa ilk müdahale süresine sahipken, ikinci dönemde daha uzun süreye sahiptirler. Bu durum dönemlerdeki hastalıkların türlerinden kaynaklandığı gibi, kişilerin o dönemlerdeki davranış ve tepkilerine de bağlı olabilmektedir.

Kategori D hastalarının genel durumu kötü ve orta olan hastalar için dönemlere göre farklı ilk müdahale süreleri gözlemlenmektedir. Özellikle kötü genel durumu olan hastalar ilk dönemde daha uzun ilk müdahale ile karşılaşırken (yaklaşık 50 dakika), ikinci dönemde 4 dakika gibi kısa sürelerle müdahale görmektedirler. 65 yaş altı genel durumu orta olan hastalara da ikinci dönemde 10 dakika civarında ilk müdahale yapılmaktadır. Bu süre ikinci dönemde diğer kategorideki hastaların sürelerine göre daha uzun bir süredir.

Kategori C hastalarının iki dönemde de davranışı benzer olduğu söylenebilir. Genel durumu iyi 65 yaş altı olan hastaların ilk müdahaleleri daha uzun sürerken (yaklaşık 35 dakika), diğer hastaların ilk müdahalelerinin daha kısa sürmesi beklenmektedir. 65 yaş ve üstü hastalar arasında genel durumu orta olan hastalar en fazla süreye sahipken (yaklaşık 15 dakika), diğerleri daha kısa ilk müdahale süresine sahiptir.

Kategori B hastalarının iki dönemde de ilk müdahale süreleri benzer ancak ilk dönemde biraz daha uzundur. Genel durumu kötü olan hastaların ilk dönemdeki ilk müdahale süreleri yaklaşık 40 dakika beklenirken, ikinci dönemde 25 dakika civarında beklenilmektedir. Diğer özellikteki hastaların ilk müdahaleleri daha kısa sürmektedir.

Kategori A hastalarının ikinci dönemde daha uzun ilk müdahale sürelerine sahip olduğu düşünülmektedir. Özellikle genel durumu kötü olan 65 yaş altı hastaların işlemleri yaklaşık 30 dakika sürerken, birinci dönemde yaklaşık 2 dakika sürmektedir. 65 yaş ve üstü genel durumu iyi olan hastaların ilk müdahale süreleri ikinci dönemde 1 dakikalara düşerken, birinci dönemde yaklaşık 6 dakikadır. Kategori A hastaları çok sık karşılaşılan hastalar olmayıp, karşılaşıldığında da hızlı müdahale edilmesi gerektiği için uzman doktorun hemen devreye girmesi ya da ilgili tetkiklerin hemen yapılması beklenmektedir. Bu durumlar nedeniyle ilk müdahale süresi kısa gibi gözükse de ilgili gözlemler ve işlemler devam etmektedir.

5.4 Acil Serviste Çizelgeleme Problemi

Acil serviste doktor-hasta atama ve çizelgeleme problemi için öncelikle değişkenler, kısıtlar, amaç fonksiyonu tanımlanmış ve matematiksel model oluşturulmuştur. Ardından daha etkin kullanım alanı bulacağı düşünülen “Acil Servis Kontrol Sistemi” (ASKS) olarak isimlendirilen bilgi tabanlı bir kontrol sistemi önerilmiştir.

5.4.1 Matematiksel model

Çalışmadaki model, Mendez ve Cerda (2003), Hasebe vd.’nin (1991) önerdikleri modelin problemin amaçları doğrultusunda yeniden düzenlemiş halidir. Model farklı bir uygulama alanı olan hizmet sektörü içerisinde acil servis için düzenlenmiştir. Düzenlenmiş modelden sıra bağımlı hazırlık süresi, erken ile geç teslim kavramları çıkarılmıştır. Burada teslim zamanı söz konusu olmadığı için, en kısa sürede müdahaleye başlanması ve tedavinin sonuçlandırılması beklenmektedir. Bu durumda amacın, ağırlıklı akış süreleri toplamının en küçüklenmesi olarak belirlenmesinin daha uygun olduğu düşünülmüştür.

Amaç: Öncelikli hastalar başta olmak üzere hastaların acil servisteki müdahalelerinin toplam akış sürelerini en küçükmektir. Böylece hasta girişinden itibaren karşılaşıcağı her işlemin süresi olabildiğince en kısa sürede tamamlanmaya çalışılmak istenmektedir. m doktor sayısını, n hasta sayısını göstermektedir.

$$\text{Amaç fonksiyonu} = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot C_{ik}$$

Değişkenler:

Hastanın hangi doktora atanacağını belirleyen karar değişkeni

$$Y_{ik} : \begin{cases} 1; i. hasta k. doktorda ise \\ 0; d.d. \end{cases}$$

Aynı doktordaki hastaların sıralarını belirleyen karar değişkeni

$$X_{ijk} : \begin{cases} 1; k. doktordaki i. hasta j. hastadan önce ise \\ 0; d.d. \end{cases}$$

Hastanın acil servisteki müdahalelerinin akış sürelerini belirleyen değişken

C_{ik} : k. doktorda i. hastanın ilk müdahalesinin akış süresi

Parametreler:

α_i : i. hastanın öncelik değeri

P_{ik} : i. hastanın k. doktordaki ilk müdahale süresi

Daha öncesinde belirlenen öncelik değerleri arasındaki farkların yakın olması sebebiyle model duyarlılık göstermiş ve sonuçlar beklenen şekilde çıkmamıştır. Sağlıklı çözümlere ulaşabilmek amacıyla önceliklerin ayırımı belirgin hale getirilmiş ve kategoriler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

A: 10^{10} ; B: 10^8 ; C: 10^6 ; D: 10^4 ; E: 10^2 ; F: 1

Kısıtlar:

➤ Sıralama kısıtları: Aynı doktora atanan hastaların birbirlerine göre öncelikleri ve ilk müdahalelerinin tamamlanma zamanları için kullanılan kısıtlar aşağıda verilmiştir. Eğer bir i. hasta j. hastanın önünde yer alırsa, i. hastanın ilk müdahale akış süresi, j. hastanın akış süresinden daha küçük olacaktır. j. hastanın müdahale süresi en az j. hastanın müdahalesi ile i. hastanın akış süresi toplamı kadar olacaktır.

$$C_{ik} \leq C_{jk} - P_{jk} + M.(1 - X_{ijk}) + M.(2 - Y_{ik} - Y_{jk})$$

$$C_{jk} \leq C_{ik} - P_{ik} + M.X_{ijk} + M.(2 - Y_{ik} - Y_{jk})$$

$$\forall i, j, k \text{ için } i < j$$

➤ İkili değişken kısıtları: Eğer i. hasta k. doktora atanırsa öncelik değişkeni devreye girmektedir.

$$X_{ijk} \leq Y_{ik}$$

$$X_{ijk} \leq Y_{jk}$$

$$\forall i, j, k \text{ için } i < j$$

➤ Akış süresi ile ilgili kısıt: Eğer i. hasta k. doktora atanmışsa, i. hastanın ilk müdahalesinin akış süresi en erken ilk müdahale süresi kadardır.

$$C_{ik} \geq P_{ik} \cdot Y_{ik}$$

$$\forall i, k \text{ için}$$

➤ Her hasta sadece bir doktora atanmaktadır.

$$\sum_{k=1}^{\text{doktorsayısı}} Y_{ik} = 1$$

$$\forall i \text{ için}$$

➤ İşaret kısıtları

$$X_{ijk} : 0;1 \text{ ikil değişken}$$

$$Y_{ik} : 0;1 \text{ ikil değişken}$$

$$C_{ik} \geq 0$$

Örnek Uygulama1

10 hasta-3 doktor için elde edilen model çözümlene sonuçları Çizelge 5.5'de verilmiştir.

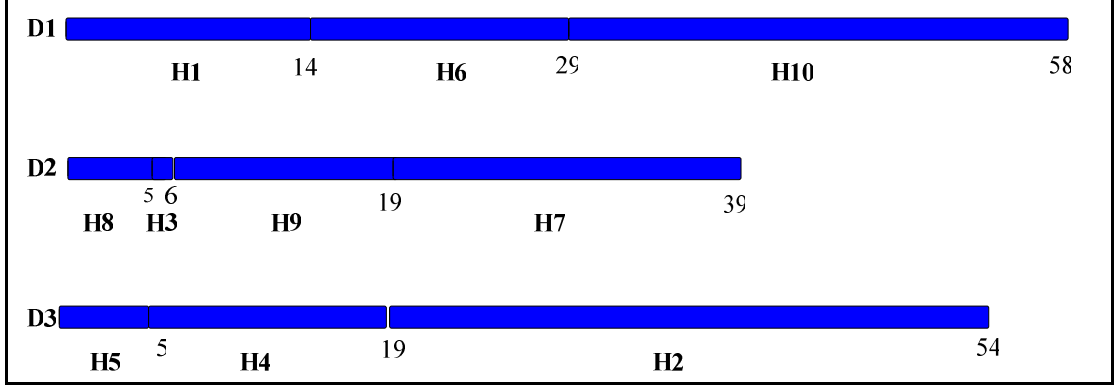
Çizelge 5.5 Örnek uygulama sonucu elde edilen akış süreleri

Akış süreleri	$C_{11} = 14, C_{23} = 54, C_{32} = 6, C_{43} = 19, C_{53} = 5,$ $C_{61} = 29, C_{72} = 39, C_{82} = 5, C_{92} = 19, C_{101} = 58$
---------------	---

$$\text{KATEGORİ} = \{C, E, D, C, C, D, E, C, D, F\}$$

$$\text{SÜRE} = \{14, 35, 1, 14, 5, 15, 20, 5, 13, 29\} \text{ (dakika)}$$

Çizelge 5.5 sonuçlarına göre hazırlanan çizelge Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.15 Lingo sonuçlarına göre hazırlanan çizelge

Çizelge 5.5 ve Şekil 5.15 incelendiğinde 1., 4., 5. ve 8. hastaların diğer hastalara göre daha öncelikli olduğu için ön sıralarda yer aldığı görülmektedir. Diğer hastalar da yine önceliklerine bağlı olarak sıralanmışlardır.

Matematiksel modelle en iyi çözüme ulaşılmasının yanında dinamik bir ortamda sürekli güncellemelerin yapılması gerekmektedir. Lingo ya da daha hızlı çalışan farklı bir matematiksel programlama çözümleyicisi de değişikliklere anında tepki veremeyecektir. Bu durumda matematiksel modelin çalışma süresi sistem için bir dezavantaj oluşturmaktadır.

5.4.2 Acil servis kontrol sistemi (ASKS)

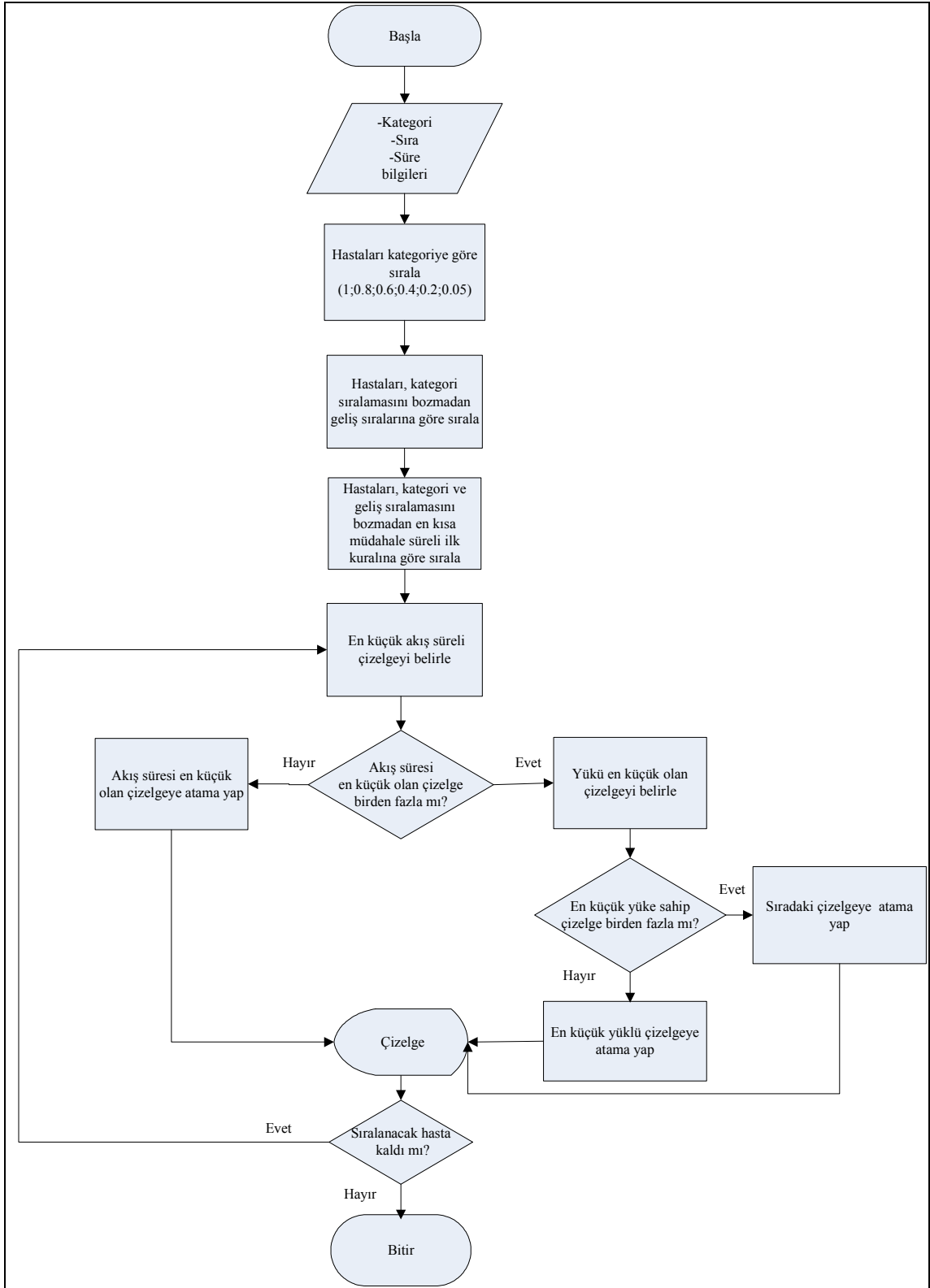
Çizelgelerin kısa sürede amaçlara yönelik yordamlara göre hazırlanması ve mevcut durumda meydana gelebilecek tepkilere hemen cevap verebilmesi istenmektedir. Doktor-hasta takibinin etkili bir şekilde sürdürülebilmesi amacıyla gerçek zamanlı çalışan bilgi tabanlı çizelgeleme sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemle öncelikle daha kısa sürede sonuçlara ulaşılmaktadır. Aynı zamanda bu sistemde hastaların geliş sıraları ve doktor yükleri de önem kazanmaktadır. Önceliklere göre

sıralanan hastalardan benzer koşullarda olanların geliş sıralarına da bakılmaktadır. Birden fazla doktorda eşit başlama şansları olan hastalar da sırasıyla yük açısından az olan doktora atanmaktadır. Yük hesaplaması hastanın tanımlanan kategori değeri ile ilk müdahale süresinin çarpılması sonucu hesaplanmaktadır. Kategori açısından öncelikli hastanın ve müdahale süresinin doktor yükü üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür.

Acil servise giriş yapılmasıyla başlayan süreç hastanın birimden çıkışına kadar devam etmekte ve bu süreçte gerçekleştirilen her adım sisteme kaydedilmektedir. Hesaplanan tahmini süreler kullanılarak çizelgeler hazırlanmaktadır. Her doktora bir çizelge düşmekte ve doktorlar hangi zaman diliminde hangi hastaya ilk müdahaleyi yapacağı bilgisini çizelgelerden alabilmektedir. Doktor-hasta ataması ve çizelgelemesi probleminde amaçlar; öncelikli hastanın daha önce müdahalesinin yapılması, hastaların bekleme sürelerinin en küçüklenmesi, doktor yüklerinin olabildiğince dengeli dağıtılması ve gereksiz zaman kayıplarının önüne geçilmesidir. Doktorlar 08.00–18.00 ile 18.00–08.00 saat aralıklarıyla tanımlanan vardiyalarda herhangi bir kapasite kısıtı olmadan çalışmaktadırlar. Birimde hasta olduğu sürece doktorlar boş bekleyememektedir. Bu amaçla çizelgeleme mantığındaki ölçütler önemlerine göre sırasıyla aşağıda verilmiştir.

- Kategoriyle ifade edilen öncelik sırası,
- Geliş sırası,
- Akış süresi,
- Doktor yükleri.

Algoritmanın çalışma mantığı açısından başlangıç durumunda, özellikleri bilinen belirli sayıda hasta bulunduğu, doktorların boş ve yüklerinin sıfır olduğu varsayılmıştır. Hastaların doktorlara atanması ve çizelgelenmesi için önerilen algoritmanın akış diyagramı Şekil 5.16'daki gibi oluşturulmuştur. Algoritma akışında yer alan “hastalar” kavramı, doktorların ilk müdahaleleri ile görevlendirildikleri işler anlamında kullanılmaktadır.



Şekil 5.16 Önerilen algoritma akış diyagramı

Algoritma adımları ve örnek bir uygulama izleyen paragraflarda anlatılmıştır.

Adım 1. Başlangıç değerlerini tanımla.

$HastaSayisi$, $DoktorSayisi$, $hasta[i].Kategori$, $hasta[i].SiraNo$,
 $hasta[i].Sure$, $hasta[i].Yuk$.

Adım 2. Hastaları kategorileri azalacak şekilde sırala.

$i=1$ 'den $[HastaSayisi - 1]$ 'e kadar

$j=i + 1$ 'den $HastaSayisi$ 'na kadar

Eğer $hasta[i].Kategori < hasta[j].Kategori$ ise;

$tmpHasta = hasta[i]$; $hasta[i] = hasta[j]$; $hasta[j] = tmpHasta$

Adım3. Hastaları kategoriler temelinde geliş sıraları artacak şekilde sırala.

$i=1$ 'den $[HastaSayisi - 1]$ 'e kadar

$j=i + 1$ 'den $HastaSayisi$ 'na kadar

Eğer $hasta[i].SiraNo > hasta[j].SiraNo$ VE $hasta[i].Kategori <=$
 $hasta[j].Kategori$ ise;

$tmpHasta = hasta[i]$; $hasta[i] = hasta[j]$; $hasta[j] = tmpHasta$

Adım 4. Hastaları kategori ve geliş sıraları temelinde en kısa işlem süreli ilk olacak şekilde sırala.

$i=1$ 'den $[HastaSayisi - 1]$ 'e kadar

$j=i + 1$ 'den $HastaSayisi$ 'na kadar

Eğer $hasta[i].Sure > hasta[j].Sure$ VE $hasta[i].Kategori <=$
 $hasta[j].Kategori$ VE $hasta[i].SiraNo >= hasta[j].SiraNo$ ise;

$tmpHasta = hasta[i]$; $hasta[i] = hasta[j]$; $hasta[j] = tmpHasta$

Adım 5. Akış süresi en küçük $f^*[j]$ olan doktor çizelgesini seç.

$n(f^*[j]) > 1$ ise en az yüklü $Yuk^*[j]$ olan doktor çizelgesini seç.

Sıradaki hastayı seçilen çizelgeye ata.

$f[j]$: j.doktorun çizelgesinin akış süresi

$n(f^*[j])$: en küçük akış süresine sahip çizelge sayısı

$f^*[j] = \text{enk}\{\Sigma f[1], \Sigma f[2], \dots, \Sigma f[DoktorSayisi]\}$

$Yuk^*[j] = \text{enk}\{\Sigma Yuk[1], \Sigma Yuk[2], \dots, \Sigma Yuk[DoktorSayisi]\}$

Adım 6. Seçilen doktorun $DoktorHasta[i,j].Sure$ değerini $hasta[i].Sure$ değeri kadar arttır.

Seçilen doktorun $DoktorHasta[i,j].Yuk$ değerini $hasta[i].Yuk$ değeri kadar arttır.

Sıradaki hasta sayısı sıfır olana kadar Adım 5'i tekrar et.

Örnek Uygulama2

On hasta için özellikler ASKS ile rassal olarak atanmış olup, bu doğrultuda süre ve yük bilgileri hesaplanmıştır. Bu bilgiler Çizelge 5.6'da, uygulama adımları ise izleyen adımlarda verilmiştir.

Adım 1. $HastaSayisi$, $DoktorSayisi$, $hasta[i].Kategori$, $hasta[i].SiraNo$, $hasta[i].Sure$, $hasta[i].Yuk$ değerlerini tanımla.

Çizelge 5.6 Hasta bilgileri

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$hasta[i].Kategori$	0.80	1.00	0.80	0.80	0.60	0.80	0.05	0.40	0.05	0.20
$hasta[i].SiraNo$	4	2	3	4	3	5	1	4	1	4
$hasta[i].Sure$	1	1	13	1	2	10	2	1	9	20
$hasta[i].Yuk$	0.80	1.00	10.4	0.80	1.20	8.00	0.10	0.40	0.45	4.00

Adım 2. Hastaları kategorileri azalacak şekilde sırala.

$hasta[2].Kategori \geq hasta[1].Kategori \geq hasta[3].Kategori \geq hasta[4].Kategori \geq$
 $hasta[6].Kategori \geq hasta[5].Kategori \geq hasta[8].Kategori \geq hasta[10].Kategori \geq$
 $hasta[7].Kategori \geq hasta[9].Kategori$

$hasta[2], hasta[1], hasta[3], hasta[4], hasta[6], hasta[5], hasta[8], hasta[10], hasta[7], hasta[9]$

Adım3. Hastaları kategoriler temelinde geliş sıraları artacak şekilde sırala.

$hasta[3].SiraNo \leq hasta[1].SiraNo \leq hasta[4].SiraNo \leq hasta[6].SiraNo$

$hasta[2], hasta[3], hasta[1], hasta[4], hasta[6], hasta[5], hasta[8], hasta[10], hasta[7], hasta[9]$

Adım 4. Hastaları kategori ve geliş sıraları temelinde en kısa işlem süreli ilk olacak şekilde sırala.

$hasta[1].Sure \leq hasta[4].Sure; hasta[7].Sure \leq hasta[9].Sure$

$hasta[2], hasta[3], hasta[1], hasta[4], hasta[6], hasta[5], hasta[8], hasta[10], hasta[7], hasta[9]$

Adım 5-6. Akış süresi en küçük $f^*[j]$ olan doktor çizelgesini seç.

$n(f^*[j]) > 1$ ise en az yüklü $Yuk^*[j]$ olan doktor çizelgesini seç.

Sıradaki hastayı seçilen çizelgeye ata. Değerleri güncelle. Sıradaki hastaya geç.

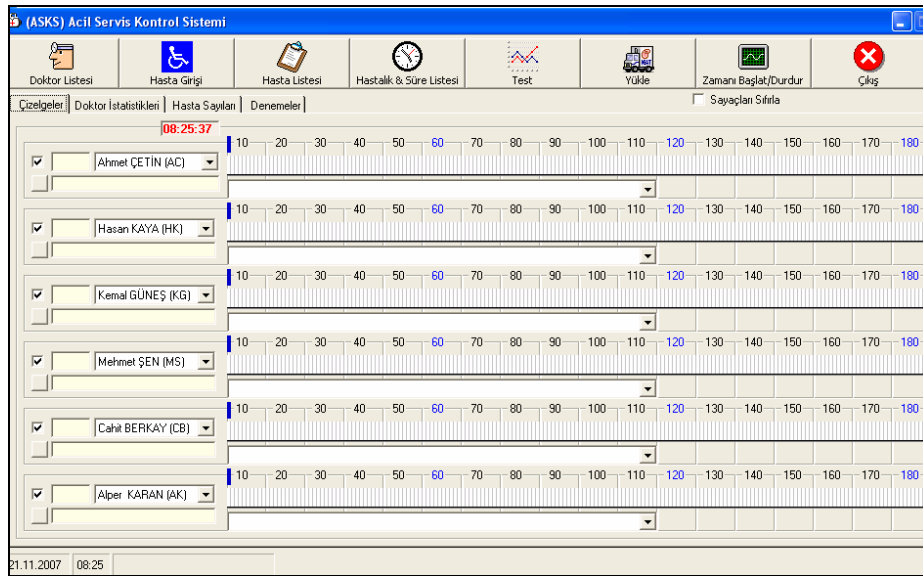
Uygulama sonuçlarına göre elde edilen hasta-doktor atama bilgileri ve hastaların müdahale sıraları Çizelge 5.7'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 5.7 Hasta-doktor atamaları ve müdahale sıraları

hasta[i] (müdahale sırası↓)	Doktor1		Doktor2		Doktor3		Enk{ $\Sigma f[j]$ } için {j}}	Enk{ $\Sigma Yuk[j]$ } için {j}}
	$\Sigma f[1]$	$\Sigma Yuk[1]$	$\Sigma f[2]$	$\Sigma Yuk[2]$	$\Sigma f[3]$	$\Sigma Yuk[3]$		
hasta[2]	0	0	0	0	1	1	{1,2,3}	{1,2,3}
hasta[3]	0	0	13	10.4	1	1	{1,2}	{1,2}
hasta[1]	1	0.8	13	10.4	1	1	{1}	-
hasta[4]	2	1.6	13	10.4	1	1	{3}	-
hasta[6]	2	1.6	13	10.4	11	9	{1}	-
hasta[5]	4	2.8	13	10.4	11	9	{1}	-
hasta[8]	5	3.2	13	10.4	11	9	{1}	-
hasta[10]	25	7.2	13	10.4	11	9	{3}	-
hasta[7]	25	7.2	13	10.4	13	9.10	{2,3}	{3}
hasta[9]	25	7.2	13	10.4	22	9.55	{2}	-

ASKS ara yüzü doktor listesi, hasta girişi, hasta listesi, süre listesi, test, yükle, zamanı başlat/durdur ve çıkış bölümlerinden oluşmaktadır. Hasta girişi ara yüzü Şekil 5.2'de verilmiş ve Bölüm 5.3'de daha ayrıntılı anlatılmıştır. Test bölümü rassal

hastaların atanması ve çizelgelenmesini sağlamaktadır. Bu bölüm matematiksel model sonuçlarını karşılaştırmak için kullanılmıştır. Doktor istatistikleri, grafikler test sonucu hangi doktora kaç hasta, ne kadar yük ve süre düştüğünü görmek için kullanılmaktadır. Yükle bölümü veritabanına bilgi girişi oldukça, çizelgelerin hazırlanması ve güncellenmesi için kullanılmaktadır. Zamanı başlat/durdur düğmesi sistemin gerçek zamanlı çalışmasını gösterebilmek için eklenmiştir. Çıkış düğmesiyle de sistemden çıkılmaktadır. ASKS arayüzü Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.17 ASKS ara yüzü

Doktorların sistemde bulunup bulunmamaları ile ilgili bilgilerin ASKS’a girilebilmesi için kullanılan yapı Şekil 5.18’de verilmiştir. Bir hastanın sayfası ise Şekil 5.19’da gösterilmiştir.

<input checked="" type="checkbox"/>	14.8	Ahmet ÇETİN (AC)
<input type="checkbox"/>		Mutlu, Ahmet
<input checked="" type="checkbox"/>	20.8	Hasan KAYA (HK)
<input type="checkbox"/>		Bulut, Ayşe
<input checked="" type="checkbox"/>	20	Kemal GÜNEŞ (KG)
<input type="checkbox"/>		Er, Ali
<input type="checkbox"/>		Mehmet ŞEN (MS)
<input type="checkbox"/>		Cahit BERKAY (CB)
<input type="checkbox"/>		Alper KARAN (AK)

Şekil 5.18 Doktor durumları

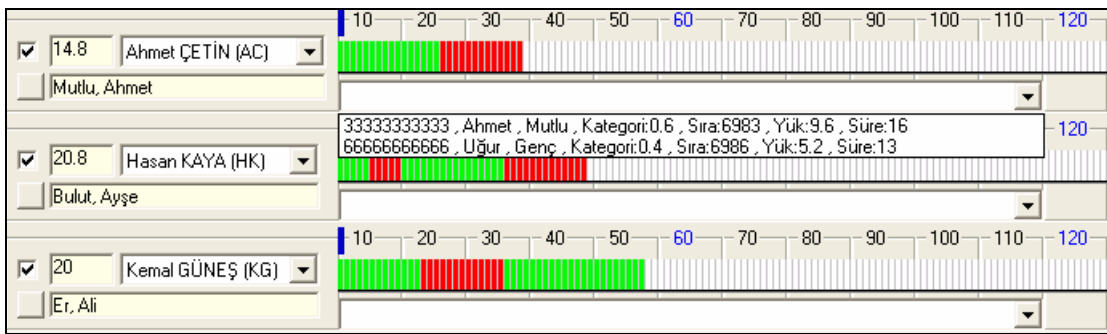
Hasta Girişi		Bütün Hastalar	
T.C. Kimlik No	3333333333	Doktor	
Hasta Bilgileri			
T.C. Kimlik No	3333333333	Meslek	
Ad	Ahmet	Sosyal Güvence	
Soyad	Mutlu	Oda	0
Dosya No	12345	Telefon	
Geliş Tarihi	21.11.2007 Takvim	Doktor Kodu	KG
Geliş Saati	00:00 00 00	Muayene Oluyor	<input checked="" type="checkbox"/>
Kategori	C	Muayene Oldu	<input type="checkbox"/>
Tahmini Süre	16	Tetkik	
Kesin Süre	16 Kalan süre 16	Kon.	
Genel Durum	ORTA	Tanı	
Cinsiyet	<input checked="" type="radio"/> Erkek <input type="radio"/> Kadın	Sonuç	
Yaş	45		
Kilo	0		
Doğum Tarihi	Takvim		
Yük	9,60		
		<input type="button" value="Yeni"/> <input type="button" value="İptal"/>	
		<input type="button" value="Kaydet"/> <input type="button" value="Sil"/>	
		<input type="button" value="Yenile"/>	
		<input type="button" value="İstatistik"/>	
		<input type="button" value="1/1"/>	

Şekil 5.19 Bir hastanın sayfası

Sistem aynı anda altı doktorun çalışabileceği ve 180 dakikalık durum için oluşturulmuştur. Şekil 5.18’de görüldüğü gibi sistemde daha az doktor çalışacaksa yan taraflarındaki işaretleri kaldırılarak mevcut sistemden çıkarılabilmektedirler. Doktor listesi bölümü kullanılarak doktor isimleri de değiştirilebilmektedir. Doktor isimlerinin yanlarında muayene ettikleri hastalardan elde edilen yükler yer almaktadır. Bu bilgilerin altında ise o an müdahale ettiği hasta adı soyadı yer almaktadır. Hasta adının sol tarafındaki butona tıklandığında Şekil 5.19’da gösterilen ara yüzde T.C. kimlik no alanına o hastanın kimlik numarası kopyalanmakta ve sağ tarafındaki arama butonuna basıldığında hasta bilgileri ekrana gelmektedir. Böylece doktor, hasta ile bilgilere ulaşabildiği gibi, yaptığı işlemleri de ilgili hastanın sayfasına kolaylıkla kaydedebilmektedir. Doktor, özellikle acil hasta gelişlerinde bu sayfadaki kesin süre ve/veya kalan süre bilgilerini güncelleyerek, müdahaleye başladığı hastanın yeniden çizelgelenmesini sağlayabilmektedir. Mevcut duruma bağlı olarak, o hasta farklı bir doktora atanabileceği gibi, yine aynı doktorun çizelgesinde de yer alabilecektir.

Şekil 5.20 Doktorun takip ettiği hasta bilgi listesi

Doktorların kendilerine ait hastaları görebilmeleri için ise Şekil 5.20’de görülen ara yüzün sağ üstünde yer alan Doktor bölümüne doktor kodu girilmesi gerekmektedir. KG kodlu doktorun hastaların sayısı kırmızı daire içine alınan yerde görülebilmektedir. KG kodlu doktor iki hasta ile ilgilenmektedir. Birincisinin ilk müdahalesi tamamlanmış ancak sonuç bilgileri henüz girilmemiştir.



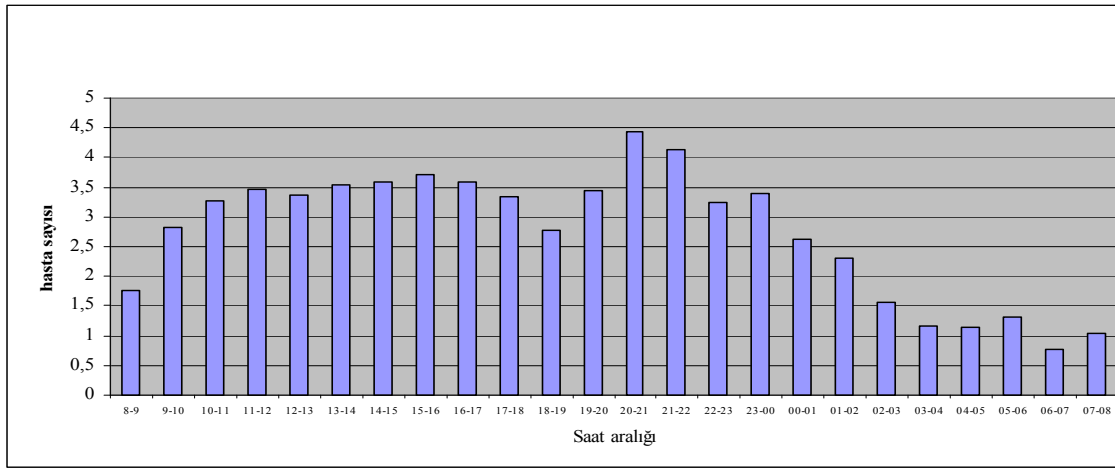
Şekil 5.21 Çizelge bilgi gösterimi

Şekil 5.21’de gösterildiği gibi çizelgelerin altındaki kutularda ise sıra ile hastaların T.C. kimlik no, ad, soyadı, kategori, geliş sırası, yük ve süre bilgileri yer almaktadır. Buradan doktor hangi hastaya baktığını ve bakacağını görebilmektedir. Hastalar geldikçe ve veritabanına bilgileri girildikçe tahmini süreler atanmakta ve tanımlanan ölçütler doğrultusunda hastaların doktorlara atamaları, sıralanmaları ve zamanlandırılmaları gerçekleşmektedir.

Sistem değişiklikler karşısında da esnek davranabilmektedir. Yeni hasta geldiğinde öncelik durumları dikkate alınabilmekte, doktor eklenince ya da silinince hastalar yeniden çizelgelenebilmekte, süre değişiklikleri de veritabanına girilerek yapılabilmekte ve çizelgeler güncellenebilmektedir. Bunun dışında bu sistemle, acil hasta gelişlerinde, müdahalesi başlayan hastaların, doktor kararı ile durumlarına bağlı olarak yeniden atanmasına ya da müdahalesinin tamamlanmasına izin verilebilmektedir.

5.4.3 Matematiksel model ve önerilen algoritma karşılaştırması

Bu bölümde daha önce açıklanan matematiksel model ile önerilen algoritma karşılaştırılmaktadır. Bu amaçla acil servisten alınan 60 güne ait saatlik ortalama hasta sayıları histogramı Şekil 5.22’de, saatlik hasta sayıları ise EK-5’de verilmiştir. Acil serviste genellikle bir vardiyada 2, 3 veya 4 asistan doktor çalışmaktadır. Buna göre karşılaştırmada ortalama olarak 3 doktor çalıştığı varsayılmıştır



Şekil 5.22 Saatlik hasta sayıları

Önerilen programda test olarak tanımlanan alan ile 180 dakikalık zaman dilimlerinde çizelgeler oluşturulabilmektedir. Bu durumlar sonucunda karşılaştırma 180 dakikalık zaman dilimi ve 3 doktor için gerçekleştirilmiştir. Hasta özellikleri rassal olarak belirlenmiş ve iki durum için de aynı özellikler kullanılmıştır. Buna göre 180 dakikalık devrelere göre ortalama hasta sayıları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 180 dakikalık devreler için ortalama hasta sayıları

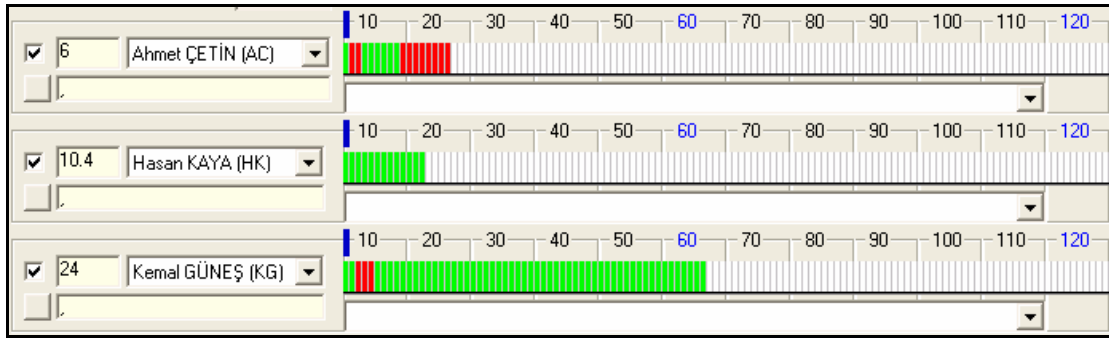
Devre	08:00-11:00	11:00-14:00	14:00-17:00	17:00-20:00
Hasta sayısı	8	11	11	10
Devre	20:00-23:00	23:00-02:00	02:00-05:00	05:00-08:00
Hasta sayısı	12	9	4	4

08:00-11:00 zaman diliminde sekiz hasta geleceği beklenmektedir. Hasta özellikleri Çizelge 5.9’da görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.9 8 hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2	3	4
Doktor1	(0.8;2;0.8;1)	(0.6;4;1.2;2)	(0.4;2;2.4;6)	(0.2;4;1.6;8)
Doktor2	(0.8;4;10.4;13)			
Doktor3	(1.0;4;2;2)	(0.4;1;1.2;3)	(0.4;4;20.8;52)	

Çizelgelerdeki hasta bilgileri (Kategori, Geliş sırası, Yük, Süre) sırasına göre verilmektedir. Önerilen alogirtma ile gerçekleşen çizelgeler Şekil 5.23’de verilmiştir.



Şekil 5.23 8 hasta için hazırlanan çizelge

Şekil 5.23’deki sıralamaya bakıldığında 0.4 kategorisine sahip hastaların geliş sıralarının dikkate alındığı görülmektedir. Birinci doktora 6 dakika, ikinci doktora 10.4 dakika ve üçüncü doktora 24 dakika yük atanmıştır. Model çözümü ile elde edilen iyi sonuç bilgileri ise Çizelge 5.10’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.10 8 hastalı problem için model sonucu

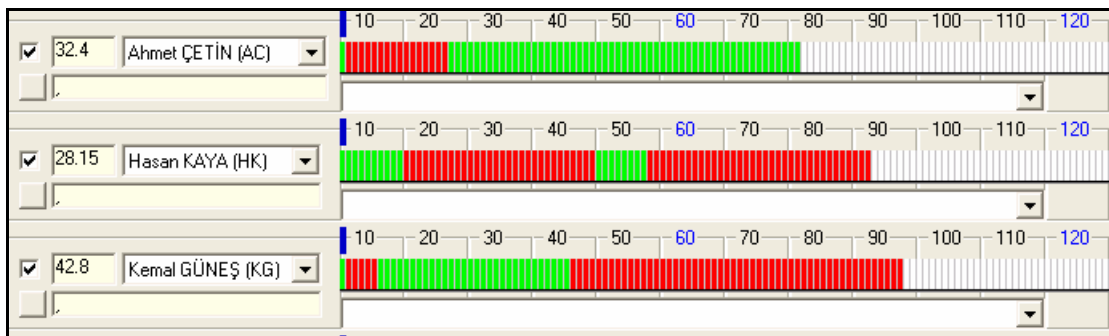
Akış süreleri (dakika)	$C_{11} = 1, C_{21} = 3, C_{31} = 9, C_{41} = 17, C_{52} = 13, C_{63} = 2, C_{73} = 5, C_{83} = 57$
Atama bilgileri	$Y_{11} = Y_{21} = Y_{31} = Y_{41} = Y_{52} = Y_{63} = Y_{73} = Y_{83} = 1$

Çizelge 5.10'daki model sonuçlarına göre de aynı sonuçların elde edildiği görülmüştür. 0.4 kategorisine sahip üç hastanın geliş sıralarına bakılmasa da, işlem süreleri nedeniyle daha kısa işlem süresine sahip hasta önde yer almıştır.

On bir hastanın geleceği beklenen 11:00-14:00 zaman diliminde hasta özellikleri Çizelge 5.11'deki gibi belirlenmiş ve Şekil 5.24'deki sıralama gerçekleşmiştir. Model çözümü sonuçları ise Çizelge 5.12'de verilmektedir.

Çizelge 5.11 11(a) hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2	3	4
Doktor1	(0.8;4;0.8;1)	(0.6;2;9.6;16)	(0.4;2;22;55)	
Doktor2	(0.8;5;8;10)	(0.6;5;18;30)	(0.05;4;0.4;8)	(0.05;4;1.75;35)
Doktor3	(1.0;5;1;1)	(0.6;2;3;5)	(0.6;2;18;30)	(0.4;3;20.8;52)



Şekil 5.24 11(a) hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.12 11(a) hastalı problem için model sonucu

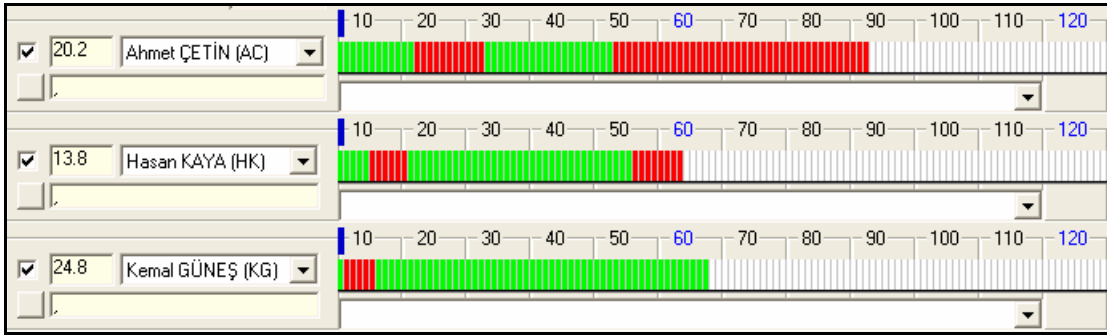
Akış süreleri (dakika)	$C_{11} = 1, C_{23} = 17, C_{31} = 91, C_{42} = 10, C_{52} = 40, C_{62} = 48, C_{72} = 83, C_{83} = 1, C_{91} = 6, C_{101} = 36, C_{113} = 69$
Atama bilgileri	$Y_{11} = Y_{23} = Y_{31} = Y_{42} = Y_{52} = Y_{62} = Y_{72} = Y_{83} = Y_{91} = Y_{101} = Y_{113} = 1$

Çizelge 5.11 ve Şekil 5.24 incelendiğinde geliş sıraları 2 ve 3 olan 0.4 kategorisindeki iki hastanın sırasıyla 18.dakikada ve 37.dakikada müdahalelerinin başladığı görülmektedir. Çizelge 5.12’de ise aynı hastaların müdahaleye başlama zamanları sırasıyla 37.dakika ve 18.dakikadır. Burada ağırlıklı akış süresi en küçüklenmek istendiği için işlem süresi daha kısa olan hasta daha önce müdahaleye alınmak istenmektedir. Doktor yükleri ise; önerilen algoritma sonuçlarına göre sırasıyla 32.40, 28.15 ve 42.80 dakika, matematiksel model sonuçlarına göre sırasıyla 43.80, 28.15 ve 31.40 dakika olarak elde edilmiştir.

14:00-17:00 zaman diliminde on bir hastanın gelmesi beklenmektedir. Hasta özellikleri Çizelge 5.13’deki gibi olarak belirlenmişse Şekil 5.25’deki sıralama gerçekleşmektedir. Model çözüm sonuçları ise Çizelge 5.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.13 11(b) hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2	3	4
Doktor1	(1.0;3;12;12)	(0.2;2;2.2;11)	(0.2;2;4;20)	(0.05;3;2;40)
Doktor2	(0.8;3;4;5)	(0.4;3;2.4;6)	(0.2;1;7;35)	(0.05;4;0.4;8)
Doktor3	(1.0;1;1;1)	(0.6;3;3;5)	(0.4;4;20.8;52)	



Şekil 5.25 11(b) hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.14 11 (b) hastalı problem için model sonucu

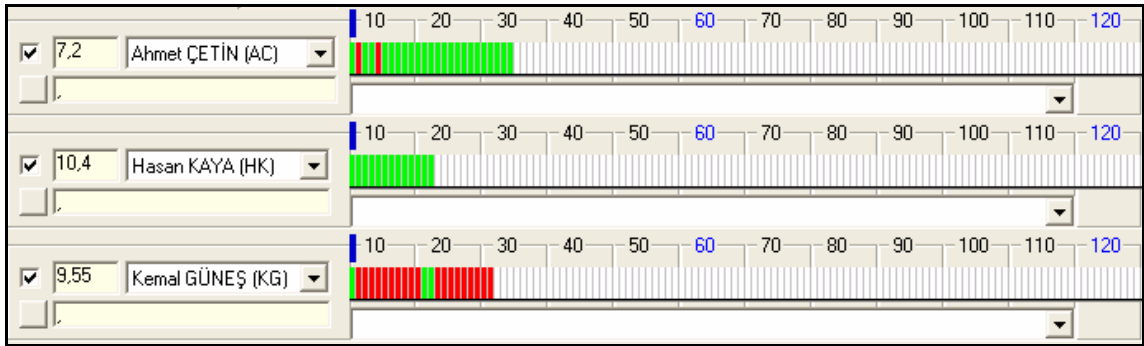
Akış süreleri (dakika)	$C_{12} = 12, C_{23} = 22, C_{32} = 32, C_{42} = 80, C_{53} = 5,$ $C_{63} = 11, C_{73} = 57, C_{82} = 40, C_{91} = 1, C_{101} = 6, C_{111} = 58$
Atama bilgileri	$Y_{12} = Y_{23} = Y_{32} = Y_{42} = Y_{53} = Y_{63} = Y_{73} = Y_{82} = Y_{91} = Y_{101} = Y_{111} = 1$

Çizelge 5.13 ve Şekil 5.25 incelendiğinde geliş sıraları 3 ve 4 olan 0.05 kategorisindeki iki hastanın sırasıyla 44.dakikada ve 47.dakikada müdahalelerinin başladığı görülmektedir. Çizelge 5.14'de ise aynı hastaların müdahaleye başlama zamanları sırasıyla 41.dakika ve 33.dakikadır. Doktor yükleri ise; önerilen algoritma sonuçlarına göre sırasıyla 20.20, 13.80 ve 24.80 dakika, matematiksel model sonuçlarına göre sırasıyla 24.80, 15.60 ve 18.40 dakika olarak elde edilmiştir.

On hastanın gelmesi beklenen 17:00-20:00 zaman dilimindeki hasta özellikleri Çizelge 5.15'deki gibidir. Bu durumda Şekil 5.26'daki sıralama gerçekleşmektedir. Model sonuçları ise Çizelge 5.16'da verilmektedir.

Çizelge 5.15 10 hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2	3	4	5
Doktor1	(0.8;4;0.8;1)	(0.8;4;0.8;1)	(0.6;3;1.2;2)	(0.4;4;0.4;1)	(0.2;4;4;20)
Doktor2	(0.8;3;10.4;13)				
Doktor3	(1.0;2;1;1)	(0.8;5;8;10)	(0.05;1;0.1;2)	(0.05;1;0.45;9)	



Şekil 5.26 10 hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.16 10 hastalı problem için model sonucu

Akış süreleri (dakika)	$C_{11} = 1, C_{23} = 1, C_{32} = 3, C_{42} = 4, C_{52} = 24,$ $C_{61} = 14, C_{72} = 1, C_{83} = 11, C_{93} = 13, C_{103} = 22$
Atama bilgileri	$Y_{11} = Y_{23} = Y_{32} = Y_{42} = Y_{52} = Y_{61} = Y_{72} = Y_{83} = Y_{93} = Y_{103} = 1$

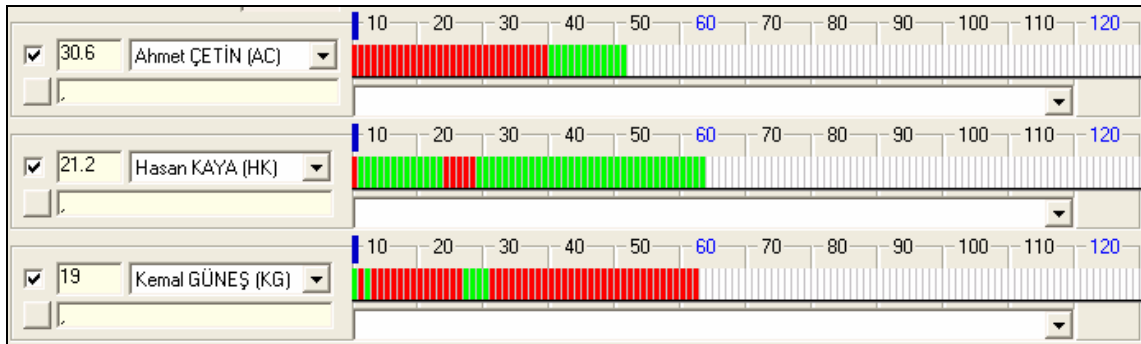
Çizelge 5.15 ve Şekil 5.26 incelendiğinde geliş sıraları 3 ve 4 olan 0.8 kategorisindeki iki hastanın sırasıyla başlangıçta ve 2.dakikada müdahalelerinin başladığı görülmektedir. Çizelge 5.16'da ise aynı hastaların müdahaleye başlama zamanları sırasıyla 2.dakika ve başlangıç anıdır. Geliş sıraları dikkate alınmadan sadece önceliklere göre çizelgeleme yapıldığı söylenebilir. Doktor yükleri ise; önerilen

algoritma sonuçlarına göre sırasıyla 7.20, 10.40 ve 9.55 dakika, matematiksel model sonuçlarına göre sırasıyla 11.20, 6.60 ve 9.35 dakika olarak elde edilmiştir.

On iki hastanın gelmesi beklenen 20:00-23:00 zaman dilimindeki hasta özellikleri Çizelge 5.17'deki gibidir. Bu durumda Şekil 5.27'deki sıralama gerçekleşmektedir. Model sonuçları da Çizelge 5.18'de verilmektedir.

Çizelge 5.17 12 hasta için atama bilgileri

Dr/Hasta	1	2	3	4	5	6
Doktor1	(1.0;5;30;30)	(0.05;5;0.6;12)				
Doktor2	(0.8;1;0.8;1)	(0.8;2;10.4;13)	(0.6;4;3;5)	(0.2;1;7;35)		
Doktor3	(1.0;5;1;1)	(0.8;2;0.8;1)	(0.8;4;0.8;1)	(0.6;2;8.4;14)	(0.4;2;1.6;4)	(0.2;4;6.4;32)



Şekil 5.27 12 hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.18 12 hastalı problem için model sonucu

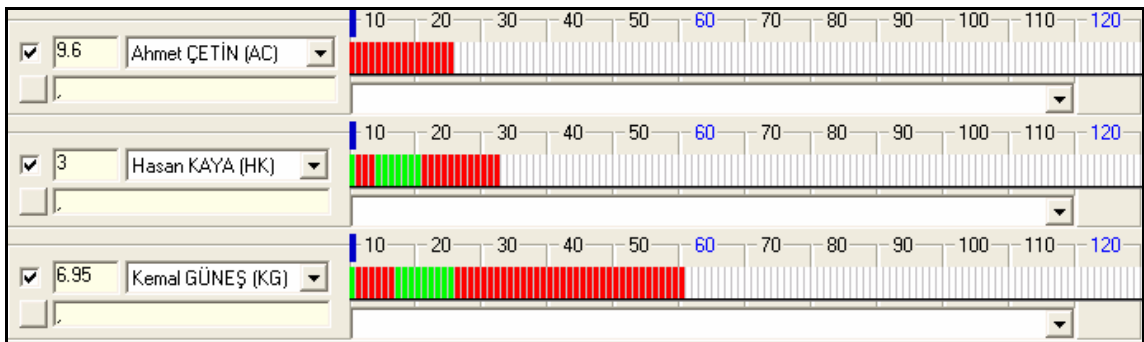
Akış süreleri (dakika)	$C_{13} = 30, C_{23} = 42, C_{31} = 1, C_{41} = 15, C_{52} = 7,$ $C_{61} = 54, C_{72} = 1, C_{82} = 2, C_{91} = 2, C_{102} = 21, C_{111} = 19, C_{122} = 53$
Atama bilgileri	$Y_{13} = Y_{23} = Y_{31} = Y_{41} = Y_{52} = Y_{61} = Y_{72} = Y_{82} = Y_{91} = Y_{102} = Y_{111} = Y_{122} = 1$

Çizelge 5.17 ve Şekil 5.27 incelendiğinde geliş sıraları 2 ve 4 olan 0.6 kategorisindeki iki hastanın sırasıyla 4.dakikada ve 15.dakikada müdahalelerinin başladığı görülmektedir. Çizelge 5.18’de ise aynı hastaların müdahaleye başlama zamanları sırasıyla 8.dakika ve 3.dakikadır. Doktor yükleri ise; önerilen algoritma sonuçlarına göre sırasıyla 30.60, 21.20 ve 19.00 dakika, matematiksel model sonuçlarına göre sırasıyla 20.60, 19.60 ve 30.60 dakika olarak elde edilmiştir.

23:00-02:00 zaman diliminde dokuz hasta geleceği beklenmekte ve hasta özellikleri Çizelge 5.19’daki gibi olarak belirlenmiştir. Buna göre, Şekil 5.28’deki sıralama gerçekleşmektedir. Model sonuçları Çizelge 5.20’de verilmektedir.

Çizelge 5.19 9 hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2	3	4
Doktor1	(0.6;5;9.6;16)			
Doktor2	(0.4;1;0.4;1)	(0.2;1;0.6;3)	(0.2;2;1.4;7)	(0.05;1;0.6;12)
Doktor3	(1.0;2;1;1)	(0.4;5;2.4;6)	(0.2;5;1.8;9)	(0.05;4;1.75;35)



Şekil 5.28 9 hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.20 9 hastalı problem için model sonucu

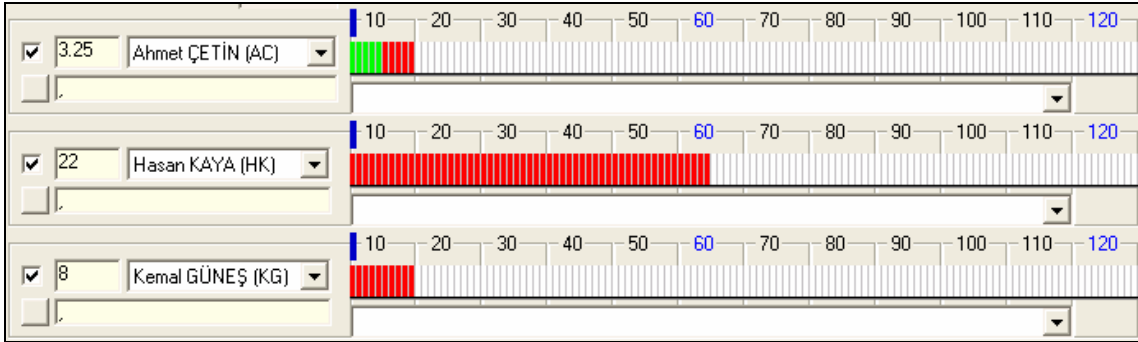
Akış süreleri (dakika)	$C_{12} = 16, C_{23} = 1, C_{33} = 4, C_{41} = 14, C_{51} = 26, C_{61} = 1, C_{71} = 7, C_{83} = 13, C_{93} = 48$
Atama bilgileri	$Y_{12} = Y_{23} = Y_{33} = Y_{41} = Y_{51} = Y_{61} = Y_{71} = Y_{83} = Y_{93} = 1$

Çizelge 5.19 ve Şekil 5.28 incelendiğinde geliş sıraları 1 ve 4 olan 0.05 kategorisindeki iki hastanın sırasıyla 12.dakikada ve 17.dakikada müdahalelerinin başladığı görülmektedir. Çizelge 5.20’de ise aynı hastaların müdahaleye başlama zamanları sırasıyla 15.dakika ve 14.dakikadır. Doktor yükleri ise; önerilen algoritma sonuçlarına göre sırasıyla 9.60, 3.00 ve 6.95 dakika, matematiksel model sonuçlarına göre sırasıyla 5.40, 9.60 ve 4.55 dakika olarak elde edilmiştir.

Dört hasta gelmesi beklenen 02:00-05:00 zaman dilimindeki hasta özellikleri Çizelge 5.21’deki gibi belirlenmiştir. Bu durumda Şekil 5.29’daki sıralama gerçekleşmektedir. Model çözümü ise Çizelge 5.22’de verilmektedir.

Çizelge 5.21 4(a) hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2
Doktor1	(0.6;2;3;5)	(0.05;5;0.25;5)
Doktor2	(0.4;4;22;55)	
Doktor3	(0.8;4;8;10)	



Şekil 5.29 4(a) hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.22 4(a) hastalı problem için model sonucu

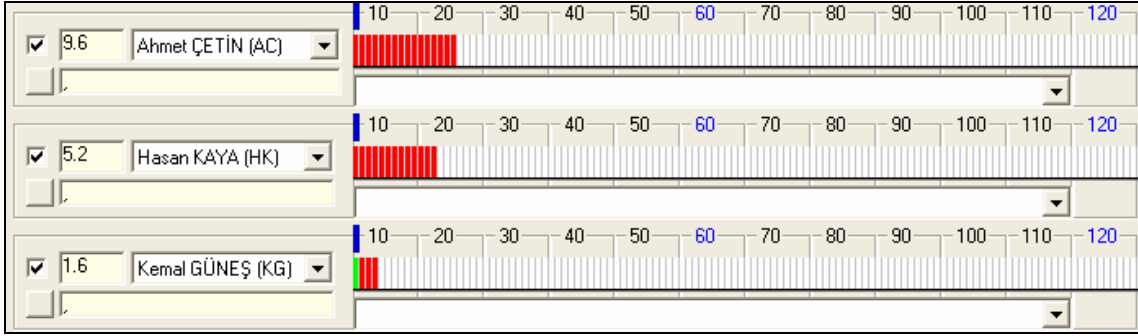
Akış süreleri (dakika)	$C_{13} = 5, C_{23} = 10, C_{32} = 55, C_{41} = 10$
Atama bilgileri	$Y_{13} = Y_{23} = Y_{32} = Y_{41} = 1$

Çizelge 5.21, Şekil 5.29 ve Çizelge 5.22 incelendiğinde yüklerin doktorlara benzer şekilde dağıtıldığı görülmüştür. Hasta sayısının az olması benzerliğin belirginleşmesine neden olabilir.

Dört hasta gelmesi beklenen 05:00-08:00 zaman diliminde hasta özellikleri Çizelge 5.23'deki gibidir. Bu durumda Şekil 5.30'daki sıralama gerçekleşmektedir. Model sonuçları ise Çizelge 5.24'de verilmektedir.

Çizelge 5.23 4(b) hasta için atama bilgileri

Doktor/Hasta	1	2
Doktor1	(0.6;3;9.6;16)	
Doktor2	(0.4;4;5.2;13)	
Doktor3	(1.0;3;1;1)	(0.2;3;0.6;3)



Şekil 5.30 4(b) hasta için hazırlanan çizelge

Çizelge 5.24 4(b) hastalı problem için model sonucu

Akış süreleri (dakika)	$C_{13} = 16, C_{21} = 13, C_{32} = 1, C_{42} = 4$
Atama bilgileri	$Y_{13} = Y_{21} = Y_{32} = Y_{42} = 1$

Çizelge 5.23, Şekil 5.30 ve Çizelge 5.24 incelendiğinde de yüklerin doktorlara benzer şekilde dağıtıldığı görülmüştür.

İki yaklaşımın doktorlara atanan yük, hasta sayısı ve süreler açısından değerlendirme sonuçları Çizelge 5.25’de verilmektedir.

Çizelge 5.25 Matematiksel model ve önerilen algoritma karşılaştırması

Devre	Hasta sayısı	Doktor	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama			Önerilen Algoritma		
			Hasta sayısı	Yük (dakika)	Toplam ilk müdahale süresi (dakika)	Hasta sayısı	Yük (dakika)	Toplam ilk müdahale süresi (dakika)
08:00 11:00	8	1	4	6.00	17	4	6.00	17
		2	1	10.40	13	1	10.40	13
		3	3	24.80	57	3	24.80	57
11:00 14:00	11	1	4	43.80	91	3	32.40	72
		2	4	28.15	83	4	28.15	83
		3	3	31.40	69	4	42.80	88
14:00 17:00	11	1	3	24.80	58	4	20.20	83
		2	4	15.60	80	4	13.80	54
		3	4	18.40	57	3	24.80	58
17:00 20:00	10	1	2	11.20	14	5	7.20	25
		2	4	6.60	24	1	10.40	13
		3	4	9.35	22	4	9.55	22
20:00 23:00	12	1	5	20.60	54	2	30.60	42
		2	5	19.60	53	4	21.20	54
		3	2	30.60	42	6	19.00	53
23:00 02:00	9	1	4	5.40	26	1	9.60	16
		2	1	9.60	16	4	3.00	23
		3	4	4.55	48	4	6.95	51
02:00 05:00	4	1	1	8.00	10	2	3.25	10
		2	1	22.00	55	1	22.00	55
		3	2	3.25	10	1	8.00	10
05:00 08:00	4	1	1	5.20	13	1	9.60	16
		2	2	1.60	4	1	5.20	13
		3	1	9.60	16	2	1.60	4

Çizelge 5.25'deki sonuçlardaki farklılığın en önemli nedenleri önerilen algoritmada hasta geliş sıraları ile doktor yüklerine de önem verilmesidir. Sonuçlara bakıldığında öncelikler dikkate alınarak hastaların önce muayene olma şansı olan doktora atandıkları ve bu sırada da eğer uygunsa yükler de dengeli dağıtılmaya çalışıldığı görülmektedir. Ancak matematiksel modelde sadece öncelikli hastanın önce bakılması esas alınmaktadır. Amaç fonksiyonunun bu şekilde tanımlanmasının sebebi ise öncelikli hastanın önce bakılma zorunluluğudur. Amaç fonksiyonuna eklenecek yeni tanımlamaların bu dengeyi bozacağı düşünüldüğü için sadece öncelikler dikkate alınmıştır. Anlamsız sonuçların çıkmaması için önceliklerin arasındaki farklar belirginleştirilmiştir.

5.5 Mevcut Uygulama ile Önerilen Sistemin Karşılaştırılması

Önerilen algoritmada öncelikli amaç hastaların kategorileri ve geliş sıraları dikkate alınarak çizelgenin hazırlanmasıdır. Bu süreç esnasında doktor yükleri de dengelenmeye çalışılmaktadır. Doktorlardaki müdahale sürelerini dengelemek doğrudan amaçlanmamakta, ancak dolaylı olarak yük kavramının içerisinde yer aldığı için daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Önerilen algoritmada doktorların müdahale süreleri, hasta sayısı, gelen hastaların süreleri, geliş sıraları gibi bazı durumlara bağlı olarak dengesizlik gösterebilmektedir. Mevcut durumdaki süreç ise gelen hastaların sırasıyla o anda elverişli olan doktora atanması şeklinde ilerlemektedir. Bu durumda süre ve yük değerleri şansa bağlı olarak değişebilecektir.

Acil servis, 1 Mayıs–31 Ekim ile 1 Kasım–30 Nisan iki dönemden ayrı günler hafta içi ve hafta sonu olmak üzere ele alınarak mevcut durumun çözümlenmesi yapılmış ve doktorlara atanan hastalar belirlenmiştir. ANFIS ile tahmin edilen süreler kullanılarak hazırlanan ASKS programına mevcut bilgiler girilerek önerilen durumla elde edilecek doktor yükleri, doktorların toplam ilk müdahale süreleri ve müdahale ettikleri hasta sayıları elde edilmiştir. Mevcut durum için de elde edilen tahmini süreler kullanılarak doktor yükleri (dakika) ve toplam ilk müdahale süreleri (dakika) belirlenmiş ve önerilen durum sonuçlarıyla izleyen paragraflarda karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken yük ve süre sapmaları elde edilen değerlerin ortalama değerden farkı olarak Eşitlik 5.1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Sapma} = \sum |X - \bar{X}| \quad (5.1)$$

Çizelge 5.26'da 20.06.2007 Çarşamba günü için alınan verilere göre elde edilen yük, süre ve hasta sayıları bilgileri bulunmaktadır. Doktorlar A_i terimi ile tanımlanmaktadır.

Çizelge 5.26 20.06.2007 için mevcut ve önerilen durum karşılaştırması

20.06.2007 1.VARDİYA									
Mevcut Durum	A1	Yük (dakika)	37.80	Önerilen Durum	A1	Yük (dakika)	56.00		
		Süre (dakika)	152			Süre (dakika)	129		
		Hasta sayısı	10			Hasta sayısı	10		
	A2	Yük (dakika)	15.80		A2	Yük (dakika)	39.20		
		Süre (dakika)	111			Süre (dakika)	135		
		Hasta sayısı	9			Hasta sayısı	9		
	A3	Yük (dakika)	82.60		A3	Yük (dakika)	41.00		
		Süre (dakika)	197			Süre (dakika)	196		
		Hasta sayısı	10			Hasta sayısı	10		
			Yük sapması		74.40			Yük sapması	21.20
			Süre sapması		87.33			Süre sapması	85.33
	20.06.2007 2.VARDİYA								
Mevcut Durum	A1	Yük (dakika)	17.00	Önerilen Durum	A1	Yük (dakika)	37.75		
		Süre (dakika)	98			Süre (dakika)	139		
		Hasta sayısı	7			Hasta sayısı	7		
	A2	Yük (dakika)	68.90		A2	Yük (dakika)	35.40		
		Süre (dakika)	211			Süre (dakika)	215		
		Hasta sayısı	9			Hasta sayısı	14		
	A3	Yük (dakika)	24.45		A3	Yük (dakika)	37.20		
		Süre (dakika)	153			Süre (dakika)	108		
		Hasta sayısı	10			Hasta sayısı	5		
			Yük sapması		64.23			Yük sapması	2.77
			Süre sapması		114.00			Süre sapması	122.00

Çizelge 5.26'daki bilgilere göre 1.vardiya yük ortalaması 45.40 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması 153.33 dakika olarak hesaplanmıştır. Buna göre mevcut durumdaki toplam yük sapması 74.40 dakika iken, önerilen durumda 21.20 dakika olarak belirlenmiştir. Arada oldukça önemli bir farkın olduğu görülebilmektedir. Süreler açısından iki durum arasında fazla fark olmasa da, yine de önerilen durum daha iyi sonuçlanmıştır. 2.vardiya yük ortalaması 36.78 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması ise 154 dakika olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki yük değerinin ortalamadan sapması 64.23 dakika iken, önerilen durumun sapması 2.77 dakika gibi küçük bir değerdir. Bu durum koşullar izin verdikçe yüklerin doktorlara çok daha dengeli dağıtıldığını göstermektedir. Süreler açısından ise değerler yakın olmakla birlikte mevcut durum daha dengeli görünmektedir.

Çizelge 5.27’de 30.06.2007 Cumartesi günü için alınan verilere göre elde edilen yük, süre ve hasta sayıları bilgileri verilmektedir

Çizelge 5.27 30.06.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması

30.06.2007 1.VARDİYA									
Mevcut Durum	A1	Yük	32.40	Önerilen Durum	A1	Yük	46.80		
		Süre	208			Süre	220		
		Hasta sayısı	11			Hasta sayısı	16		
	A2	Yük	57.15		A2	Yük	42.75		
		Süre	273			Süre	261		
		Hasta sayısı	18			Hasta sayısı	13		
			Yük sapması		24.75			Yük sapması	4.05
			Süre sapması		65.00			Süre sapması	41.00
	30.06.2007 2.VARDİYA								
Mevcut Durum	A1	Yük	63.00	Önerilen Durum	A1	Yük	55.55		
		Süre	193			Süre	132		
		Hasta sayısı	11			Hasta sayısı	11		
	A2	Yük	39.80		A2	Yük	54.60		
		Süre	115			Süre	223		
		Hasta sayısı	10			Hasta sayısı	16		
	A3	Yük	66.15		A3	Yük	58.80		
		Süre	215			Süre	168		
		Hasta sayısı	14			Hasta sayısı	8		
			Yük sapması		33.03			Yük sapması	4.97
			Süre sapması		118.67			Süre sapması	97.33

Çizelge 5.27’deki bilgilere göre 1.vardiya yük ortalaması 44.78 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması 240.50 dakika olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki toplam yük sapması 24.75 dakika iken, önerilen durumda 4.05 dakika olarak hesaplanmıştır. Önerilen durumun sonuçları daha iyi çıkmıştır. Burada iki doktor çalışması sebebiyle mevcut durumda kendi mantığına göre yük sapmasının azalması beklenen bir durum olarak düşünülmektedir. Süreler açısından bakıldığında da yine önerilen durumun daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. 2.vardiya yük ortalaması 56.32 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması ise 174.33 dakika olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki yük sapması 33.03 dakika iken, önerilen durumun sapması 4.97 dakikadır. Bu durumun acil servis için önemli bir fark olduğu söylenebilir.

İkinci dönemde alınan veriler ve karşılaştırmaları Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29'da verilmektedir. 22.12.2007 Cumartesi günü için alınan verilere göre elde edilen yük, süre ve hasta sayıları bilgileri Çizelge 5.28'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.28 22.12.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması

22.12.2007 1.VARDİYA									
Mevcut Durum	A1	Yük	50.00	Önerilen Durum	A1	Yük	52.55		
		Süre	115			Süre	179		
		Hasta sayısı	9			Hasta sayısı	11		
	A2	Yük	61.50		A2	Yük	62.15		
		Süre	286			Süre	161		
		Hasta sayısı	16			Hasta sayısı	11		
	A3	Yük	58.65		A3	Yük	55.45		
		Süre	234			Süre	295		
		Hasta sayısı	13			Hasta sayısı	16		
			Yük sapması		13.43			Yük sapması	10.87
			Süre sapması		193.33			Süre sapması	166.67
	22.12.2007 2.VARDİYA								
Mevcut Durum	A1	Yük	77.15	Önerilen Durum	A1	Yük	61.55		
		Süre	230			Süre	248		
		Hasta sayısı	16			Hasta sayısı	15		
	A2	Yük	26.60		A2	Yük	64.80		
		Süre	104			Süre	140		
		Hasta sayısı	6			Hasta sayısı	10		
	A3	Yük	93.80		A3	Yük	71.20		
		Süre	200			Süre	146		
		Hasta sayısı	15			Hasta sayısı	12		
			Yük sapması		78.50			Yük sapması	10.70
			Süre sapması		148.00			Süre sapması	140.00

Çizelge 5.28'deki bilgilere göre 1.vardiya yük ortalaması 56.72 dakika ve ilk müdahale süre ortalaması 211.67 dakikadır. Mevcut durumda toplam yük sapması 13.43 dakika iken, önerilen durumda 10.87 dakika olarak hesaplanmıştır. Önerilen durumun sonuçları daha iyi çıkmıştır ancak hastaların geliş zamanları, kategorileri ve süreleri mevcut ile önerilen durumun sonuçlarını etkilemektedir. Süreler açısından bakıldığında da önerilen durumun daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. 2.vardiya yük ortalaması 65.85 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması ise 178 dakika olarak

hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki yük sapması 78.50 dakika iken, önerilen durumun sapması 10.70 dakika olarak hesaplanmıştır. Arada oldukça büyük fark olduğu görülebilmektedir. Süreler arasında da 8 dakikalık bir farkla önerilen durum mevcut duruma göre daha iyi sonuç vermiştir.

31.12.2007 Pazartesi günü için alınan verilere göre mevcut ile önerilen durum arasında yapılan karşılaştırma Çizelge 5.29'da verilmektedir.

Çizelge 5.29 31.12.2007 mevcut ve önerilen durum karşılaştırması

31.12.2007 1.VARDİYA									
Mevcut Durum	A1	Yük	43.70	Önerilen Durum	A1	Yük	37.80		
		Süre	135			Süre	92		
		Hasta sayısı	11			Hasta sayısı	8		
	A2	Yük	20.55		A2	Yük	16.35		
		Süre	147			Süre	120		
		Hasta sayısı	11			Hasta sayısı	9		
	A3	Yük	6.60		A3	Yük	16.70		
		Süre	132			Süre	202		
		Hasta sayısı	11			Hasta sayısı	16		
			Yük sapması		40.17			Yük sapması	28.37
			Süre sapması		18.00			Süre sapması	128.00
	31.12.2007 2.VARDİYA								
Mevcut Durum	A1	Yük	63.75	Önerilen Durum	A1	Yük	84.15		
		Süre	291			Süre	284		
		Hasta sayısı	18			Hasta sayısı	17		
	A2	Yük	95.40		A2	Yük	75.00		
		Süre	275			Süre	282		
		Hasta sayısı	20			Hasta sayısı	21		
			Yük sapması		31.65			Yük sapması	9.15
			Süre sapması		16.00			Süre sapması	2.00

Çizelge 5.29'daki bilgilere göre 1.vardiya yük ortalaması 23.62 dakika ve ilk müdahale süre ortalaması 138 dakikadır. Mevcut durumda toplam yük sapması 40.17 dakika iken, önerilen durumda 28.37 dakika olarak hesaplanmıştır. Önerilen durum ortalamadan daha az sapmıştır. Süreler açısından bakıldığında ise tam tersi durum söz konusudur ve önerilen durumda süre sapması oldukça yüksek çıkmıştır. Mevcut durum

incelendiğinde süreler dengeli olsa da, A1 doktorunun yükü 43.70 dakika iken, A3 doktorunun yükü 6.60 dakikadır. Buna göre A1 doktoru önemli hastalarla daha çok ilgilenirken, A3 doktoru daha çok hayati tehlikesi olmayan hastalarla ilgilenmektedir diyebiliriz. 2.vardiyaya bakıldığında ise yük ortalaması 79.58 dakika iken, ilk müdahale süre ortalaması ise 283 dakika olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki yük sapması 31.65 dakika iken, önerilen durumun sapması 9.15 dakika olarak hesaplanmıştır. Süreler açısından da ortalamadan 2 dakikalık bir sapma ile önerilen durumun daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir.

5.6 Uygulamada Karşılaşılabilecek Bozulmalar ve Düzeltici Yaklaşımlar

Gerçekleştirilen mevcut durum değerlendirme çalışmalarının ardından, önerilen algoritmanın acil servisin daha etkin çalışabilmesi açısından uygulanabilir olduğu söylenebilir. Ancak acil servisin dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle belirsizlik ve değişkenlik problemleriyle çok sık karşılaşılabilecektir. Bu tür problemler ise çizelge bozulmalarına yol açacaktır. Bu durumda bozulmalara karşı hemen cevap verebilecek etkin bir sisteme gereksinim duyulacaktır. Bu bölümde önerilen ASKS'ın bozulmalara karşı göstermiş olduğu düzeltici yaklaşımlar değerlendirilmiştir.

Önerilen sistemin bozulmalara karşı etkinliğini test edebilmek amacıyla Abumaizar ve Svestka (1997) ile Subramaniam ve Raheja (2003) çalışmalarında kullanılan deney tasarımı ve ölçütleri temel alınmıştır. Bu çalışmalarda önerilen yaklaşımlar, ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımıyla karşılaştırılmıştır. İleriye-geriye doğru çizelgelemede bozulma olduğu anda işler ileriye ya da geriye doğru ötelenmektedir. Ancak işlerin öncelikleri dikkate alınmamaktadır. Buna göre bazı durumlarda koşulları sağlayamayan, sadece o anki bozulmaya cevap veren sonuçlarla karşılaşılabilmektedir. Bu çalışmada yapılmak istenilen, her bozulma anında koşullara da cevap verebilen hızlı bir düzeltici yaklaşımın oluşturulmasıdır.

Farklı çalışmalarda ileriye doğru çizelgelemenin sıkça karşılaştırma amaçlı kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada da önerilen algoritma ileriye doğru

çizelgeleme yaklaşımıyla karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda ileriye doğru çizelgelemenin hizmet sistemlerinin genel işleyişini yansıttığı düşünülmektedir. Hizmet sistemlerinde bozulmalara karşı yeniden düzenleme yapmak yerine, işleri ötelemek, kişileri bekletmek gibi durumlarla sıkça karşılaşmaktadır. Buna göre bu yaklaşımla karşılaştırma yapmak, mevcut durumla karşılaştırma yapmak gibi düşünülebileceği varsayılmıştır.

Subramaniam ve Raheja'nın (2003) çalışmalarındaki düzey değerleri acil servise uygun olacak şekilde Çizelge 5.30'daki gibi düzenlenmiştir.

Çizelge 5.30 Faktör düzeyleri

Düzy	1	2
Çizelge boyutu	10 hasta	30 hasta
Bozulma zamanı	%5-40 (erken)	%60-90 (geç)
Bozulma boyutu	%10-20 (küçük)	%40-50 (büyük)

Çizelge 5.30'da oluşturulan düzeylere göre üç farklı bozulma için 8 deney gerçekleştirilmiştir. Ölçütler çizelge boyutu, bozulma zamanı ve bozulma boyutu olarak ele alınmıştır. Çizelge boyutu için hasta sayısı, bozulma zamanı olarak bozulmanın erken ya da geç ortaya çıkma durumu ve bozulma boyutu olarak da küçük ya da büyük olma durumları incelenmiştir. İzleyen bölümlerde doktor eksiltilmesi/eklenmesi, süre değişimi ve acil hasta gelmesi gibi durumlarda mevcut durumun ileriye doğru çizelgeleme ve önerilen algoritma ile nasıl değiştiğini görebilmek için iki başarı ölçütü kullanılmıştır. Bunlardan ilki ağırlıklı akış sürelerinin toplamıdır. Ağırlıklar daha önceden belirlendiği gibi A, B, C, D, E, F kategorileri için sırasıyla 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 ve 0.05 olarak alınmıştır. Eşitlik 5.2'de ağırlıklı akış süresinin formülasyonu verilmektedir. F_w , ağırlıklı akış süresini, $Kategori_h$, h. hastanın kategorisini ve F_h , h.hastanın ilk müdahalesinin akış süresini ifade etmektedir.

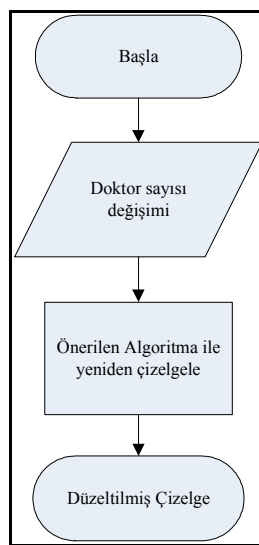
$$\sum F_w = \sum_{h=1}^n \text{Kategori}_h * F_h \quad (5.2)$$

Diğer kullanılan başarı ölçütü ise işlerin ağırlıklı bozulma süreleridir. Bu değer hastalarda düzeltilmiş çizelgedeki müdahaleye başlama zamanları ile ilk çizelgedeki müdahalelerinin başlama zamanları arasındaki ağırlıklı farka eşittir. Eşitlik 5.3'de ilgili formülasyon gösterilmektedir. Δ_{bs} , ağırlıklı bozulma süresini, bz_{h1} , ilk çizelgede h. hastanın ilk müdahaleye başlama zamanını ve bz_{h2} , düzeltilmiş çizelgede h. hastanın ilk müdahale başlama zamanını ifade etmektedir.

$$\Delta_{bs} = \sum_{h=1}^n \text{Kategori}_h * (bz_{h2} - bz_{h1}) \quad (5.3)$$

5.6.1 Doktor sayısının azalması veya artması

Doktorların hastalanması, eğitime gitmesi vb. nedenlerle hastayı tedavi edememe durumları ortaya çıkabildiği gibi, farklı bir vardiya sistemi ile belirli bir saatten sonra ek bir ya da daha fazla doktorun sisteme girmesi de söz konusu olabilmektedir. Düzeltme yaklaşımı Şekil 5.31'de verilmiştir.



Şekil 5.31 Doktor sayısının azalması/artması durumu için düzeltme yaklaşımı

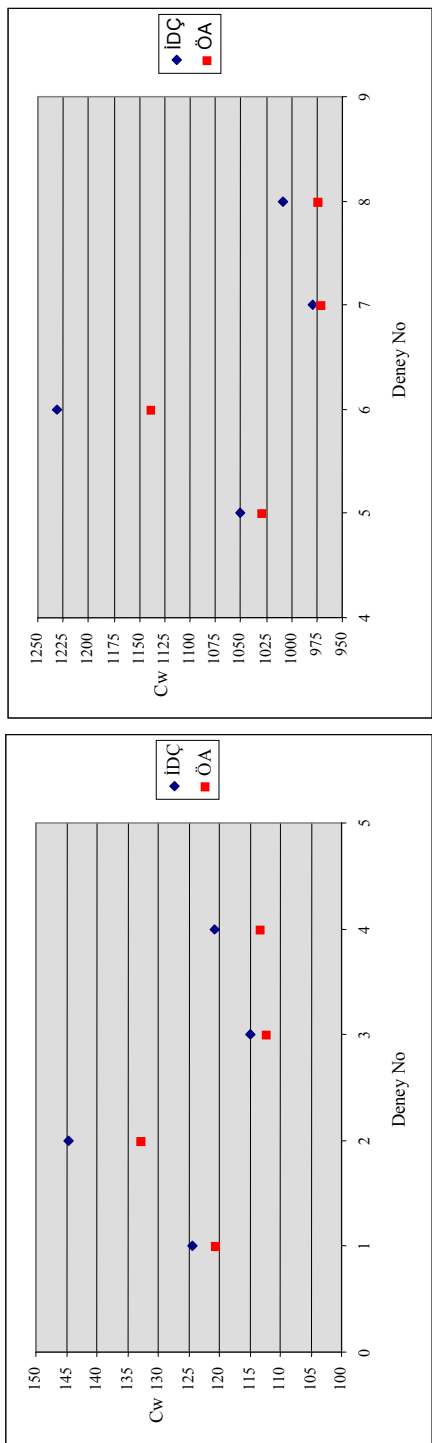
Sistemin etkin çalışabilmesi için meydana gelen çizelge bozulmalarının en kısa sürede düzeltilmesi gerekmektedir. Önerilen algoritma ile ASKS kısa sürede düzeltme yapabilmektedir.

Doktor sayısının azalması durumu için Çizelge 5.30'daki yapıya göre hazırlanan deney tasarımı Çizelge 5.31'de verildiği gibi belirlenmiştir. Sekiz deney doktor sayısının azalması problemi için belirlenen şartlarda gerçekleştirilmiş ve düzeltme yaklaşımı olarak ileriye doğru çizelgeleme ve önerilen algoritma kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bütün deneyler sonucu elde edilen ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma süreleri Çizelge 5.31'de gösterilmektedir.

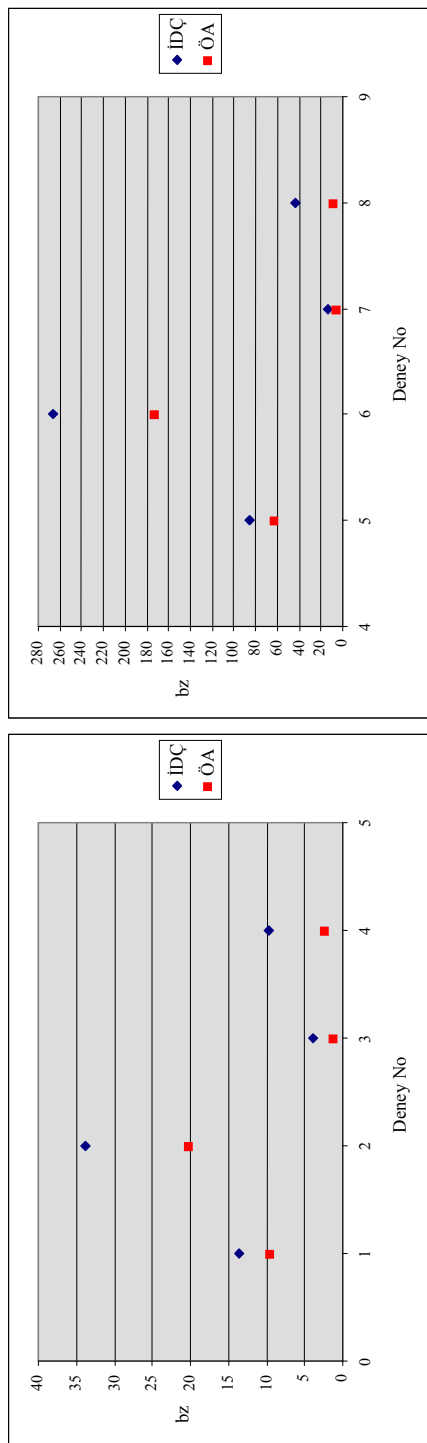
Çizelge 5.31 Doktor sayısının azalması durumu için deney tasarımı ve sonuçlar

doktor sayısının azalması				İleriye doğru çizelgeleme		Önerilen algoritma	
Deney No	Çizelge boyutu (hasta sayısı)	Bozulma zamanı (dakika)	Bozulma boyutu (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)
1	10	4	6	124.40	13.50	120.50	9.60
2	10	4	15	144.65	33.75	132.80	20.10
3	10	23	6	114.80	3.90	112.10	1.20
4	10	23	15	120.65	9.75	113.20	2.25
5	30	31	20	1051.05	86.00	1028.15	63.10
6	30	31	62	1231.65	266.60	1137.35	172.30
7	30	101	20	979.05	14.00	970.45	5.40
8	30	101	62	1008.45	43.40	972.95	7.90

Ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma süreleri açısından doktor sayısının azalması durumu için önerilen algoritmanın ileriye doğru çizelgelemeye göre karşılaştırması Şekil 5.32 ve 5.33'de verilmiştir. Çizelge boyutlarına göre deneylerde ölçek farklılığı olması sebebiyle iki farklı grafik yardımıyla deneylerin sonuçları verilmiştir. Buna göre hasta sayısının fazlalığı ağırlıklı akış süresi toplamını ve başlama zamanları farkı olarak belirtilen ağırlıklı bozulma sürelerini artırmaktadır.



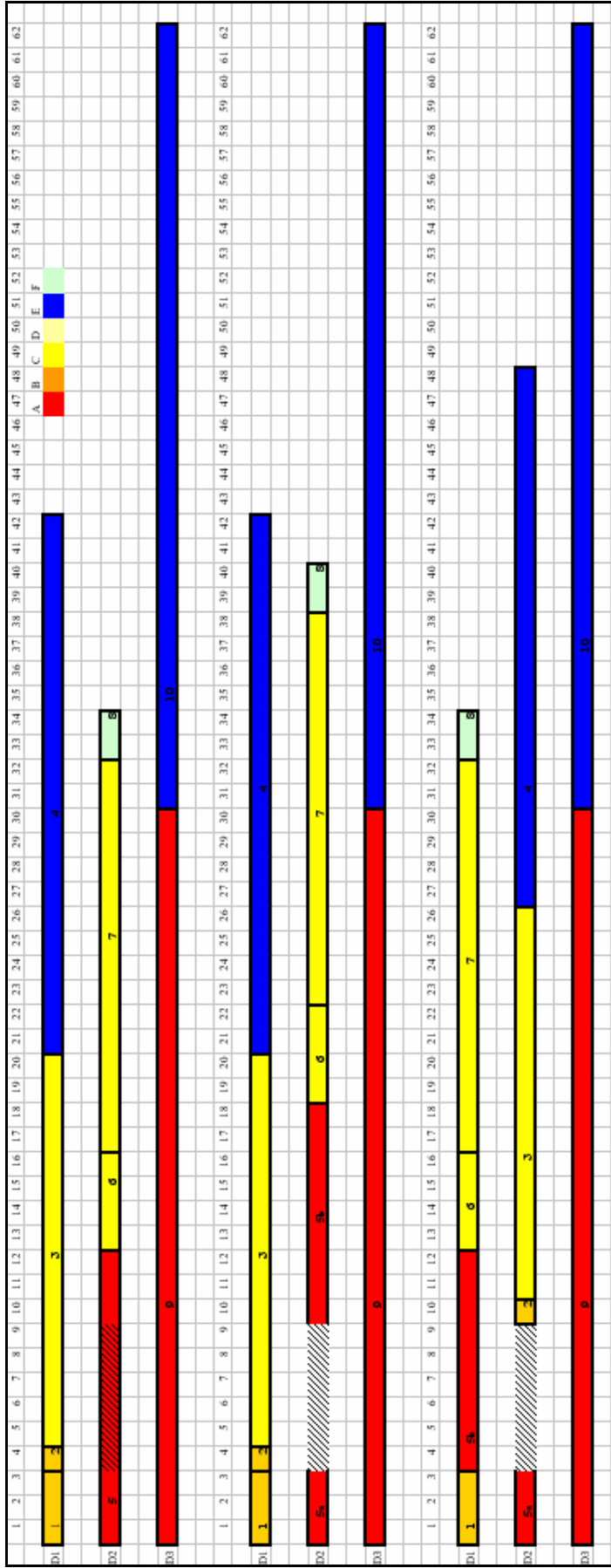
Şekil 5.32 Doktor sayısı azaldığında ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları



Şekil 5.33 Doktor sayısı azaldığında ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları

Şekil 5.32 ve 5.33 incelendiğinde önerilen algoritma ile daha başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bozulma boyutlarının küçük olduğu durumlarda (Deney 1, 3, 5 ve 7) bozulma zamanına bakılmaksızın ağırlıklı akış sürelerinin toplam değeri daha düşüktür. Aynı şekilde ağırlıklı bozulma süreleri de küçüktür. Önerilen algoritma ile ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımı arasında da bu deneylerde fark azalmıştır. Bozulma boyutunun büyük olduğu deneylerde ise fark daha fazladır. Bu durumda bozulma boyutunun etkili bir faktör olduğu söylenebilir. Bozulma boyutunun büyük ve bozulma zamanının erken gerçekleşmesi durumunda (Deney 2 ve 6) önerilen algoritma belirgin şekilde daha iyi sonuçlar vermektedir. Bozulma sonrası hastaların kategori değerleri bu durumu daha da etkileyecektir. Bozulmanın daha geç gerçekleşmesi ve büyük boyutlu olması (Deney 4 ve 8) çok fazla seçenek bırakmamakta ve iki yaklaşımın farkını çok fazla olmasa da azaltmaktadır. Bunun nedeni sonlarda kalan hastaların kategorilerinin daha düşük ve ikinci bölümde yerleri düzeltilecek hasta sayısının daha az olmasıdır. Şekil 5.32 ve 5.33 incelendiğinde iki ölçüt için de benzer sonuçlar çıktığı görülebilmektedir.

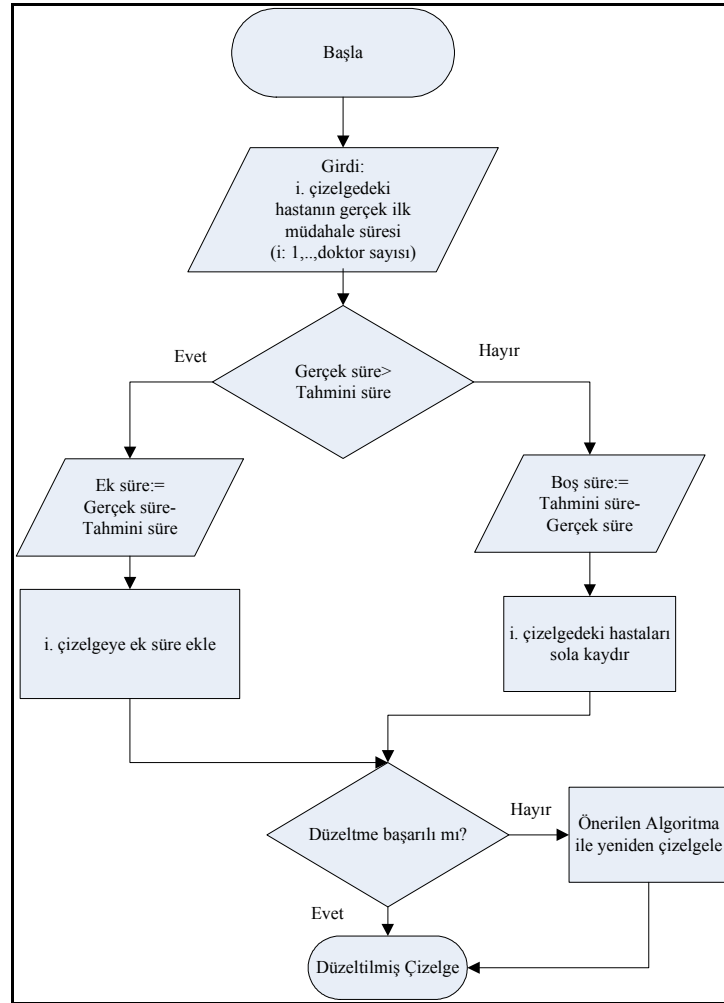
1 numaralı deney için hazırlanan çizelgeler Şekil 5.34'de verilmiştir. İlk çizelgede doktor sayısının azalması durumunun gerçekleştiği zaman aralığı ve hazırlanan ilk çizelge gösterilmektedir. İkinci çizelgede ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımıyla düzeltme yapılırken, üçüncü çizelgede önerilen algoritma kullanılmıştır. Diğer deneyler için oluşturulan çizelgeler ise EK-6'da verilmiştir.



Şekil 5.34 Doktor sayısı azaladığında Deneysel 1 sonucu hazırlanan çizelgeler

5.6.2 Süre değişimi

Hastalar aynı özelliklere de sahip olsa müdahale süreleri değişkenlik gösterebilmekte ve farklı kişilere benzer müdahaleler farklı tepkilerle sonuçlanabilmektedir. Bunun dışında malzeme, hemşire vb. eksiklikler de söz konusu olabilmektedir. Bu durumlarda da gerçek süre tahmini süreden daha kısa ya da uzun olabilmektedir. Düzeltme yaklaşımı Şekil 5.35’de verilmiştir. Bütün deneyler sonucu elde edilen ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma süreleri Çizelge 5.32’de gösterilmektedir.



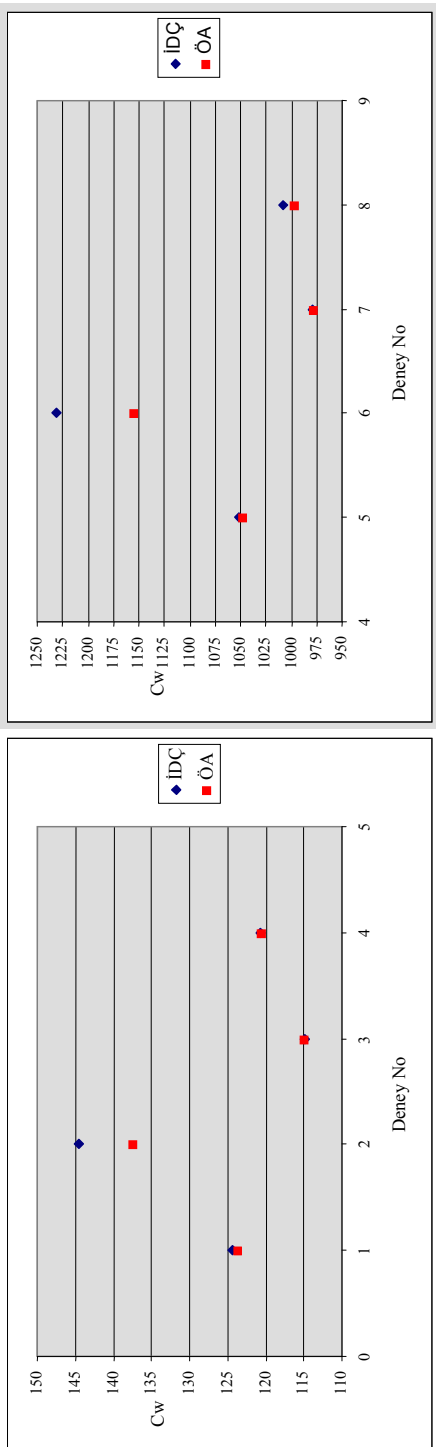
Şekil 5.35 İlk müdahale süresindeki değişkenlik için düzeltme yaklaşımı

Çizelge 5.32 Süre değişimi için deney tasarımı ve sonuçlar

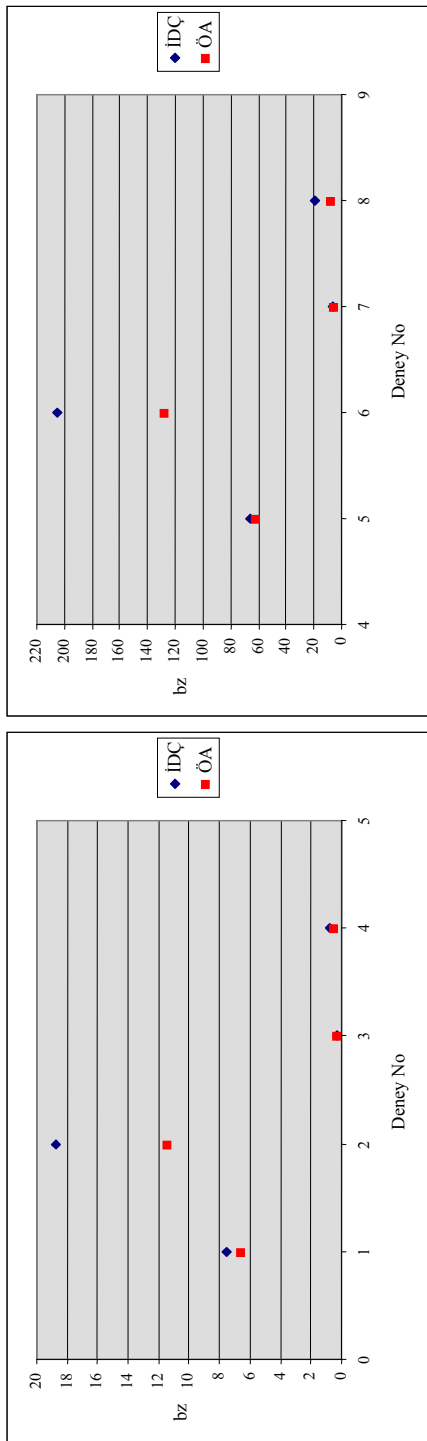
süre değişimi				İleriye doğru çizelgeleme		Önerilen algoritma	
Deney No	Çizelge boyutu (hasta sayısı)	Bozulma zamanı (dakika)	Bozulma boyutu (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)
1	10	4	6	124.40	7.50	123.50	6.60
2	10	4	15	144.65	18.75	137.30	11.40
3	10	23	6	114.80	0.30	114.80	0.30
4	10	23	15	120.65	0.75	120.40	0.50
5	30	31	20	1051.05	66.00	1047.20	62.10
6	30	31	62	1231.65	204.60	1154.70	127.60
7	30	101	20	979.05	6.00	977.85	4.80
8	30	101	62	1008.45	18.60	996.95	7.10

Süre değişkenliği için hazırlanan Çizelge 5.32'deki deney tasarımına göre 8 deney gerçekleştirilmiştir. Bozulma zamanlarına karşılık gelen bir hastanın ilk müdahale süresi, bozulma boyutu kadar uzatılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Süre değişimi gerçekleştiğinde, eğer süre uzamış ise, aynı doktordaki diğer hastaların müdahaleleri çok acilleşmediği sürece mutlaka gecikecektir. Çünkü belirlenen bozulma süresi boyunca ilgili doktor meşgul olacaktır. Bozulma sonrası hastaların kategori değerlerine göre iki yaklaşım arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Şekil 5.36 ve 5.37'de iki yaklaşıma göre süre uzaması düzeltme durumu için sırasıyla ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma süreleri verilmiştir. Çizelge boyutları ölçekleri etkilediği için deneyler iki bölümde değerlendirilmiştir.



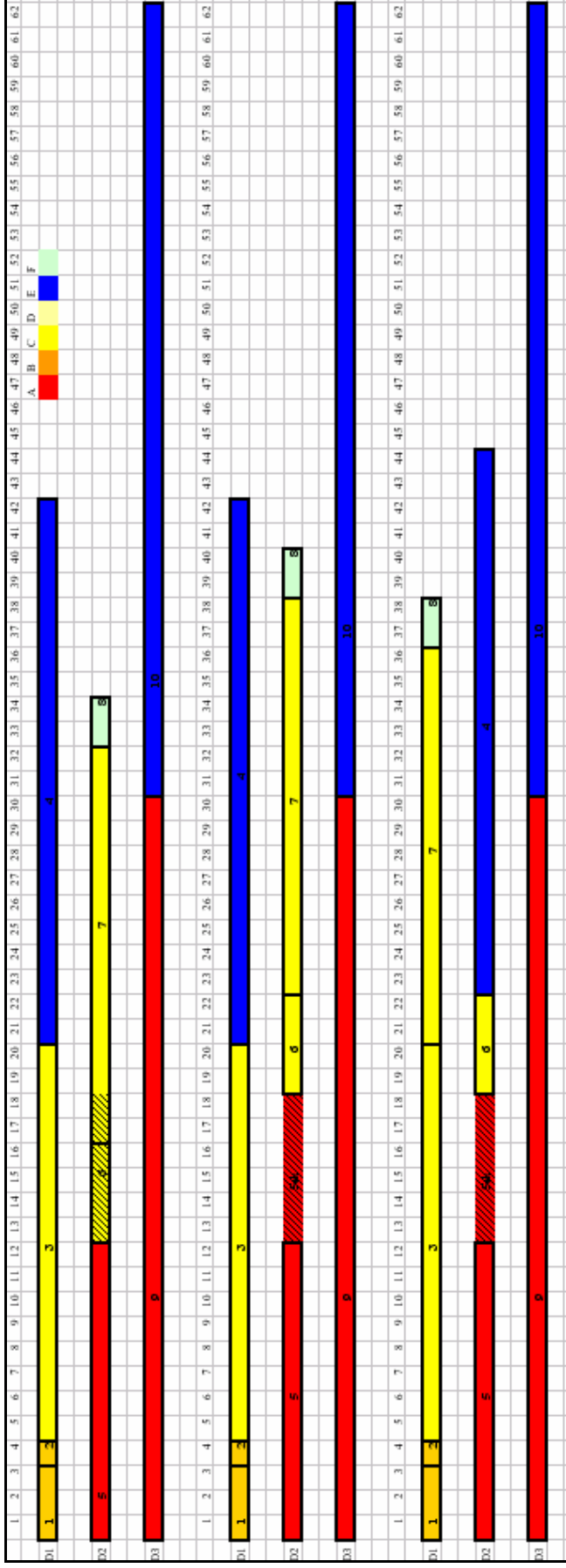
Şekil 5.36 Süre değişikliği için ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları



Şekil 5.37 Süre değişikliği için ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları

Şekil 5.36 ve 5.37 incelendiğinde bozulmanın erken gerçekleştiği ve boyutunun büyük olduğu durumlarda (Deney 2 ve 6) iki yaklaşım arasında belirgin bir fark ortaya çıktığı görülmektedir. Bozulma boyutunun önemli olduğu söylenebilir. Çizelge boyutunun küçük ve bozulma zamanının geç olduğu durumlarda (Deney 3 ve 4) ise yaklaşımlar çok yakın sonuçlar vermektedir. Az hastanın bulunması düzeltmenin daha rahat yapılabilmesini sağlamaktadır. Bozulmanın da geç gerçekleşmesi ile hastanın az olması belirgin farkların ortaya çıkmasını engellemektedir. Ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma sürelerine göre sistemdeki hasta durumlarına göre farklılık seviyesi değişse de önerilen algoritmanın daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ancak sadece bu başarı ölçütleri ile düşünmek yeterli olmayabilmektedir. Burada önemli olan nokta önerilen algoritma koşulları sağlamayı amaçlarken, ileriye doğru çizelgelemede böyle bir zorunluluk bulunmamaktadır. Sadece o anki probleme cevap verebilmek amacıyla hastalara ilk müdahalelerin yapılması ötelenmektedir. Buna göre hasta ve çalışan memnuniyeti açısından da önerilen algoritmanın kullanılması daha sağlıklı sonuçlar doğuracaktır.

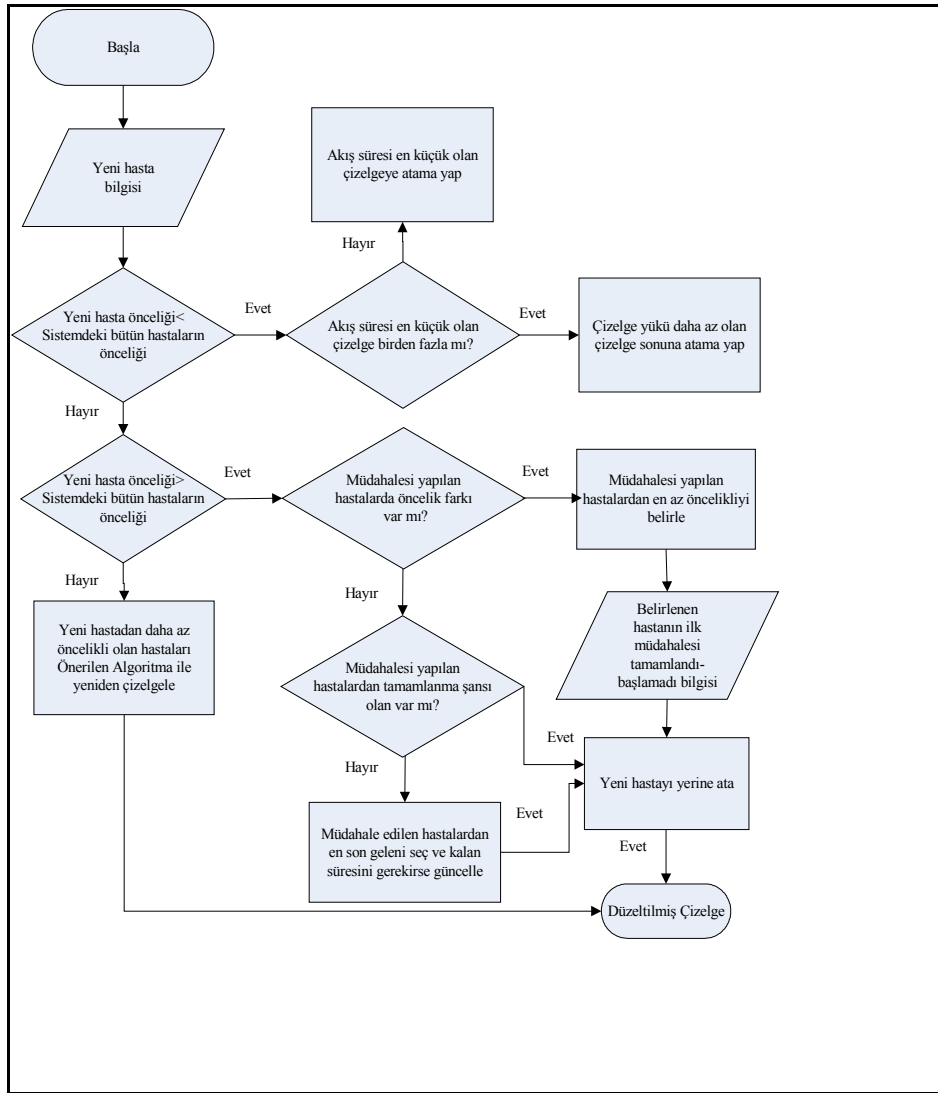
1 numaralı deney için hazırlanan çizelgeler Şekil 5.38’de verilmiştir. İlk çizelgede süre değişiminin gerçekleştiği zaman aralığı ve hazırlanan ilk çizelge gösterilmektedir. İkinci çizelgede ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımıyla düzeltme yapılırken, üçüncü çizelgede önerilen algoritma kullanılmıştır. Diğer deneyler için oluşturulan çizelgeler ise EK-7’de verilmiştir.



Şekil 5.38 Süre değişimi için Deneysel sonuçları hazırlanan çizelgeler

5.6.3 Acil hasta gelişi

Acil hasta gelişi ile sistemdeki diğ er hastalar beklemekte ve müdahaleye başlama zamanları mutlaka ötelenmektedir. Bu durumda ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımıyla önerilen algoritmanın arasında çok fark gözlenmese de, önerilen algoritma ile sistemdeki diğ er hastalar yeniden çizelgelenirken öncelik ve diğ er önemli koşullar hesaba katılmaktadır. Önerilen algoritmaya yönelik düzeltme süreci Şekil 5.39'da gösterilmektedir.



Şekil 5.39 Öncelikli hasta gelişinde düzeltme yaklaşımı

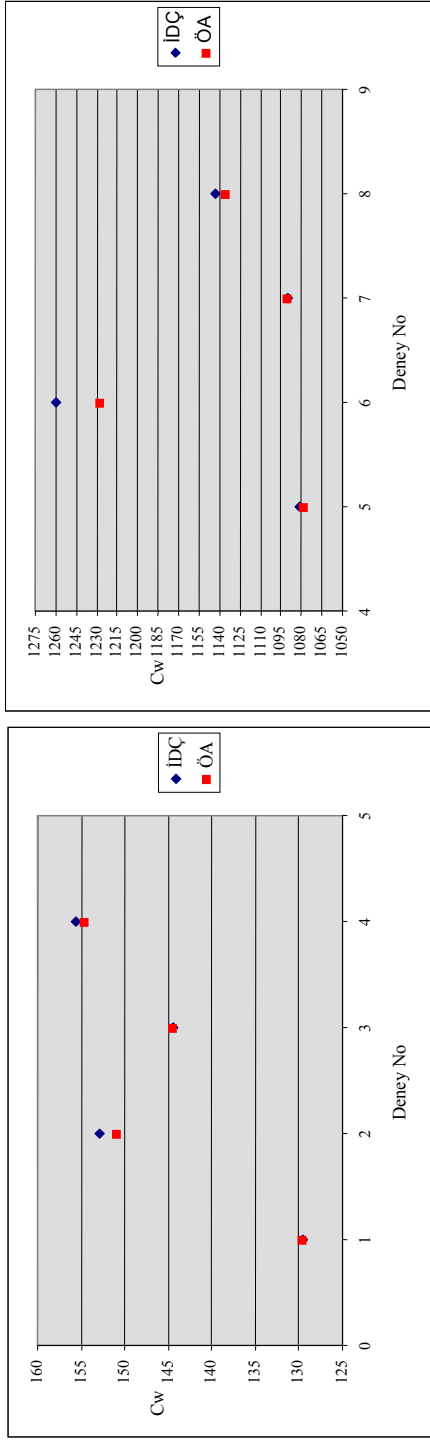
Önerilen algoritma ile ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımları arasındaki farkı yaratacak durum, acil hasta gelişi sırasında sistemdeki diğer hastaların özellikleridir. Sistemdeki hastaların kategorileri daha az öncelikli ise yaklaşımlar yakın sonuçlar verebilecektir. Bazı durumlarda ise ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımı koşulları sağlamayabilmektedir.

Acil hasta geldiğinde ilk müdahalesi başlanan hastaların durumları, acil hastanın hangi hastanın yerine atanacağı konusu nedeniyle önemlidir. Eğer müdahalesi başlanan hastalardan en az öncelikli hasta belirlenebiliyor ise, acil hasta önerilen algoritma yardımıyla o hastanın yerine atanabilecektir. Ancak en az öncelikli hasta birden fazla ise doktor kararları sistemin işleyişinde etkili olacaktır. Doktor ilk müdahalesi tamamlanabilme ihtimali olan hastanın müdahalesini tamamlayabilir ya da hastanın ilk müdahalesi başlamasına rağmen gözle görülür bir müdahale yapılmadığı düşüncesiyle, gerekirse müdahale süresini güncelleyerek, yeniden atanmasına izin verebilir. Önerilen sistem ile acil hastanın geldiği ya da benzeri durumlar için gerek duyulduğunda süre güncellemeleri rahatlıkla yapılabilecektir. Acil hasta gelişi için Çizelge 5.33'deki tasarım oluşturulmuş ve deneyler gerçekleştirilmiştir.

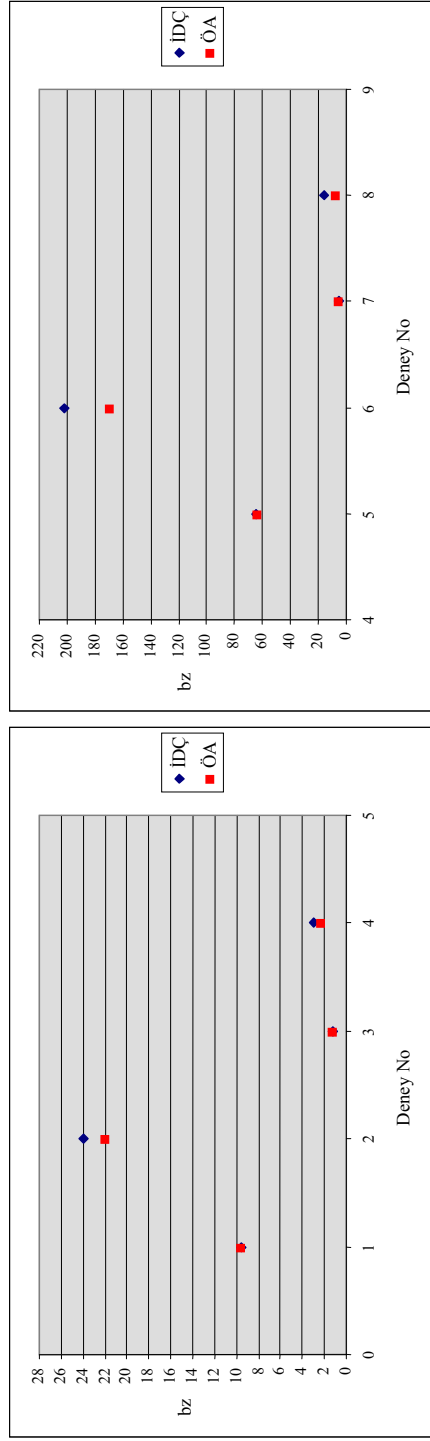
Çizelge 5.33 Acil hasta gelişi için deney tasarımı ve sonuçlar

Deney No	acil hasta			İleriye doğru çizelgeleme		Önerilen algoritma	
	Çizelge boyutu (hasta sayısı)	Bozulma zamanı (dakika)	Bozulma boyutu (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)	ΣCw (dakika)	Δbs (dakika)
1	10	4	6	129.50	9.60	129.50	9.60
2	10	4	15	152.90	24.00	150.80	21.90
3	10	23	6	144.50	1.20	144.50	1.20
4	10	23	15	155.55	3.00	154.55	2.25
5	30	31	20	1081.05	65.00	1078.35	63.50
6	30	31	62	1259.55	201.50	1227.35	169.30
7	30	101	20	1090.05	5.00	1090.45	5.40
8	30	101	62	1142.55	15.50	1134.95	7.90

Şekil 5.40 ve 5.41'de ise iki yaklaşıma göre acil hasta gelişi düzeltme durumu için sırasıyla ağırlıklı akış süreleri toplamı ve ağırlıklı bozulma süreleri verilmiştir.



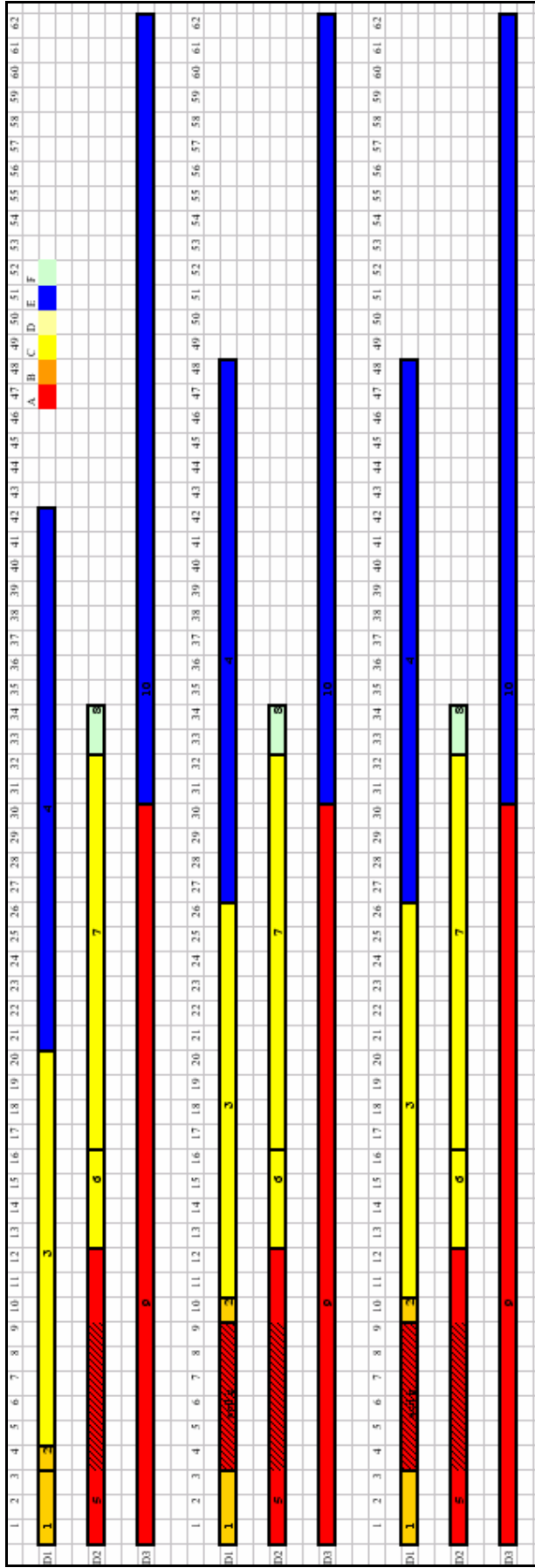
Şekil 5.40 Acil hasta gelişti için ağırlıklı akış süreleri toplamı deney sonuçları



Şekil 5.41 Acil hasta gelişti için ağırlıklı bozulma süresi deney sonuçları

Şekil 5.40 ve 5.41’de verilen deney sonuçlarına bakıldığında önerilen algoritmanın erken ve büyük boyutlu bozulmanın olduğu durumlarda (Deney 2 ve 6) daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Diğer deneylerde de yakın sonuçlar elde edilmiştir. 7 numaralı deneyde ise 0.4 dakikalık bir farkla ileriye doğru çizelgeleme daha iyi olarak gözükse de F kategorili hastanın E kategorili hastadan önce yer almasına izin verdiği için olurlu bir çözüm değildir. Diğer deneylerde de koşulların sağlanma durumu ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımı için öteleme yaptığı hastaların kategorilerine göre değiştiği için şansa bağlı olmaktadır. Bu durumda önerilen algoritmanın daha sağlıklı çözümler önerdiği söylenebilir.

1 numaralı deney için hazırlanan çizelgeler Şekil 5.42’de verilmiştir. İlk çizelgede acil işin geldiği ve müdahalesinin sürdüğü zaman aralığı ve hazırlanan ilk çizelge gösterilmektedir. İkinci çizelgede ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımıyla düzeltme yapılırken, üçüncü çizelgede önerilen algoritma kullanılmıştır. Diğer deneyler için oluşturulan çizelgeler ise EK-8’de verilmiştir.



Şekil 5.42 Acil hasta gelişti için Deneş 1 sonucu hazırlanan çizelgeler

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile özellikle tepki süresinin oldukça kısa olması gereken ve süreç içerisinde karar verilip uygulamaya geçilen hizmet sistemlerinin çalışma süreci sistematik bir yapıya dönüştürülmek istenmiştir. Hizmet sistemlerinde genellikle belirli bir düzen içerisinde çalışma sürdürülmekte ancak, karşılaşılan problemlerle o anı kurtaracak şekilde çaba gösterilmektedir. Hizmet sistemlerinde belirli bir standartta çalışmak zor olsa da, belirli bir standarda yaklaşmanın da önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle hizmet sistemlerine yönelik bir tepkisel çizelgeleme sistemi önerisi geliştirilmiş ve önerilen sistemin denemeleri gerçek bir ortamda yapılmıştır. Uygulama alanı olarak hastane acil servisi ele alınmış ve çözümlenmeler yapılarak, Acil Servis Kontrol Sistemi (ASKS) olarak isimlendirilen bir tepkisel çizelgeleme sistemi tasarlanmıştır.

Acil servis ve diğer pek çok hizmet sistemi için en önemli problem kaynağı, gelen hasta ile ilgili belirsizliklerdir. Gelen hastanın şikayet belirsizliği dışında, işlem sürelerinin ve türlerinin belirsizliği problemin yapısını daha da karmaşıktır. Acil servisin çalışma ilkelerinden yola çıkarak sistem çözümlenmiştir. Birimin ilk hedefi hastaların hayati tehlikesini ortadan kaldırıp, tanısını belirlemek ve olabildiğince hızlı bir şekilde sistemden çıkmalarını sağlamaktır. Belirsizliklerin yanı sıra sistemdeki değişkenlikler de hizmet sistemlerinin diğer bir sorun kaynağıdır. Bu nedenle belirsizlik ve değişkenliklerle mücadele edebilmek amacıyla karar verici etkileşimli çalışan bir bilgi tabanlı sistemin, bu gibi ortamlar için en uygun araç olduğu düşünülmüştür.

İlk aşamada acil serviste ilk müdahale süresini etkileyen faktörler uzman doktor görüşüyle ve toplanan veriler ışığında belirlenmiştir. Buna göre kategori, yaş, genel durum ve dönem faktörleri ilk müdahale süresi için etkili olarak kabul edilmiştir. ANFIS ile süre tahmininde kullanılmak üzere bu faktörlerin düzeyleri deney tasarımı ile korelasyon, standart sapma ve kural sayısı değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir. ANFIS ile elde edilen üyelik fonksiyonları, denklemler ve kurallar Visual Basic'de kodlanmıştır. Böylece hastalar için etkili olduğu düşünülen dört faktör veritabanına

girildiğinde ilgili hasta için ilk müdahale süresi türetilmektedir. Bu süreye bağlı olarak ilgili hastanın getireceği yük de hesaplanmakta ve hasta bilgi sayfasına eklenmektedir. Bu durumda çizelgeleme aşaması için gerekli girdiler belirlenmiş olacaktır. Hastaların bilgileri veritabanına girildikçe doktorlara atamalar yapılmaktadır. Bu atamalar yapılırken hastaların önceliği, geliş sırası, işlem süreleri ve doktorların yükleri dikkate alınmaktadır. İlk amaç öncelikli hastanın müdahalesinin olabildiğince hızlı bir şekilde başlamasının sağlanmasıdır. Bu nedenle doktor yükleri dengelenmeye çalışılarak, öncelikle dikkat edilen durum sıradaki hastanın ilk boş kalacak doktora atanması gerekliliğidir.

Önerilen yaklaşımla sistemin daha düzgün çalışacağı ve memnuniyetin artacağı düşünülmektedir. Acil serviste var olan ile önerilen durum, dönemler arasında fark olabileceği düşüncesiyle, bu zaman dilimlerinde hafta içi ve hafta sonu olarak, her iki vardiyada alınan verilerle değerlendirilmiştir. Doktorlara atanan hasta sayıları, toplam ilk müdahale süreleri ve yükler açısından karşılaştırıldığında önerilen yaklaşımla daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Çalışmada üzerinde önemle durulan diğer bir konu da tepkisellik sürecidir. Yeni hastaların sisteme girmesiyle çizelgelerin güncellenme gereksinimleri dışında, birimde gerçekleşen bazı beklenmedik olaylar sonucunda da çizelgelerin düzeltilmeleri gerekebilmektedir. Acil servis için özel durumlar; doktorun belirlenen zaman diliminde sistemde olamaması, acil hastaların sisteme girişi ve kestirilen sürenin beklenenden kısa ya da uzun sürmesi olarak düşünülmüş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir. Tasarlanan bilgi tabanlı sistem ile atama yapılması istenilen doktorlar seçilebilmekte, acil hasta geldiğinde ve sisteme bilgileri girildiğinde önerilen algoritma doğrultusunda hasta öncelikli yerini alabilmekte ve eğer süreler beklenenden farklı ise görevli, hasta bilgi sayfalarında süreler üzerinde değişiklik yapabilmektedir. Bu işlemler ile çizelgeler güncellenebilmekte ve böylece sağlam çizelgelerle çalışılacağı düşünülmektedir. Önerilen yaklaşımla doktor sayısının azalması, müdahale süresinin tahmin edilen değerden uzun sürmesi ve acil hasta gelmesi durumları için denemeler yapılmış ve sonuçlar mevcut durum olarak varsayılan ileriye doğru çizelgeleme yaklaşımına göre

değerlendirilmiştir. Ağırlıklı akış süreleri ve ağırlıklı bozulma sürelerine göre önerilen yaklaşımın daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

ASKS ile özellikle acil hastalar olmak üzere hiçbir hasta için vakit kaybı yaşanmaması planlanmaktadır. İnsan faktörü sürece dahil olduğu için en azından dikkatsizlik ya da iletişim kopukluğu gibi benzeri nedenlerle vakit kaybı yaşamak mümkün olabilecektir. Bu gibi problemlerin önüne geçebilmek için hastaların veritabanına girilen bilgileri doğrultusunda ilk müdahaleye başlama zamanları belirlenebilmekte ve bu bilgileri doktorlar görebilmektedir. Hastaların durumları, yerleri ve sıraları sistemle takip edilebilmekte ve doktor/hemşire etkileşimli çalışmaya izin verildiği için de istenildiğinde güncellemeler yapılabilmektedir. Bu noktadan sonra ise ilgili bilgiler hasta ile hasta yakınlarına gösterilebilecektir. Böylece müdahaleye başlama bilgilerine göre hastaların isterlerse farklı hastanelere yönelebileceği ve doktorların gerekli olduğunda hasta yakınlarını bilgilendirmelerinin dışında, doktorlarla gereksiz bilgi alışverişlerinin önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Acil servis dışında diğer pek çok hizmet biriminde de benzer şekilde sürecin işleyebileceği düşünülmektedir. Özellikle araç bakım servisi, restoranlar (hızlı yemek) gibi bazı hizmet sistemleri için belirli işlerin süreleri standartlaşmış olabilmektedir. Bu gibi durumlarda süreç daha kolay işleyebilir. Ancak süre belirsizlikleri söz konusu ise işlem süresi için etkili olduğu düşünülen faktörler ve düzeyleri belirlemek gerekecektir. Bu faktörler kullanılarak süre tahminlemesi yapılacaktır. Diğer hizmet sistemleri için de yük kavramı önemli bir konu olmakla birlikte farklılık gösterebilir. Doktorlar için yük, kategori ile sürenin çarpımı olarak ele alınırken, farklı bir hizmet sistemi için sadece süre ya da sadece kategori olarak düşünülebilir. Kategoriler de yine farklı ortamlar için farklı oranlarla tanımlanabilirler. Bu durumlar sadece Visual Basic’de yazılmış olan kodlardaki ufak değişikliklerle kolaylıkla sağlanabilecektir.

ASKS’nin acil serviste belirli bir süre çalışması sonrasında, bilgi tabanında hangi tür hastaların, hangi sürelerde bakıldığı, hangi tetkiklerin ve konsültasyonlarının yapıldığı bilgileri tutulabilir. Bu bilgiler ışığında daha fazla veri ile süre tahminleri güncellenebilecek ve belki de bundan sonrası için hasta bakım süreleri için standart ya

da standartta yakın değerler tanımlanabilecektir. Bu süreç başta hastane ortamları olmak üzere, farklı hizmet sistemleri için de geliştirilerek gerçekleştirildiğinde başarılı sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir. Bu sistemin kurulmasıyla doktor başarılarının da değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Elde edilen dönemsel çalışma raporlarıyla hangi doktorların ne kadar çalıştığı hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

Bu sistemle her doktor yük açısından dengelenmeye çalışıldığı için motivasyon kaybı problemi olabildiğince azalmış olacaktır. Aynı doktorların sürekli aynı yükteki hastalara bakması engellenmeye çalışılmaktadır. Örneğin, A kategorisi ile gelen bir hasta en öncelikli hasta olup, süresiyle de bağlantılı olarak yük değeri fazla olabileceği için, ikinci A kategorili hasta koşullar da uygun ise aynı doktora atanmayacaktır. Böylece bir eğitim, uygulama ve araştırma hastanesi olan sistemde, doktorların farklı hastalık türleri ile ilgilenmeleri de sağlanmaktadır.

Vardiya temelinde doktor yükleri için kapasite tanımlaması yapılabilir ve bu değere ulaşılacak vardiyalar için doktor sayısı artırılabilir. Bunun dışında birikimli oluşan yük farklılıklarını dengelemek amacıyla, hafta veya ay temelinde toplam yükler incelenerek, ilgili doktorların sonraki günlerde daha az ya da daha çok çalışmalarını sağlanabilir. Doktorlar arasındaki yük farklılıkları için de kabul edilebilir değerlerin tanımlanması gerekecektir.

Doktor atamalarında belirtilen ölçütlerin dışında yeni durumların da dikkate alınabileceği düşünülmektedir. Örneğin akış süresi ve yük ölçütlerine uzmanlık, kıdem vb. ölçütler de eklenebilir. Bilgi tabanında tutulan doktorların belirli bir dönem müdahale ettikleri hastalık türü vb. bilgilerine göre bu tür çıkarımlar yapılabilir. Bu durumda diğer ölçütlere göre eşitlik sağlanmışsa, hangi doktorun ilgili hastalık konusunda daha fazla hastaya müdahale ettiğine bakılarak atama yapılabilir.

ANFIS'e doktorlar ve uzmanlaşma ölçütleri eklenerek süre tahminlemesi yeniden gerçekleştirilebilir. Bu durumda doktorlara ve uzmanlaşma ölçütüne göre işlem sürelerinde farklılaşmalar gözlenebilir. Bu sonuçlara göre öncelikli hastalar daha kısa

işlem süreli ve daha uzman doktorlara yönelebilir. Diğer hizmet birimlerinde de benzer durumların görülebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada ortalama doktor sayısı üzerinden denemeler yapılmıştır. Doktor sayılarındaki değişikliklere bağlı olarak sonuçların etkilerinin değişebileceği düşüncesiyle denemelerin arttırılması planlanmaktadır. Aynı zamanda bu çalışma kapsamında, doktorların yeteneklerinin aynı olduğu ve her türlü hasta ile ilgilenebildiği varsayımı altında problem çözümlenmeye çalışılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda bu yeteneklerin kıdem yılı ya da rotasyonel doktor gibi faktörlere bağlı olarak ele alınması düşünülebilir. İşlem süreleri de bu gibi durumlara göre farklılık gösterebileceği düşünülerek incelemeler derinleştirilmelidir.

Farklı hizmet sistemlerinde müşteri gelişleri değişeceği için ilgili alana yönelik incelemeler doğrultusunda uygun dağılımlarla müşteri geliş zamanları belirlenerek, farklı hizmet birimleri için de benzetim çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmada belirli bir hastane acil servisinden alınan verilerle denemeler gerçekleştirilmiştir. Farklı hastane acil servislerinden alınan verilerle de yeni denemeler gerçekleştirilerek, sonuçlar değerlendirilmelidir.

Sadece hizmet sistemleri için genelleme yapılmaya çalışılsa da, üretim sektöründe de bu yaklaşım uygulanmalıdır. Üretim sektörü için makineleri dengelemek bir amaç olmasa da, sırasıyla öncelikli işleri, önce verilmiş siparişleri ve işlem sürelerini dikkate alan bir yaklaşımla bilgi tabanlı bir sistem geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abumaizar, R.J. and Svestka, J.A., 1997, Rescheduling job shops under random disruptions, *Int. J. Prod. Res.*, 35, 7, 2065-2082.
- Aggarwal, S.C., 1982, A focussed review of scheduling in services, *European Journal of Operational Research*, 9,2, 114-121.
- Aigner, C., Dorn, J. and Girsch, M., 2000, Cooperation Between A Simulation Environment and a Reactive Scheduling System, *Proceedings of the Eight International Conference on Manufacturing Engineering, ICME 2000*, 318-322, Sydney, Australia.
- Aktürk, M.S. and Görgülü, E., 1999, Match-up scheduling under a machine breakdown, *European Journal of Operational Research*, Volume 112, Issue 1, 81-97.
- Alagöz, O. and Azizoğlu, M., 2003, Rescheduling of identical parallel machines under machine eligibility constraints, *European Journal of Operational Research*, 149, 523-532.
- Aloulou, M., 2002, On the Reactive Scheduling Design Using Flexible Predictive Schedules, *Systems, Man and Cybernetics*, 2002, IEEE International Conference on 6-9 October, 2002.
- Andrews, B. and Parsons, H., 1993, Establishing Telephone-Agent Staffing levels through economic optimization, *Interfaces*, 23, 2, 14.
- Anne Collinot, Claude le Pape and Gerard Pinoteau, SONIA: a knowledge-based scheduling system, *Artificial Intelligence in Engineering*, 1988, 3, 2, 86-94.
- Archimede, B. and Coudert, T., 2001, Reactive scheduling using a multi-agent model: the SCEP framework, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Volume 14, Issue 5, 667-683.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Aytuğ, H., Lawley, M.A., McKay, K., Mohan, S. And Uzsoy, R., 2005, Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions, *European Journal of Operational Research*, 161, 86–110.
- Azaiez, M.N. and Al Sharif, S.S., 2005, A 0-1 goal programming model for nurse scheduling, *Computers & Operations Research*, 32, 3, 491-507.
- Azizoğlu, M. and Alagöz, O., 2005, Parallel-machine rescheduling with machine disruptions, *IIE Transactions*, 37, 1113–1118.
- Babiceanu, R.F., Chen, F.F. and Sturges, R.H., 2005, Real-time holonic scheduling of material handling operations in a dynamic manufacturing environment, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 21, Issues 4-5, 328-337.
- Baker, K. R. and Bertrand, J. W. M., 1982, A Dynamic Priority Rule for Scheduling Against Due-Dates, *Journal of Operations Management*, 3, 1, 37-42.
- Baker, K.R. and Kanet, J.J., 1983, Job shop scheduling with modified due dates, *Journal of Operations Management*, 4, 1, 11-22.
- Bard, J.F. and Purnomo, H.W., 2005, Hospital-wide reactive scheduling of nurses with preference considerations, *IIE Transactions*, 37, 7, 589-608.
- Baykal, N. ve Beyan, T., 2004, *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 413s.
- Beaulieu, H., Ferland, J.A., Gendron, B. and Michelon, P., 2000, A mathematical programming approach for scheduling physicians in the emergency room, *Health Care Management Science*, 3, 193-200.
- Berrada, I. and Ferland, J.A., 1996, A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints, *Socio-Economic Planning Sciences*, 30, 3, 183-193.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bharadwaj, A., Vinze, A.S. and Sen, A., 1994, Blackboard architecture for reactive scheduling, *Expert Systems with Applications*, 7, 1, 55-65.
- Blöchliger I., 2004, Modeling staff scheduling problems: A tutorial, *European Journal of Operational Research*, 158, 533–542.
- Bollapragada, R. and Sadeh, N.M., 2004, An empirical study of policies to integrate reactive scheduling and control in just-in-time job shop environments, *International Journal of Production Research*, Volume 42, Number 4, 693-718.
- Burke, P. and Prosser, P., 1991, A distributed asynchronous system for predictive and reactive scheduling, *Artificial Intelligence in Engineering*, Volume 6, Issue 3, 106-124.
- Carter, M.W. and Lapierre, S.D., 2001, Scheduling Emergency Room Physicians, *Health Care Management Science* 4, 347–360.
- Cheang, B., Li H., Lim A. and Rodrigues, B., 2003, Nurse rostering problems—a bibliographic survey, *European Journal of Operational Research*, 151.447–460.
- Chien, C.F., Tseng, F.P. and Chen, C.H., 2008, An evolutionary approach to rehabilitation patient scheduling: A case study, *European Journal of Operational Research*, 3, 1234-1253.
- Chu C.K., 2007, Generating, scheduling and rostering of shift crew-duties: Applications at the Hong Kong International Airport, 177, 1764–1778.
- Chun, H.W., 1995, Solving check-in counter constraints with ILOG solver, Proc. 1st ILOG Solver, and ILOG Schedule Int. Users meeting, Abbaye des Vaux de Cernay, France.
- Cowling, P., Ouelhadj, D. and Petrovic, S., 2001, Multi-Agent Systems for Dynamic Scheduling, Young OR Conference, 27-29 March 2001, University of Nottingham, England.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Curry, J. and Peters, B., 2005, Rescheduling parallel machines with stepwise increasing tardiness and machine assignment stability objectives, *International Journal of Production Research*, 43, 15, 3231-3246.
- Collinot, A., Le Pape, C. and Pinoteau, G., 1988, SONIA: A knowledge-based scheduling system, *Artificial Intelligent in Engineering*, 3, 2, 86-94.
- Dereli, T., 2000, Toplam kalite yönetiminin ışığı altında yapay zekanın endüstriyel problemlerinin çözümünde kullanımı, Gaziantep Üniversitesi, Müh. Fak., Seminer notları.
- Dorn, J., 2004, Evaluating Reactive Scheduling Systems, *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT 04)*, 458-461.
- Dorn, J., Kerr, R. and Thalhammer, G., 1995, Reactive scheduling: improving the robustness of schedules and restricting the effects of shop floor disturbances by fuzzy reasoning, *Int. Journal of Human-Computer Studies*, 42, 6, 687-704.
- Dorndorf, U., Jaehn, F., Lin, C., Ma, H. and Pesch, E., 2007, Disruption management in flight gate scheduling, *Statistica Neerlandica*, 61, 1, 92-114.
- Drabble, B., 2000, Task Decomposition Support to Reactive Scheduling, *Recent Advances in AI Planning Lecture Notes in Artificial Intelligence 1809*: 200-212.
- Du, T.C. and Chiou, R.J., 2000, Applying version management of object-oriented database technology in reactive scheduling, *International Journal of Production Research*, Volume 38, Number 5, 1183-1200.
- Duenas, A. and Petrovic, D., 2007, An approach to predictive-reactive scheduling of paralel machines subject to disruptions, *Ann Oper Res, Special Volume on Multidisciplinary scheduling, Theory and Applications*, Kendall, G., Lei, L. and Pinedo, M. (Eds.).
- Elmas, Ç., 2003, *Bulanık Mantık Denetleyiciler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 230s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Engin, O. ve Fırlalı, A., 2002, Genetik algoritmalarla akış tipi çizelgelemede üreme yöntemi optimizasyonu, Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi, 1, 1, 129-152.
- Eren, T. ve Güner, E., 2002, Tek ve Paralel Makinalı Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatür Taraması, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Dergisi, 17, 4, 37-69.
- Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M. and Sier, D., 2004, Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models, European Journal of Operational Research 153, 3-27.
- Fitzsimmons, J. and Fitzsimmons, M.J., 2004, Service Management Operations, Strategy, and Information Technology, Fourth Edition, McGraw-Hill, 587p.
- French, S., 1982, Sequencing and Scheduling: An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop, John Wiley&Sons, Department of Decision Theory, University of Manchester, 245p.
- Gendreau, M., Ferland, J., Gendron, B., Hail, N., Jaumard, B., Lapierre, S., Pesant, G. and Soriano, P., 2006, Physician Scheduling in Emergency Rooms, PATAT, Burke, E.K. and Rudová, H. (Eds.), 2-14.
- Gupta, J.N.D. and Krajewskis, L.J., 1977, Operations Research in Postal Services-A Survey, Computer&Opr.Res., 4, 235-246.
- Gün, A., 2007, Yetersiz Uyarımlı Bir Elektromekanik Sistem Gerçeklenmesi ve Denetimi, Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayımlanmamış), 105s.
- Hasebe, S., Hashimoto, I. and Ishikawa, A., 1991, General reordering algorithm for scheduling of batch process, Journal of Chemical Engineering of Japan, 24, 4, 483-489.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hauptman, B. and Jovan, V., 2004, An approach to process production reactive scheduling, *ISA T 43 (2)*: 305-318.
- Heever, S.A. and Grossmann, I.E., 2003, A strategy for the integration of production planning and reactive scheduling in the optimization of a hydrogen supply network, *Computers & Chemical Engineering*, Volume 27, Issue 12, 1813-1839.
- Henning, G.P. and Cerdá, J., 2000, Knowledge-based predictive and reactive scheduling in industrial environments, *Computers and Chemical Engineering*, 24, 2315-2338.
- Herroelen, W. and Leus, R., 2004, Robust and reactive Project scheduling: a review and classification of procedures, *International Journal of Production Research*, 42, 8, 1599-1620.
- Herroelen, W. and Leus, R., 2005, Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials, *European Journal of Operational Research*, Volume 165, Issue 2, 289-306.
- Huercio, A., España, A. and Puigjaner, L., 1995, Incorporating on-line scheduling strategies in integrated batch production control, *Computers & Chemical Engineering*, 19, 1, 609-614.
- Hollis, B.L., Forbes, M.A. and Douglas, B.E., 2006, Vehicle routing and crew scheduling for metropolitan mail distribution at Australia Post, *European Journal of Operational Research*, 173, 1, 133-150.
- Isaai, M.T. and Cassaigne, N.P., 2001, Predictive and reactive approaches to the train-scheduling problem: A knowledge management perspective, *IEEE T Syst Man Cy C 31 (4)*: 476-484.
- Jain, A.S. and Meran, S., 1998, A stat-of-the-art review of job-shop scheduling techniques, Technical Report, Department of Applied Physics, Electronics and Mechanical Engineering, University of Dundee, Scotland.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jain, K. and Elmaraghy, H.A., 1997, Production scheduling/rescheduling in flexible manufacturing, *International Journal of Production Research*, 35, 1, 281-309.
- Jang, J.-S. R., 1993, ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 23, 665-685.
- Jang, J.-S. R., 1994, Structure Determination in Fuzzy Modeling: A Fuzzy CART Approach, in *Proc. of IEEE international conference on fuzzy systems*, Orlando, Florida.
- Jang J.S.R. and Sun, C.T., 1995, Neuro-Fuzzy Modeling and Control, *The Proceedings of the IEEE*, 83, 378-406.
- Jebali, A., Alouane, A.B.H. and Ladet, P., 2006, Operating rooms scheduling, *Int.J.Production Economics*, 99, 52-62.
- Kesioğlu, P., Bilgiç, N., Pıçakçıefe, M. ve Uçku, R., 2003, İzmir Çamdibi-1 Nolu Sağlık Ocağı Bölgesi Yaşlılarda Yetersizlik ve Kronik Hastalık Prevalansı, *Geriatrici*, 6, 1, 27-30.
- Kim, S.C. and Horowitz, I., 2002, Scheduling hospital services:the efficacy of elective-surgery quotas, *Omega*, 30, 335-346.
- Klaus, F., 1994, Knowledge-based Reactive Scheduling in Flexible Manufacturing System, *Proceedings of the IFIP TC5/WG5.7 International Workshop on Knowledge-based reactive Scheduling*, 1-18, Athens, Greek.
- Kostreva, M.M. and Jennings, K.S.B., 1991, Nurse scheduling on a microcomputer, *Computer Oper.Res.*, 18, 731-739.
- Kouiss, K., Pierreval, H. and Mebarki, N., 1997, Using Multi-Agent Architecture in FMS for Dynamic Scheduling, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8, 41-47.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kutanoğlu, E. and Sabuncuoğlu, İ., 1999, An analysis of heuristics in a dynamic job shop with weighted tardiness objectives, *International Journal of Production Research*, 37, 165-187.
- Kutanoğlu, E. and Sabuncuoğlu, İ., 2001, Routing-based reactive scheduling policies for machine failures in dynamic job shops, *International Journal of Production Research*, Volume 39, Number 14, 3141-3158.
- Lawrence, S.R. and Sewell, E.C., 1997, Heuristic, optimal, static, and dynamic schedules when processing times are uncertain, *Journal of Operations Management*, 15, 71-82.
- Lee, L.H., Lee, C.U. and Tan Y.P., 2007, A multi-objective genetic algorithm for robust flight scheduling using simulation, *European Journal of Operational Research*, 177, 1948-1968.
- Lejmi, T. and Sabuncuoğlu, İ., 2002, Effect of load and processing time variation on the effectiveness of scheduling rules, *International Journal of Production Research*, 40, 945-974.
- Leon, V.J., Wu, S.D. and Storer, R.H., 1994, A Game-Theoretic Control Approach for Job Shops in the Presence of Disruptions, *Int. J. Prod. Res.*, 32, 6, 1451-1476.
- Liu, N., Abdelrahman, M.A. and Ramaswamy, S., 2004, A Multi-Agent Model for Reactive Job Shop Scheduling, *Proceedings of the Annual Southeastern Symposium on System Theory*, 36, 241-245.
- Macerio, A. and Dexter, F., 2000, Effect of Compensation and Patient Scheduling on OR Labor Costs, *AORN Journal*, 71, 4, 860-868.
- Medard, C.P. and Sawhney, N., 2007, Airline crew scheduling from planning to operations, *European Journal of Operational Research*, 183, 1013-1027.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mehta, S.V. and Uzsoy, R.M., 1998, Predictable scheduling of a job shop subject to breakdowns, *Robotics and Automation, IEEE Transactions on* Volume 14, Issue 3, 365-378.
- Méndez, C.A. and Cerdá, J., 2003, Dynamic scheduling in multiproduct batch plants, *Computers & Chemical Engineering*, Volume 27, Issues 8-9, 1247-1259.
- Méndez, C.A. and Cerdá, J., 2004, An MILP framework for batch reactive scheduling with limited discrete resources, *Computers & Chemical Engineering*, Volume 28, Issues 6-7, 1059-1068.
- Mignon, D.J., Honkomp, S.J. and Reklaitis, G.V., 1995, A framework for investigating schedule robustness under uncertainty, *Computers & Chemical Engineering*, Volume 19, Supplement 1, 615-620.
- Miyashita, K. and Sycara, K., 1995, CABINS: a framework of knowledge acquisition and iterative revision for Schedule improvement and reactive repair, *Artificial Intelligent*, 76, 1-2, 377-426.
- Murdick, R.G., Render, B. and Russell, R.S., 1990, *Service Operations Management*, Allyn and Bacon, Massachusetts, 596p.
- Noji, E.K. and Kelen, G.D., 2004, Disaster medical services (Chapter 6), *Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide*, Tintinalli, J.E., Kelen, G.D. and Stapczynski, J.S., (Eds.), Sixth edition, McGraw-Hill, New York, 2043p.
- Oddi, A. and Cesta, A., 2000, Toward interactive scheduling systems for managing medical resources, *Artificial Intelligence in Medicine*, 20, 113-138.
- O'Donovan, R., Uzsoy, R. and McKay, K.N., 1999, Predictable scheduling of a single machine with breakdowns and sensitive jobs, *International Journal of Production Research*, 37, 18, 4217-4233.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- O’Kane, J.F., 2000, A Knowledge-based System for Reactive Scheduling Decision Making in FMS, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11, 461-474.
- O’Kane, J.F., Harrison, D.K. and Baines, T.S., 1998, Intelligent decision-making for reactive scheduling in FMS, *International Conference on Simulation*, 30 September-2 October.
- Olumolade, M.O. and Norrie, D.H., 1996, Reactive scheduling system for cellular manufacturing with failure-prone machines, *Int.J.Computer Integrated Manufacturing*, 9, 2, 131-144.
- Ovacık, I.M. and Uzsoy, R., 1992, A shifting bottleneck algorithm for scheduling semiconductor testing operations, *Journal of Electronics Manufacturing*, 2, 119-134.
- Özkarahan, İ., 1989, A flexible nurse scheduling support system, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 30, 145-153.
- Paul, C.J., Holloway, L.E., Yan, D., Strosnider, J.K. and Krogh, B.H., 1991, An Intelligent Reactive Monitoring and Scheduling System, *IEEE International Symposium on Intelligent Control*, Arlington, VA, August 13-15.
- Petrovic, D., and Duenas, A., 2006, A fuzzy logic based production scheduling/rescheduling in the presence of uncertain disruptions, *Fuzzy Sets and Systems*, 157, 2273–2285.
- Pfeiffer, A., Kadar, B. and Monostori, L., 2006, Stability-Oriented Evaluation of Hybrid Rescheduling Methods in a Job-Shop with Machine Breakdowns, *39th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems*, University of Ljubljana, Slovenia, 7-9 June.
- Pfeiffer, A., Kadar, B. and Monostori, L., 2007, Stability-oriented evaluation of rescheduling strategies by using simulation, *Computers in Industry*, 58, 630–643.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pfeiffer, A., Kadar, B., Csaji, B.C. and Monostori, L., 2004, Simulation Supported Analysis of a Dynamic Rescheduling System, Manufacturing, Modelling, Management and Control, IFAC Conference Proceedings, Athens.
- Pinedo, M., 2002, Scheduling Theory, Algorithms, And Systems, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 586p.
- Policella, N. and Rasconi, R., 2005, Testsets Generation for Reactive Scheduling, Giornata di Lavono Analisi Sperimentale Benchmark di Algoritmi per l'Intellig. Artif., 69-75.
- Quere, Y.L., Sevoux, M., Tahon, C. and Trentesaux, D., 2003, Reactive scheduling of complex system maintenance in a cooperative environment with communication times, IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetics, 33, 2, 225-234.
- Raheja, A.S. and Subramaniam, V., 2002, Reactive Recovery of Job Shop Schedules-A Review, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 19, 756-763.
- Ramasesh, R., 1990, Dynamic job shop scheduling: a survey of simulation research, OMEGA, 18, 43-57.
- Randhawa, S.U. and Sitompul, D., 1993, A Heuristic-Based Computerized Nurse Scheduling System, Computers Ops Res., 20, 8, 837-844.
- Reis, J. and Mamede, N., 2001, Multi-Agent Dynamic Scheduling and Re-Scheduling with Global Temporal Constraints, Proceedings of the ICES, 315-321.
- Relvas, S., Matos, H.A., Barbosa-Povoa, A.P.F.D. and Fialho, J., 2007, Reactive Scheduling Framework for a Multiproduct Pipeline with Inventory Management, Ind. Eng. Chem. Res., 46, 5659-5672.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rodrigues, M.T.M., Gimeno, L., Passos, C.A.S. and Campos, M.D., 1996, Reactive scheduling approach for multipurpose chemical batch plants, *Computers & Chemical Engineering*, 20, 2, 1215-1220.
- Ruiz, D., Cantón, J., Nougués, J.M., Espuña, A. and Puigjaner, L., 2001, On-line fault diagnosis system support for reactive scheduling in multipurpose batch chemical plants, *Computers & Chemical Engineering*, 25, 4-6, 829-837.
- Sabuncuoğlu, İ. and Bayız, M., 2000, Analysis of reactive scheduling problems in a job shop environment, *European Journal of Operational Research*, Volume 126, Issue 3, 567-586.
- Sabuncuoğlu, İ. and Karabük, S., 1999, Rescheduling frequency in an FMS with uncertain processing times and unreliable machines, *Journal of Manufacturing Systems*, 18, 4, 1-16.
- Sabuncuoğlu, İ. and Kızılışık, Ö.B., 2003, Reactive scheduling in a dynamic and stochastic FMS environment, *International Journal of Production Research*, 41, 17, 4211-4231.
- Sanmartí, E., Espuña, A. and Puigjaner, L., 1997, Batch production and preventive maintenance scheduling under equipment failure, *Computers & Chemical Engineering*, 21, 10, 1157-1168.
- Sarin, S.C. and Aggarwal, S., 2001, Modeling and algorithmic development of a staff scheduling problem, *European Journal of Operational Research*, 128, 558-569.
- Sauer, J. and Appelrath, H.J., 1997, Knowledge-Based Design of Scheduling Systems, In: S. Nahavandi, M. Saadat (Hrsg.): *Proc. of WMC97, World Manufacturing Congress, Auckland, WMC, ISCS Academic Press*, 247-252.
- Sauer, J. and Bruns, R., 1997, Knowledge-Based scheduling systems in industry and medicine, *IIIE Expert*, 12, 1, 24-31.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sauer, J. and Bruns, R., 1994, Knowledge-Based Scheduling Systems in Prolog , In: L. Shapiro (Hrsg.): Proc. of the Second International Conference on the Practical Application of Prolog (PAP94), 453–470.
- Sauer, J., 1991, Knowledge Based Scheduling in PROTOS, Vichnevetski, R.(ed), Proc.of IMACS World Congress on Computation and Applied Mathematics, Trinity College, Dublin.
- Sauer, J., 2001, Knowledge-based Design of Scheduling Systems, Intelligent Automation and Soft Computing, An International Journal, 7, 1, 55-62.
- Sauer, J., 2000, Knowledge-based systems in scheduling, In: T.L. Leondes (Hrsg.): Knowledge-Based Systems techniques and Applications, Academic Press, 1295-1325.
- Sauer, J., 1999, Knowledge-based systems techniques and applications in scheduling, Academic Pres, San Diego, Leondes, T.L.(Ed.).
- Sauer, J., 1989, PROTOS:Towards Better Production Planning Systems, Proceedings 14th IFIP Conference System Modelling and Optimization, Leipzig, 1989, Lecturer Notes in Control and Information Sciences 143, Springer.
- Sauve, B. and Collinot, A., 1987, An expert system for scheduling in a flexible manufacturing system, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 3, Issue 2, 229-233.
- Siferd, S.P. and Benton, W.C., 1994, Theory and Methodology: A decision modes for shift scheduling of nurses, European Journal of Operational Research, 74, 519-527.
- Smith, L.D. and Wiggins, A., 1977, A Computer-Based Nurse Scheduling System,ComputerOps.Res., 4, 186-212.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Smith, S.F., 1995, Reactive scheduling systems, In D. E. Brown and W. T. Schering, editors, *Intelligent Scheduling Systems*, 155-192, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Spyropoulos, C.D., 2000, AI planning and scheduling in the medical hospital environment, *Artificial Intelligence in Medicine*, 20, 101-111.
- Subramaniam, V. and Raheja, A.S., 2003, mAOR: A heuristic-based reactive repair mechanism for job shop schedules, *Int. J. dv. Manuf. Techol.*, 22, 669-680.
- Subramaniam, V., Raheja, A.S. and Reddy, K.R.B., 2005, Reactive repair tool for job shop schedules, *Int J Prod Res*, 43, 1, 1-23.
- Suh, M.S., Lee, A., Lee, Y.J. and Ko, Y.K., 1998, Evaluation of ordering strategies for constraint satisfaction reactive scheduling, *Decision Support Systems*, 22, 2, 187-197.
- Sule, D.R., 1997, *Industrial Scheduling*, PWS Publishing Company, Boston, 322p.
- Sun, J. and Xue, D., 2001, A dynamic reactive scheduling mechanism for responding to changes of production orders and manufacturing resources, *Computers in Industry*, 46, 189-207.
- Suresh, V. and Chaudhuri, D., 1993, Dynamic scheduling: a survey of research, *International Journal of Production Economics*, 32, 1, 53-63.
- Suwa, H. and Sandoh, H., 1999, An Optimal Re-scheduling Policy for Jobshop Scheduling, *Emerging Technologies and Factory Automation*, Proceedings, ETFA, 7th IEEE International Conference on, 18-21 October, Barcelona, Spain, 1361-1366.
- Suwa, H. and Sandoh, H., 2007, Capability of cumulative delay based reactive scheduling for job shops with machine breakdowns, *Computers & Industrial Engineering*, 53, 63-78.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Suzuki, T. and Kim, Y.W., 2003, Reactive Scheduling for Large-scale Manufacturing Systems Based on Hybrid Petri Net Modeling, SICE Annual Conference in Fukui, August 4-6, Japan.
- Szelke, E. and Kerr, R.M., 1994, Knowledge-based Reactive Scheduling, *Production Planning and Control*, 5, 2, 124-145.
- Szelke, E. and Márkus, G., 1997, A learning reactive scheduler using CBR/L, *Computers in Industry*, 33, 1, 31-46.
- Szelke, E. and Monostori, L., 1999, Reactive Scheduling in Real Time Production Control, Chapter of Modeling Manufacturing Systems, Eds. Paolo Brandimarte and Agostino Villa, Springer, Verlag Berlin, 65-113.
- Tang, L. and Wang, X., 2008, A predictive reactive scheduling method for color-coating production in steel industry, *Int J Adv Manuf Technol*, 35, 633-645.
- Tanimizu, Y., Sakaguchi, T., Iwamura, K. and Sugimura, N., 2006, Evolutional reactive scheduling for agile manufacturing systems, *International Journal of Production Research*, 44, 18-19, 3727-3742.
- Tatlı, E.İ., 2000, Uzman Sistemler, Yıldız Teknik Üniversitesi, Seminer notları.
- Temiz, İ. and Erol, S., 2004, Fuzzy branch and bound algorithm for flow shop scheduling, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 15, 4, 449-454.
- Thompson, G.M., 1997, Labor Staffing and Scheduling Models for Controlling Service Levels, *Naval Research Logistics*, 44, 719-740.
- Topaloğlu, Ş., 2006, A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents, *Computers & Industrial Engineering*, 51, 375-388.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Valouxis, C. and Housos, E., 2000, Hybrid optimization techniques for the workshift and rest assignment of nursing personel, *Artificial Intelligence in Medicine*, 20, 155-175.
- Vieira, G.E., Herrmann, J.W. and Lin, E., 2000, Predicting the performance of rescheduling strategies for paralel machine systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 19, 4, 256-266.
- Vonder, S.T.V.D., Ballestin, F., Demeulemeester, E. and Herroelen, W., 2007, Heuristic procedures for reactive project scheduling, *Computers & Industrial Engineering*, 52, 11-28.
- Wang, J., 2005, Constraint-based schedule repair for product development projects with time-limited constraints, *International Journal of Production Economics*, 95, 3, 399-414.
- Wu, S.D., Storer, R.H. and Chang, P.C., 1993, One-machine rescheduling heuristics with efficiency and stability as criteria, *Computers and Operations Research*, 20, 1-13.
- Yamamoto, M. and Nof, S.Y., 1985, Scheduling/rescheduling in the manufacturing operating system environment, *International Journal of Production Research*, 23, 4, 705-722
- Yeh, J.Y. and Lin W.S., 2007, Using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department, 32, 1073-1083.
- Zhang, M.T. and Wang, Y., 2005, Doing by virtual experimenting, *Industrial Engineer*, 31-35.

Hizmet Sektörü İçin Bir Tepkisel izelgeleme Sistem Önerisi

Acil Servis Kontrol Sistemi

Şafak Kırış

EKLER

- EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları
- EK-2 Sugeno modeli sistem ıktıları ve gerçek ıktılar
- EK-3 ANFIS denklemler
- EK-4 ANFIS kurallar
- EK-5 Girdi-ıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri
- EK-6 Doktor eksikliği deneyi için hazırlanan izelgeler
- EK-7 Süre değişim deneyi için hazırlanan izelgeler
- EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan izelgeler

Danışman: Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

Haziran 2008

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
1	64	1	E	1	E	0.20	3	1	15
2	45	1	K	1	F	0.05	3	1	10
3	95	2	E	1	F	0.05	1	1	10
4	70	2	E	1	E	0.20	1	2	5
5	55	1	K	1	F	0.05	2	2	5
6	47	1	E	1	C	0.60	2	2	5
7	42	1	E	1	F	0.05	3	1	15
8	62	1	K	1	D	0.40	2	2	15
9	54	1	E	1	F	0.05	3	1	60
10	70	2	K	1	D	0.40	1	3	10
11	47	1	K	1	E	0.20	3	1	15
12	24	1	E	1	F	0.05	3	1	5
13	19	1	E	1	F	0.05	3	1	5
14	45	1	E	1	C	0.60	3	3	5
15	70	2	E	1	C	0.60	1	2	15
16	77	2	K	1	C	0.60	1	2	15
17	53	1	E	1	C	0.60	3	1	45
18	23	1	E	1	F	0.05	1	1	10
19	81	2	K	1	E	0.20	2	2	15
20	62	1	K	1	D	0.40	2	3	35
21	35	1	E	1	A	1.00	1	2	10
22	58	1	K	1	E	0.20	2	2	10
23	37	1	E	1	E	0.20	2	2	5
24	53	1	E	1	C	0.60	3	1	10
25	50	1	E	1	B	0.80	2	2	5
26	76	2	K	1	B	0.80	3	2	50
27	74	2	K	1	F	0.05	3	1	5
28	34	1	E	1	E	0.20	3	2	5
29	37	1	K	1	F	0.05	3	1	5
30	48	1	E	1	E	0.20	3	2	5
31	54	1	E	1	E	0.20	3	1	24
32	26	1	K	1	F	0.05	3	2	15
33	25	1	K	1	F	0.05	3	1	10
34	72	2	K	1	D	0.40	3	2	15
35	92	2	E	1	C	0.60	2	2	5
36	53	1	E	1	E	0.20	3	1	10
37	28	1	K	1	A	1.00	1	2	5
38	55	1	K	1	F	0.05	2	2	5
39	34	1	K	1	D	0.40	3	2	15
40	34	1	K	1	C	0.60	1	2	20
41	29	1	K	1	F	0.05	3	1	35
42	42	1	E	1	F	0.05	3	1	15
43	18	1	E	1	C	0.60	1	2	15
44	31	1	K	1	F	0.05	3	1	40
45	21	1	E	1	F	0.05	3	1	5

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
46	22	1	K	1	D	0.40	3	2	60
47	22	1	E	1	F	0.05	1	2	40
48	36	1	E	1	F	0.05	3	2	5
49	53	1	K	1	F	0.05	3	1	75
50	52	1	K	1	E	0.20	1	2	5
51	64	1	K	1	C	0.60	3	2	15
52	40	1	E	1	F	0.05	3	1	10
53	55	1	K	1	A	1.00	1	1	15
54	19	1	K	1	E	0.20	3	1	25
55	22	1	K	1	C	0.60	1	2	42
56	51	1	E	1	F	0.05	3	1	25
57	76	2	K	1	C	0.60	1	2	5
58	35	1	K	1	C	0.60	3	2	30
59	52	1	E	1	C	0.60	1	2	5
60	53	1	E	1	F	0.05	3	1	60
61	33	1	E	1	D	0.40	3	1	15
62	39	1	K	1	E	0.20	3	1	25
63	69	2	K	1	F	0.05	2	2	10
64	24	1	E	1	E	0.20	3	2	10
65	40	1	E	1	E	0.20	3	2	25
66	62	1	K	1	E	0.20	1	3	5
67	64	1	E	1	D	0.40	1	2	20
68	52	1	K	1	E	0.20	1	3	10
69	43	1	E	1	F	0.05	3	1	5
70	30	1	K	1	B	0.80	1	2	5
71	55	1	E	1	C	0.60	2	1	15
72	19	1	E	1	F	0.05	1	1	5
73	24	1	E	1	F	0.05	2	1	5
74	80	2	E	1	F	0.05	3	1	5
75	32	1	K	1	F	0.05	3	1	5
76	37	1	K	1	D	0.40	2	1	60
77	61	1	K	1	F	0.05	3	1	5
78	38	1	K	1	C	0.60	2	1	6
79	22	1	K	1	C	0.60	3	1	5
80	45	1	E	1	D	0.40	3	1	75
81	26	1	E	1	D	0.40	3	1	15
82	45	1	K	1	E	0.20	2	2	15
83	87	2	K	1	E	0.20	1	2	10
84	40	1	E	1	D	0.40	1	3	5
85	44	1	K	1	F	0.05	3	2	20
86	77	2	E	1	F	0.05	3	1	10
87	69	2	E	1	C	0.60	1	3	5
88	56	1	E	1	F	0.05	1	2	5
89	40	1	E	1	B	0.80	1	2	40
90	53	1	K	1	F	0.05	3	1	5

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
91	36	1	E	1	E	0.20	1	1	5
92	55	1	K	1	F	0.05	3	1	20
93	66	2	K	1	F	0.05	3	1	50
94	71	2	K	1	F	0.05	3	2	10
95	58	1	K	1	F	0.05	2	2	15
96	55	1	E	1	C	0.60	1	2	10
97	78	2	K	1	F	0.05	2	2	15
98	25	1	E	1	E	0.20	2	2	10
99	21	1	K	1	F	0.05	3	1	5
100	71	2	K	1	F	0.05	3	2	30
101	61	1	E	1	F	0.05	3	2	15
102	57	1	E	1	E	0.20	2	2	35
103	25	1	K	1	F	0.05	3	1	15
104	18	1	K	1	F	0.05	3	1	30
105	19	1	E	1	F	0.05	3	1	20
106	93	2	K	1	D	0.40	1	3	55
107	48	1	K	1	F	0.05	3	2	5
108	22	1	K	1	E	0.20	3	1	5
109	63	1	K	1	D	0.40	2	2	10
110	28	1	K	1	F	0.05	3	2	30
111	31	1	K	1	F	0.05	3	1	5
112	76	2	E	1	E	0.20	2	2	10
113	67	2	K	1	F	0.05	3	1	10
114	39	1	E	1	A	1.00	1	3	5
115	32	1	K	1	E	0.20	2	2	15
116	83	2	K	1	D	0.40	1	3	20
117	83	2	K	1	F	0.05	3	1	5
118	44	1	E	1	F	0.05	3	2	45
119	67	2	K	1	E	0.20	2	1	20
120	34	1	K	1	F	0.05	3	1	5
121	65	2	E	1	D	0.40	1	2	15
122	60	1	E	1	D	0.40	1	3	30
123	67	2	K	1	B	0.80	1	2	10
124	28	1	E	1	F	0.05	3	2	15
125	56	1	K	1	D	0.40	3	1	10
126	42	1	E	1	D	0.40	3	1	15
127	63	1	K	2	F	0.05	2	1	10
128	63	1	E	2	F	0.05	1	2	30
129	23	1	E	2	F	0.05	2	1	5
130	71	2	K	2	F	0.05	2	3	5
131	55	1	E	2	F	0.05	2	1	15
132	77	2	K	2	F	0.05	1	1	35
133	61	1	E	2	F	0.05	1	2	30
134	50	1	K	2	F	0.05	1	2	20
135	74	2	E	2	E	0.20	2	1	20

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
136	27	1	E	2	F	0.05	2	1	10
137	24	1	K	2	D	0.40	2	2	10
138	59	1	K	2	C	0.60	3	2	15
139	31	1	K	2	D	0.40	3	2	10
140	22	1	E	2	E	0.20	3	1	25
141	58	1	K	2	D	0.40	3	2	12
142	53	1	K	2	F	0.05	1	2	40
143	18	1	E	2	C	0.60	3	3	5
144	55	1	K	2	D	0.40	3	2	10
145	99	2	E	2	B	0.80	3	2	10
146	19	1	E	2	E	0.20	1	1	22
147	71	2	K	2	F	0.05	1	3	5
148	26	1	K	2	A	1.00	2	3	20
149	67	2	K	2	E	0.20	2	3	35
150	22	1	K	2	F	0.05	1	1	15
151	58	1	K	2	F	0.05	1	1	5
152	69	2	K	2	F	0.05	1	3	10
153	22	1	K	2	E	0.20	3	3	30
154	58	1	K	2	E	0.20	2	2	3
155	56	1	K	2	E	0.20	2	2	2
156	40	1	K	2	C	0.60	2	3	4
157	65	2	E	2	C	0.60	3	2	15
158	67	2	E	2	D	0.40	2	2	5
159	55	1	K	2	E	0.20	2	1	20
160	36	1	K	2	F	0.05	2	1	25
161	20	1	E	2	A	1.00	2	3	40
162	63	1	K	2	E	0.20	2	2	10
163	53	1	K	2	E	0.20	2	2	5
164	30	1	E	2	F	0.05	1	1	10
165	24	1	E	2	F	0.05	2	1	10
166	67	2	E	2	C	0.60	3	3	5
167	55	1	E	2	C	0.60	3	3	5
168	62	1	K	2	F	0.05	1	1	10
169	52	1	E	2	C	0.60	3	2	20
170	75	2	K	2	C	0.60	3	2	18
171	75	2	K	2	C	0.60	2	2	15
172	53	1	K	2	C	0.60	3	2	20
173	65	1	K	2	C	0.60	2	1	35
174	59	1	K	2	C	0.60	3	3	3
175	61	1	E	2	C	0.60	3	3	5
176	45	1	K	2	C	0.60	3	2	10
177	52	1	E	2	C	0.60	3	2	15
178	65	2	K	2	C	0.60	3	3	5
179	63	1	E	2	C	0.60	3	1	45
180	58	1	E	2	C	0.60	3	2	20

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
181	74	2	E	2	F	0.05	1	3	15
182	31	1	E	2	E	0.20	2	1	20
183	38	1	E	2	F	0.05	1	1	10
184	60	1	K	2	F	0.05	1	1	5
185	73	2	E	2	E	0.20	2	1	24
186	19	1	E	2	A	1.00	3	2	10
187	38	1	E	2	E	0.20	3	2	5
188	23	1	K	2	A	1.00	3	2	15
189	26	1	K	2	A	1.00	3	3	30
190	84	2	K	2	C	0.60	2	1	10
191	30	1	K	2	F	0.05	1	1	3
192	39	1	K	2	F	0.05	1	1	10
193	51	1	E	2	C	0.60	3	3	5
194	24	1	K	2	F	0.05	1	1	20
195	55	1	K	2	E	0.20	2	2	10
196	70	2	E	2	E	0.20	2	3	40
197	52	1	K	2	F	0.05	1	1	30
198	68	2	K	2	E	0.20	2	3	30
199	20	1	E	2	E	0.20	2	2	5
200	63	1	E	2	F	0.05	1	1	10
201	21	1	E	2	E	0.20	3	3	30
202	68	2	E	2	E	0.20	3	3	40
203	18	1	K	2	F	0.05	1	1	15
204	55	1	K	2	F	0.05	1	1	4
205	74	2	K	2	E	0.20	3	2	10
206	47	1	K	2	D	0.40	2	2	20
207	44	1	E	2	F	0.05	1	1	15
208	43	1	K	2	F	0.05	1	1	20
209	53	1	E	2	D	0.40	2	2	14
210	56	1	K	2	F	0.05	1	1	10
211	32	1	E	2	C	0.60	3	2	10
212	65	1	K	2	C	0.60	2	2	20
213	84	2	K	2	B	0.80	2	2	15
214	61	1	E	2	B	0.80	3	2	15
215	63	1	K	2	B	0.80	3	2	10
216	82	2	K	2	B	0.80	2	3	29
217	81	2	E	2	B	0.80	3	2	15
218	67	2	E	2	B	0.80	3	2	10
219	73	2	K	2	B	0.80	3	2	15
220	81	2	K	2	B	0.80	2	2	15
221	65	2	K	2	B	0.80	3	2	10
222	69	2	E	2	B	0.80	2	2	15
223	59	1	K	2	B	0.80	2	3	25
224	66	2	E	2	B	0.80	3	2	5
184	60	1	K	2	F	0.05	1	1	5

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
185	73	2	E	2	E	0.20	2	1	24
186	19	1	E	2	A	1.00	3	2	10
187	38	1	E	2	E	0.20	3	2	5
188	23	1	K	2	A	1.00	3	2	15
189	26	1	K	2	A	1.00	3	3	30
190	84	2	K	2	C	0.60	2	1	10
191	30	1	K	2	F	0.05	1	1	3
192	39	1	K	2	F	0.05	1	1	10
193	51	1	E	2	C	0.60	3	3	5
194	24	1	K	2	F	0.05	1	1	20
195	55	1	K	2	E	0.20	2	2	10
196	70	2	E	2	E	0.20	2	3	40
197	52	1	K	2	F	0.05	1	1	30
198	68	2	K	2	E	0.20	2	3	30
199	20	1	E	2	E	0.20	2	2	5
200	63	1	E	2	F	0.05	1	1	10
201	21	1	E	2	E	0.20	3	3	30
202	68	2	E	2	E	0.20	3	3	40
203	18	1	K	2	F	0.05	1	1	15
204	55	1	K	2	F	0.05	1	1	4
205	74	2	K	2	E	0.20	3	2	10
206	47	1	K	2	D	0.40	2	2	20
207	44	1	E	2	F	0.05	1	1	15
208	43	1	K	2	F	0.05	1	1	20
209	53	1	E	2	D	0.40	2	2	14
210	56	1	K	2	F	0.05	1	1	10
211	32	1	E	2	C	0.60	3	2	10
212	65	1	K	2	C	0.60	2	2	20
213	84	2	K	2	B	0.80	2	2	15
214	61	1	E	2	B	0.80	3	2	15
215	63	1	K	2	B	0.80	3	2	10
216	82	2	K	2	B	0.80	2	3	29
217	81	2	E	2	B	0.80	3	2	15
218	67	2	E	2	B	0.80	3	2	10
219	73	2	K	2	B	0.80	3	2	15
220	81	2	K	2	B	0.80	2	2	15
221	65	2	K	2	B	0.80	3	2	10
222	69	2	E	2	B	0.80	2	2	15
223	59	1	K	2	B	0.80	2	3	25
224	66	2	E	2	B	0.80	3	2	5
225	22	1	E	2	F	0.05	1	1	15
226	21	1	K	2	F	0.05	1	1	25
227	65	1	K	2	F	0.05	1	1	5
228	56	1	E	2	E	0.20	2	3	29

EK-1 Acil Servis Biriminde toplanan değerlendirme formu sonuçları (devam)

Sıra	Yaş	Yaş Grubu	Cinsiyet	Dönem	Kategori	Puan	Triaj	Genel durum	ilk süre
229	66	2	K	2	E	0.20	3	2	5
230	35	1	E	2	F	0.05	1	1	20
231	53	1	K	2	F	0.05	1	1	15
232	43	1	E	2	E	0.20	2	2	5
233	31	1	E	2	D	0.40	3	2	10
234	27	1	K	2	F	0.05	1	2	40
235	27	1	K	2	E	0.20	2	2	15
236	29	1	K	2	E	0.20	2	3	30
237	75	2	K	2	E	0.20	2	3	35
238	27	1	E	2	F	0.05	1	1	10
239	80	2	E	2	E	0.20	2	2	3
240	47	1	K	2	F	0.05	1	1	10
241	40	1	K	2	F	0.05	1	1	10
242	72	2	E	2	E	0.20	2	2	10
243	43	1	K	2	E	0.20	2	3	40
244	21	1	K	2	E	0.20	3	1	25
245	51	1	E	2	E	0.20	2	2	5
246	76	2	E	2	F	0.05	1	3	5
247	25	1	E	2	E	0.20	3	2	10
248	42	1	E	2	E	0.20	3	2	5
249	32	1	E	2	E	0.20	3	2	4
250	19	1	K	2	F	0.05	1	1	5

EK-2 Sugeno modeli sistem çıktıları ve gerçek çıktılar

Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer	Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer
1	10.00	10.00	50	16.00	15.00
2	10.00	5.00	51	5.00	5.00
3	10.00	15.00	52	4.50	5.00
4	5.00	5.00	53	16.25	20.00
5	30.00	20.00	54	16.00	18.00
6	30.00	40.00	55	16.00	15.00
7	12.50	10.00	56	16.25	20.00
8	12.50	15.00	57	40.00	35.00
9	30.00	30.00	58	4.50	3.00
10	5.00	5.00	59	4.50	5.00
11	50.00	50.00	60	16.25	10.00
12	5.00	5.00	61	16.25	15.00
13	40.00	40.00	62	5.00	5.00
14	10.00	10.00	63	40.00	45.00
15	12.22	10.00	64	16.25	20.00
16	12.22	15.00	65	10.00	10.00
17	12.50	15.00	66	4.50	5.00
18	12.50	10.00	67	16.25	10.00
19	29.00	29.00	68	16.25	20.00
20	12.22	15.00	69	12.89	15.00
21	12.22	10.00	70	15.00	10.00
22	12.22	15.00	71	51.60	35.00
23	12.22	15.00	72	15.00	15.00
24	12.22	10.00	73	12.89	15.00
25	12.22	15.00	74	51.60	60.00
26	25.00	25.00	75	12.89	15.00
27	12.22	5.00	76	12.89	20.00
28	5.25	5.00	77	51.60	59.00
29	5.25	5.00	78	51.60	75.00
30	15.00	15.00	79	12.89	14.00
31	15.00	15.00	80	12.89	5.00
32	30.50	35.00	81	55.00	55.00
33	14.17	10.00	82	12.89	9.00
34	5.00	5.00	83	15.00	20.00
35	14.17	20.00	84	15.00	15.00
36	14.17	15.00	85	51.60	29.00
37	14.17	15.00	86	12.89	9.00
38	30.50	42.00	87	12.89	14.00
39	5.00	5.00	88	12.29	10.00
40	30.50	30.00	89	12.29	10.00
41	5.25	5.00	90	12.29	12.00
42	14.17	15.00	91	12.29	10.00
43	5.25	6.00	92	5.00	5.00
44	30.50	15.00	93	12.29	20.00
45	5.00	5.00	94	12.29	14.00
46	14.17	10.00	95	12.29	10.00
47	16.25	15.00	96	9.06	15.00
48	4.50	5.00	97	10.00	5.00
49	4.50	4.00	98	9.06	15.00

EK-2 Sugeno modeli sistem çıktıları ve gerçek çıktılar (devam)

Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer	Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer
99	10.00	15.00	148	7.00	3.00
100	9.06	10.00	149	7.00	10.00
101	9.06	5.00	150	31.80	40.00
102	9.06	5.00	151	22.40	25.00
103	9.06	5.00	152	6.46	5.00
104	24.75	24.00	153	6.46	10.00
105	9.06	10.00	154	6.46	5.00
106	9.06	5.00	155	6.46	4.00
107	24.75	25.00	156	8.08	10.00
108	24.75	25.00	157	8.89	10.00
109	9.06	10.00	158	8.08	5.00
110	24.75	25.00	159	29.06	15.00
111	9.06	5.00	160	29.06	30.00
112	9.06	10.00	161	8.08	5.00
113	9.06	15.00	162	8.08	5.00
114	10.00	10.00	163	8.08	10.00
115	9.06	5.00	164	8.89	5.00
116	9.06	10.00	165	8.08	5.00
117	35.00	35.00	166	29.06	15.00
118	9.06	5.00	167	8.08	10.00
119	10.00	10.00	168	29.06	5.00
120	9.06	15.00	169	29.06	35.00
121	20.00	20.00	170	8.08	15.00
122	22.00	20.00	171	29.06	40.00
123	22.40	25.00	172	8.08	5.00
124	22.40	22.00	173	29.06	40.00
125	36.00	35.00	174	8.08	5.00
126	31.80	30.00	175	29.06	75.00
127	6.46	3.00	176	8.08	10.00
128	6.46	2.00	177	29.06	25.00
129	22.40	20.00	178	29.06	30.00
130	6.46	10.00	179	8.89	10.00
131	6.46	5.00	180	8.08	5.00
132	22.40	20.00	181	8.08	5.00
133	22.00	24.00	182	8.08	5.00
134	6.46	5.00	183	8.89	5.00
135	6.46	10.00	184	8.08	5.00
136	36.00	40.00	185	8.08	5.00
137	36.00	30.00	186	29.06	20.00
138	6.46	5.00	187	8.89	10.00
139	31.80	30.00	188	8.08	5.00
140	36.00	40.00	189	8.08	5.00
141	7.00	10.00	190	8.08	20.00
142	31.80	29.00	191	40.00	50.00
143	7.00	5.00	192	8.89	10.00
144	6.46	5.00	193	29.06	15.00
145	6.46	15.00	194	8.89	15.00
146	31.80	30.00	195	8.08	5.00
147	36.00	35.00	196	40.00	30.00

EK-2 Sugeno modeli sistem çıktıları ve gerçek çıktılar (devam)

Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer	Sıra	Sistem Çıktısı	İlk müdahale süresi Gerçek Değer
197	8.08	15.00	226	12.32	10.00
198	8.08	15.00	227	8.75	15.00
199	29.06	30.00	228	12.32	10.00
200	8.08	20.00	229	12.32	5.00
201	8.08	5.00	230	12.32	3.00
202	29.06	30.00	231	12.32	10.00
203	8.08	5.00	232	12.32	20.00
204	8.89	10.00	229	12.32	5.00
205	8.89	5.00	230	12.32	3.00
206	29.06	45.00	231	12.32	10.00
207	8.08	5.00	232	12.32	20.00
208	29.06	15.00	233	12.32	30.00
209	12.32	10.00	234	12.32	10.00
210	32.00	30.00	235	12.32	15.00
211	12.32	5.00	236	12.32	4.00
212	5.00	5.00	237	12.32	15.00
213	12.32	15.00	238	12.32	20.00
214	35.00	35.00	239	12.32	10.00
215	32.00	30.00	240	12.32	15.00
216	32.00	20.00	241	12.32	25.00
217	12.32	10.00	242	12.32	5.00
218	32.00	40.00	243	12.32	20.00
219	8.75	5.00	244	12.32	15.00
220	12.32	15.00	245	32.00	40.00
221	12.32	5.00	246	12.32	10.00
222	8.75	10.00	247	12.32	10.00
223	12.32	25.00	248	12.32	10.00
224	12.32	10.00	249	8.75	5.00
225	12.32	10.00	250	12.32	5.00

EK-3 ANFIS Denklemler

f1=0.0970401950797349 *X+2.01725663031104 *U+2.02079018467308 *V+2.05913722275341 *Z
+1.94040247651719
f2=0.0881301278886539 *X+1.80863846145968 *U+1.82467750139923 *V+ 3.52197281113253 *Z
+1.76239765353944
f3=0.212903204646496 *X+ 4.25802152816519 *U+8.51536815142049 *V+4.48016852118162 *Z
+4.25798683535244
f4=0.164944172925069 *X+3.29886937042377 *U+6.59701233087842 *V+6.59144253001536 *Z
+3.29884779349237
f5=0.0219367427127562 *X+ 0.446486479366733 *U+1.21943759657559 *V+0.444005870337641 *Z
+0.438542566038508
f6=0.00408859747548899 *X+0.0881821842215788 *U+0.170378583091988 *V
+0.162596679103357 *Z +0.0816338463968728
f7=0.287115120467033 *X+ 11.4817640707196 *U+5.74222436980756 *V+5.97472547813347 *Z
+5.74211718193216
f8=0.172789539487123 *X+6.90901801408818 *U+3.4557293758813 *V+6.90275647475118 *Z
+3.45564646312935
f9=0.000415007330967966 *X+0.0108253613558625 *U+0.0144037550773191 *V+0.008637823274621
9 *Z +0.00823482312119856
f10=0.000300696663123953
*X+0.00759581205473123 *U+0.0107813592289771 *V+0.0119565575722969 *Z+0.005984346108761
95
f11=0.0296926015670146 *X+1.18711096809952 *U+ 1.78139055109634 *V+0.626789335018837 *Z
+0.593840884147984
f12=0.0244642569168094 *X+ 0.978189803056279 *U+1.46733254512106 *V+0.977420289714914 *Z
+0.489144669469508
f13=1.21377268381827 *X+6.10625361673135 *U+6.09084728155845 *V+6.27729717739767 *Z
+6.06886684650795
f14=0.619577002510712 *X+3.12705052195404 *U+3.10802767140185 *V+6.18669627542312 *Z+
3.09788822561362
f15=0.233528955247086 *X+1.18083122436037 *U+2.33403704671709 *V+1.20388342295683 *Z+
1.16762753527227
f16=0.10781090152829 *X+0.545022823179204 *U+1.07772010382891 *V+1.07633241741535 *Z
+0.539042685005457
f17=0.581451174310723 *X+2.90939950794416 *U+8.69527649652088 *V+ 3.04779492903292 *Z
+2.90719349285444
f18=0.417582577110196 *X+2.11631204408541 *U+6.25160385089608 *V+4.17153850596002 *Z
+2.08791253063694
f19=0.56002306644313 *X+5.59225771687936 *U+ 2.81875347226791 *V+2.94708712368259 *Z+
2.80012647631076
f20=0.436393891582508 *X+4.35988481405938 *U+2.19039038265361 *V+4.35984185356816 *Z
+2.18197633679186
f21=0.197526827631327 *X+ 1.97369524287934 *U+1.97416481160278 *V+1.01769728355079 *Z
+0.9876127650443
f22=0.0894644541060081 *X+ 0.893928293633086 *U+0.894654747243586 *V+0.89315131899027 *Z
+0.447317459250126
f23=0.0337309485931171 *X+0.333352836098901 *U+0.483515199067426 *V+ 0.311902845025622 *Z
+0.16860182401844
f24=0.424734103405898 *X+4.2446125931591 *U+6.36094539136776 *V+ 4.247303449977 *Z
+2.12367132722139
f25=0.0131600907846971 *X+ 0.0332209222139506 *U+0.0656292959759997 *V+
0.0344423205871898 *Z + 0.0328577822410164
f26=0.00942562898787081 *X+0.0236120384959723 *U+0.0469922029426501 *V+0.047012200004073
6 *Z +0.0235303275623259

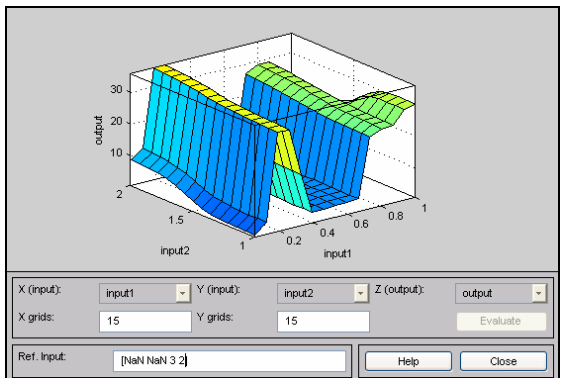
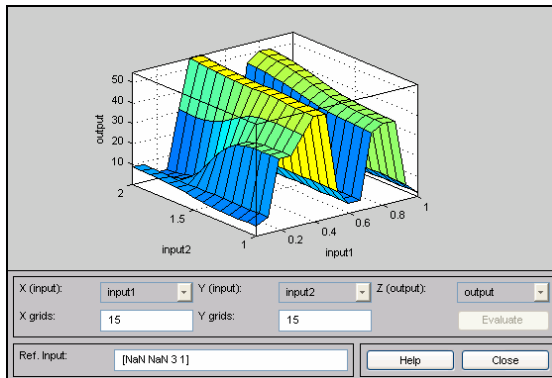
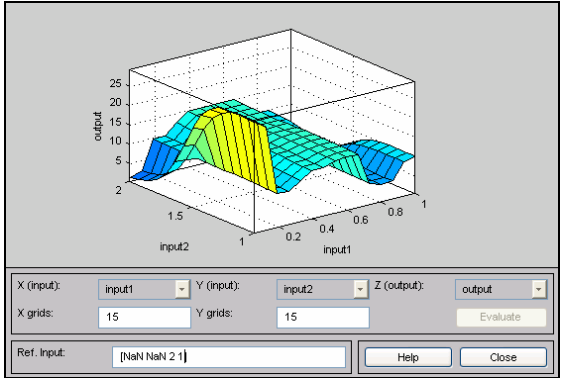
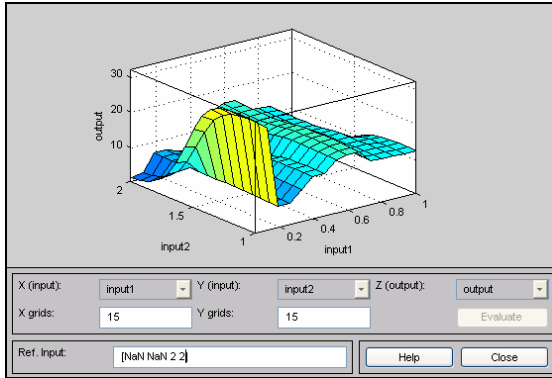
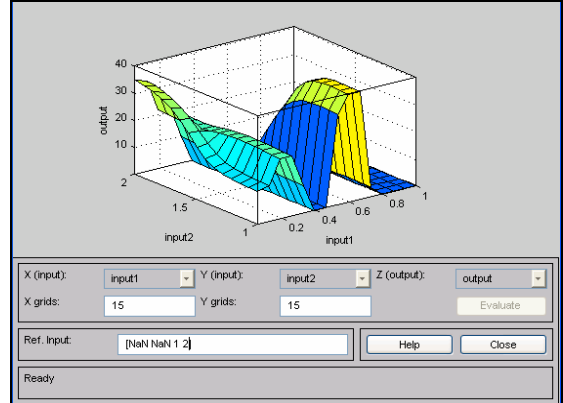
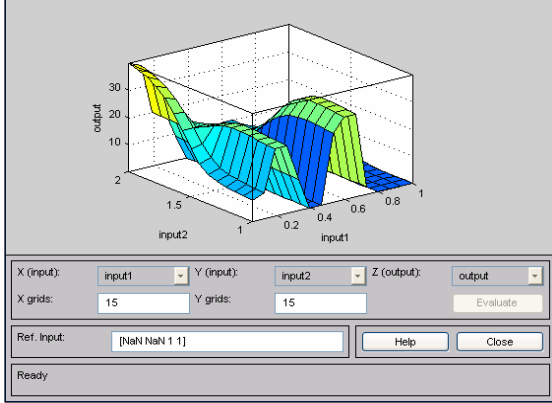
EK-3 ANFIS Denklemler (devam)

f27=0.694881284438153 *X+1.75643076502209 *U+3.47617373950429 *V+1.82085993382043*Z+
1.73719160422737
f28=0.496993725617032*X+ 1.24680161171395 *U+2.48495223824451 *V+2.4823875335691*Z+
1.24247474945326
f29=1.70286417508517 *X+4.30583665886267 *U+12.7322629431234 *V+4.2590487991253*Z+
4.25715807484759
f30=0.0138456675878652*X+0.0347851213737214 *U+0.0757640818838262*V+
0.0626320012058239 *Z+0.0346125597661973
f31=0.010868432378492*X+0.0542833565683723 *U+0.0543105131135663 *V
+0.0275742987692291*Z+ 0.0271632154687825
f32=0.00245336785950216*X+0.0122358184815475*U+0.0122663221240531*V+0.012225451852821
6*Z +0.00613345086215897
f33=0.575644746349943 *X+2.87592828091714 *U+2.87973742539229 *V+1.46087057023504 *Z
+1.43910278203595
f34=0.129915519180293*X+ 0.647921001842385 *U+0.649564649735849*V+
0.647366253110455*Z+ 0.324781137767933
f35=1.45640520978767*X+ 7.27644324421865 *U+10.890551087955*V+ 3.641503056782 *Z
+3.64101097458487
f36=0.0051737800017463*X +0.025820264873188 *U+0.0314605157211868*V+
0.0202252918260649*Z + 0.012932959037681
f37=4.14511811197734 *X+6.92593583294577*U+ 6.94399014955632*V+ 7.2764725878369 *Z
+6.9085301123949
f38=3.27768781979291 *X+5.46315113714117 *U+5.49189592533779 *V+10.9154917645924 *Z
+5.46281291697557
f39=1.12847754343915*X+ 1.90044793239878 *U+3.75897693422927*V+ 1.98469043691744 *Z
+1.88079284673705
f40=0.925475091312079*X+ 1.55896724246317 *U+3.08281822655263*V+ 3.08214859249295 *Z
+1.54245085880692
f41=0.259730968747988*X+ 0.437275357916 *U+1.25616244517136 *V+0.452654437539777 *Z
+0.432865780328741
f42=0.176343479353145 *X+0.297580103260161 *U+0.846883456633223*V+
0.587151238794192*Z+ 0.293895629827378
f43=0.785420339703313*X+ 2.60893282242115 *U+1.33678680444534 *V+1.31109038123134*Z+
1.30903380292202
f44=0.0195014333500066*X+ 0.057763572197103 *U+0.0558306189518349 *V
+0.0629795233734543*Z+ 0.0325022780068713
f45=0.882216206341868 *X+2.93824297388958 *U+2.94031878725504 *V+1.5535808776037 *Z
+1.47035503808007
f46=0.741306224661521*X+ 2.46898623058102 *U+2.47111041219374 *V+2.46885976881647 *Z
+1.23550449193268
f47=0.197943127843626 *X+0.659202960838419*U+ 0.956447386916028 *V+0.348446788367743 *Z
+0.32988545984773
f48=0.165335765767295 *X+0.550714832733616 *U+0.798735585812498*V+ 0.55061716715346 *Z
+0.275549765675168
f49=0.00874158450283817*X+ 0.0111732747783989 *U+0.0218061788851422*V+
0.0125110384011151*Z + 0.0109456215160929
f50=0.0185583924094583 *X+0.0234399566945665 *U+0.0463605148925341 *V
+0.0464115471993464 *Z+0.0232130405592617
f51=0.461201376588463*X+ 0.588354983938959 *U+1.15417103273365 *V+0.659124501238842 *Z
+0.576417685680075
f52=0.981202574132918*X+ 1.23845323594396 *U+2.4534924545875*V+ 2.45209217387615 *Z
+1.22642856634221

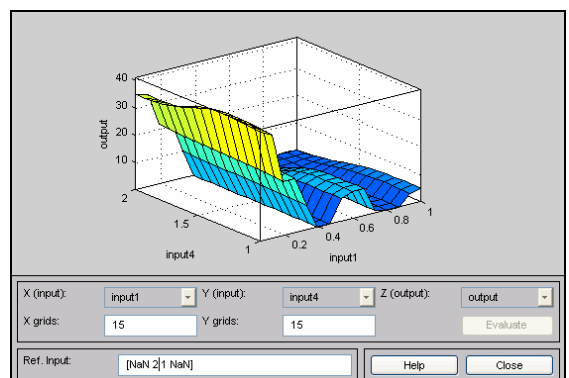
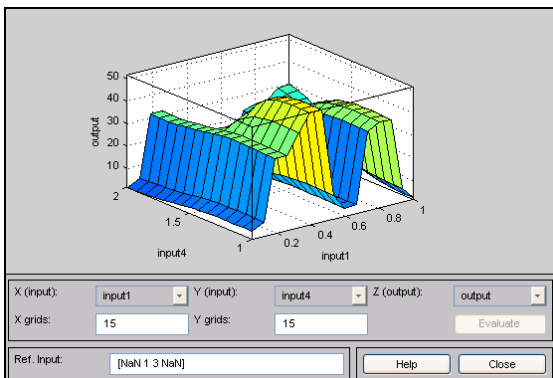
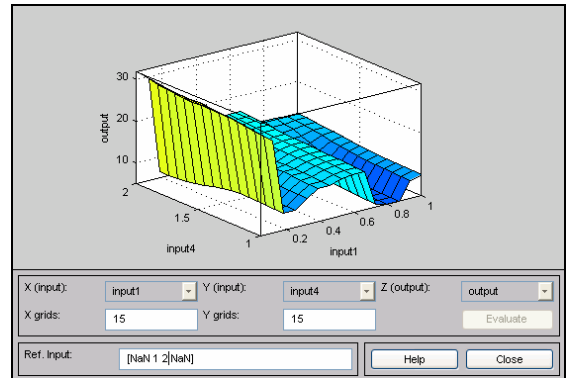
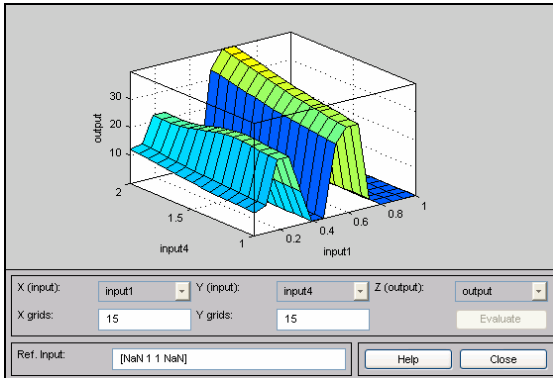
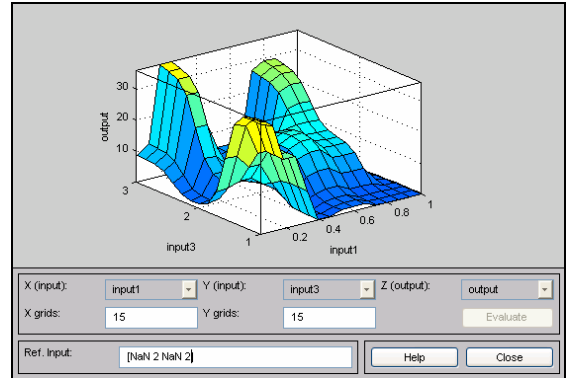
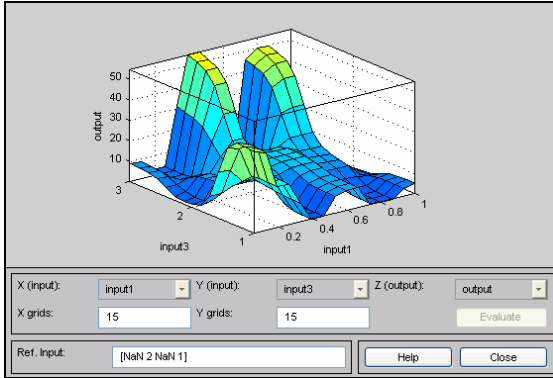
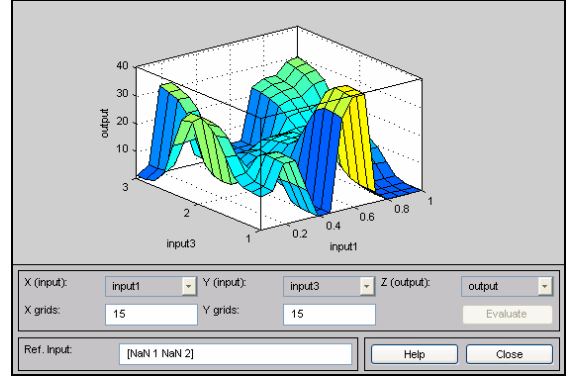
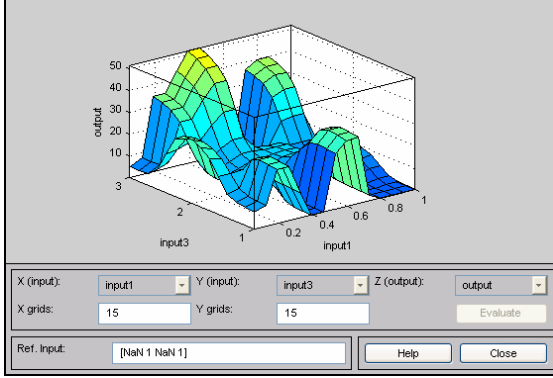
EK-3 ANFIS Denklemler (devam)

f53=2.52753495350433 *X+3.20226251916061 *U+9.46523217920993 *V+3.26195303883316 *Z
+3.15940867434985
f54=1.21961494636716*X+ 1.54408409291477 *U+4.54544437920227*V+ 3.04402440285117 *Z
+1.52438035925663
f55=0.0136448757930033*X+0.0340175663969096*U+0.0338401505868981*V +0.018159828759521
*Z + 0.0170158866564165
f56=0.0135816605595593*X+0.0339237373637319*U+0.0339540897559275*V+ 0.0339296155247193
*Z+0.016977103535672
f57=0.713799358307933 *X+1.78375875474235*U+ 1.78585877113177 *V+0.952873559279779 *Z +
0.892253511366085
f58=0.719709058199404 *X+1.79767012040795 *U+1.79989682520571*V+ 1.7979913827794 *Z +
0.899639966251352
f59=2.56364339485364 *X+6.40497919668306*U+ 9.59353576171629 *V+3.30366219426193 *Z +
3.20455522212875
f60=1.17881172385983 *X+2.94503602428887 *U+4.40023252344881 *V+2.94221902289751*Z+
1.47351530482657
f61=0.0328267226417159 *X+0.0413206154611973*U+0.0571597709131487 *V+
0.0342748589775596 *Z + 0.0328267851142339
f62=0.0215080401291235 *X+0.0215213403998752 *U+0.0430035494397739*V+
0.0429677286577712 *Z+0.0215081732975068
f63=1.28865760564187 *X+1.28866469284127 *U+2.57737497968984*V+ 1.36540189643937 *Z
+1.28866091970801
f64=1.13912429719486 *X+1.13913170698029 *U+2.27910045005652*V+ 2.2763849734481*Z+
1.13913135081185
f65=0.162351905886642*X+ 0.16237132092119 *U+0.457994370650901*V+ 0.297269344350526 *Z
+0.16237008466288
f66=1.99915700542265 *X+1.99916634408274*U+ 5.97177762857366 *V +3.99828897920858*Z
+1.99916578047006
f67=0.634371197965345*X+ 1.26871033248016 *U+0.634404033261793 *V+0.634373246583367 *Z
+0.634371294650593
f68=0.00101172858616059*X+0.00199515904302468*U+0.00104080779108143*V+0.0010407596017
7851*Z+0.00101182626813164
f69=0.00198481012181007 *X+0.00227166132280911 *U +0.00372393282497804*V +
0.00209341173177025 *Z +0.00198994405223567
f70=0.0015310731773672 *X+0.00156248236291859 *U+0.00307323074274314*V+
0.00306957636598652 *Z + 0.00153624962878939
f71=0.000289097641155257*X+0.000399839363141986*U+0.000882983030962153*V+0.0004892047
37563888*Z+0.000307536675973395
f72=0.00268392423466498*X+0.00273473885824411*U+0.00804253081880884*V+0.0053846106512
611*Z+0.0026924028526151

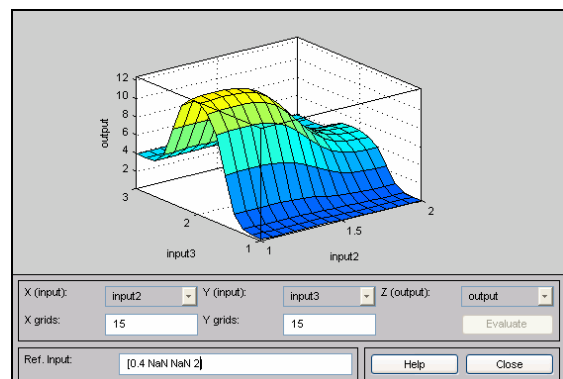
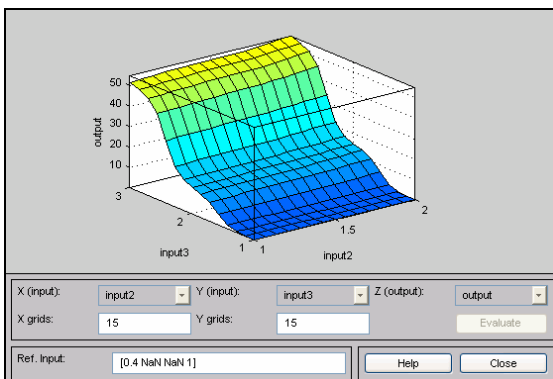
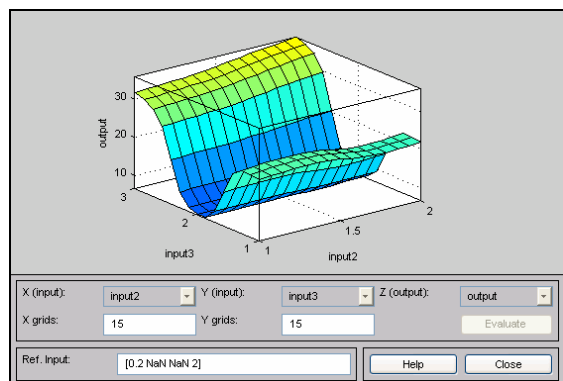
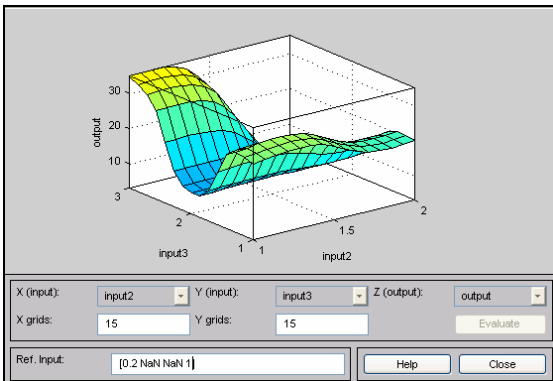
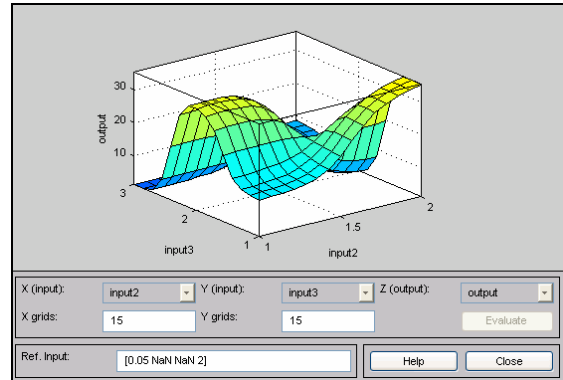
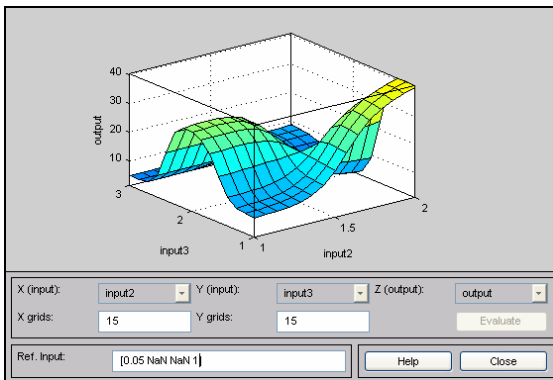
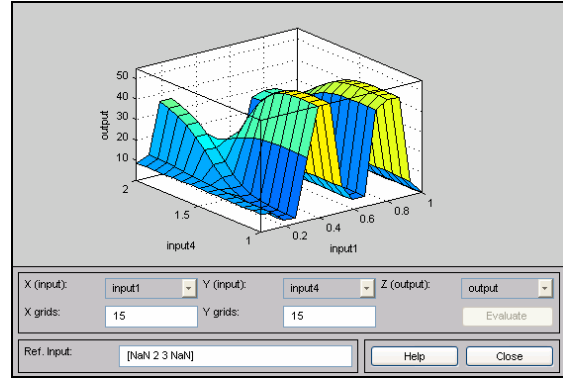
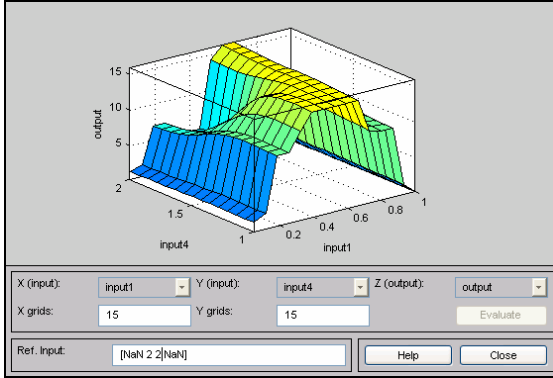
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri



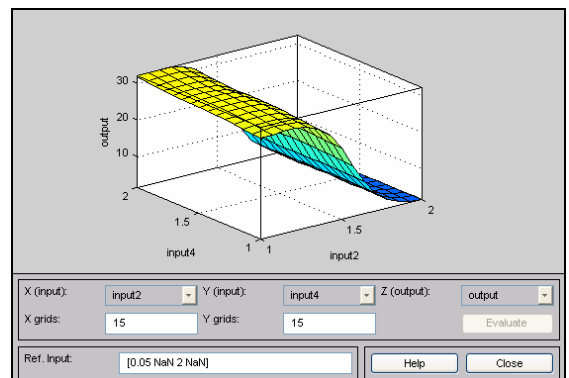
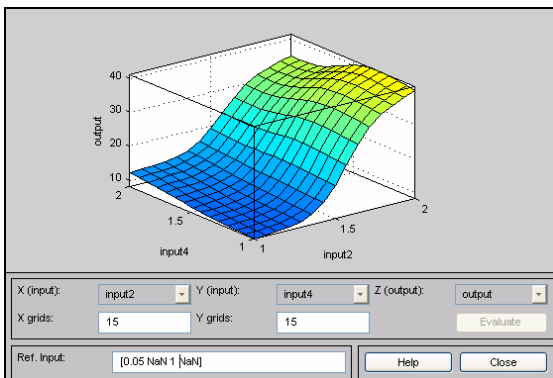
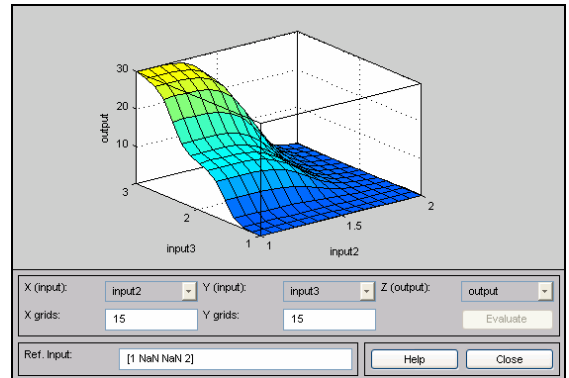
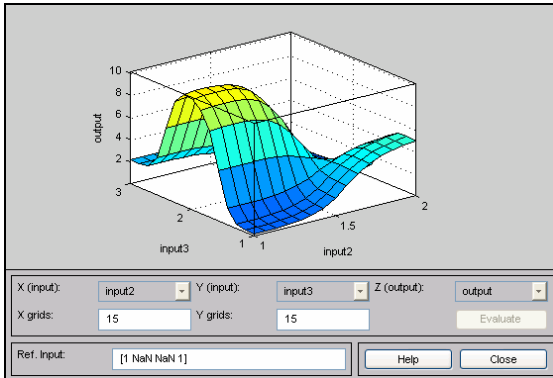
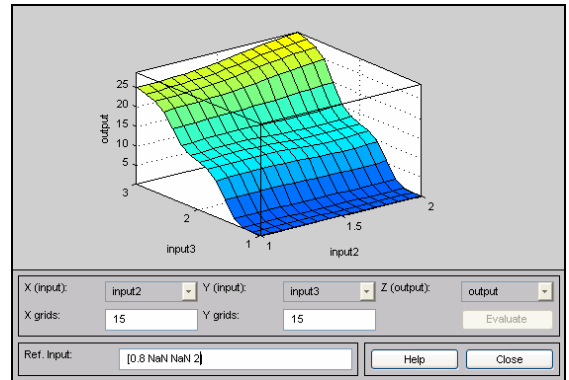
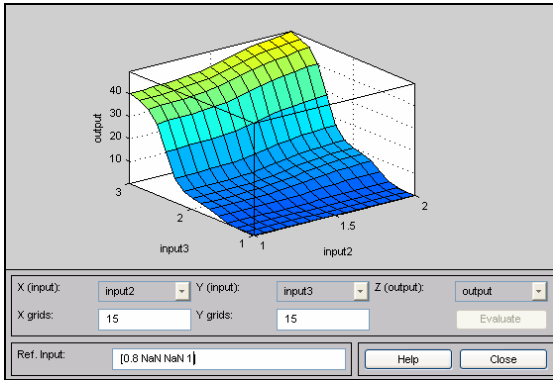
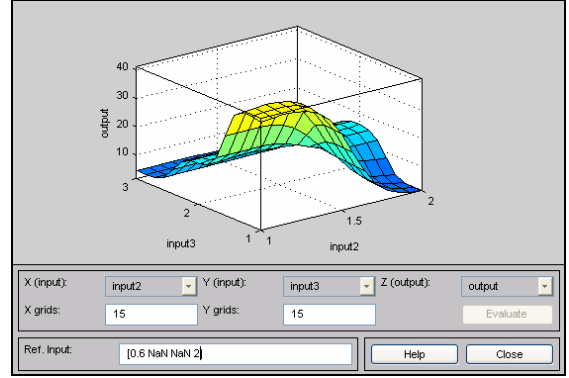
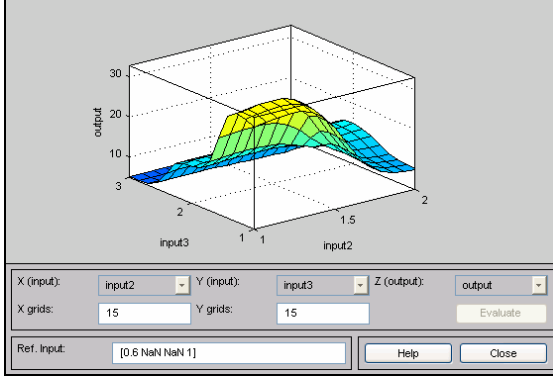
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



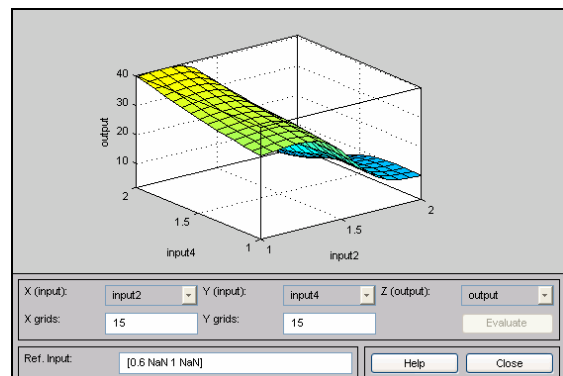
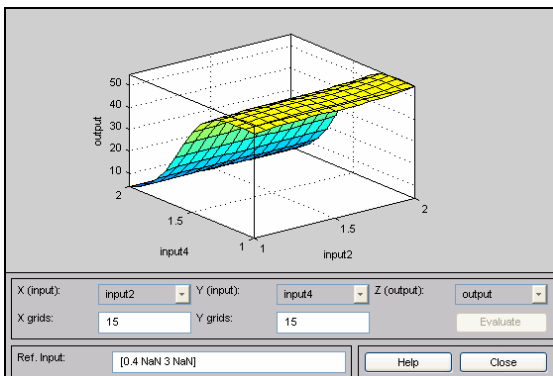
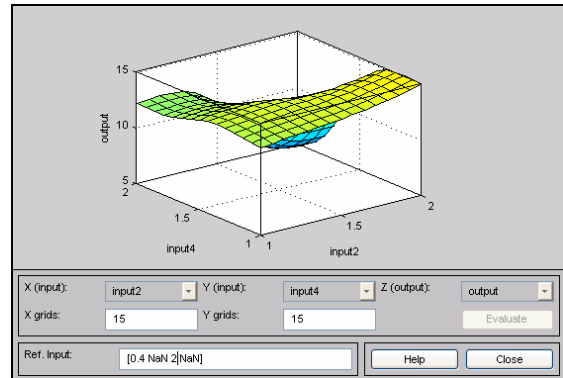
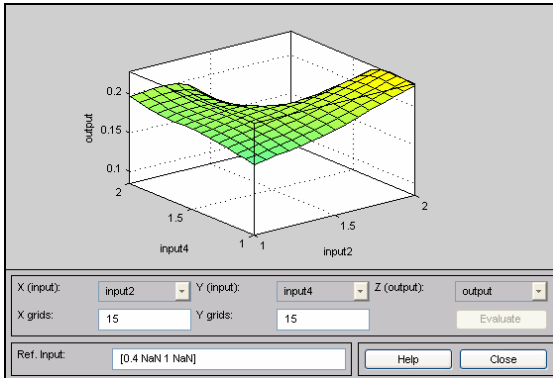
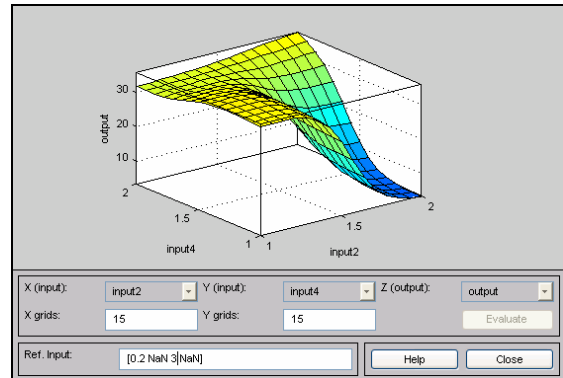
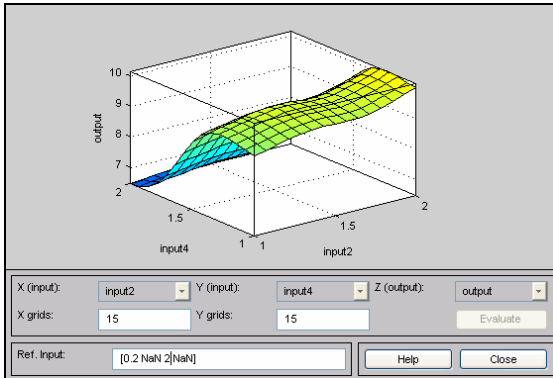
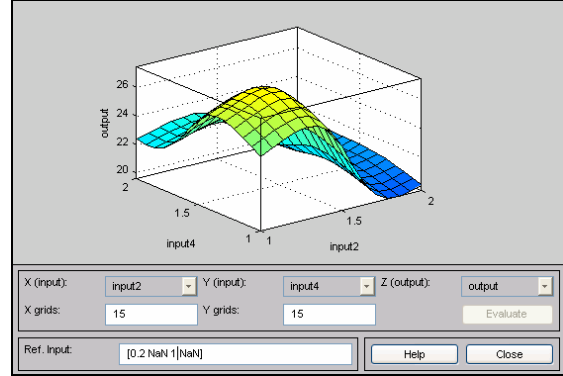
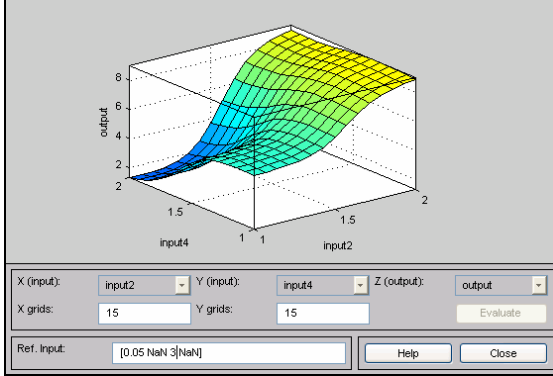
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



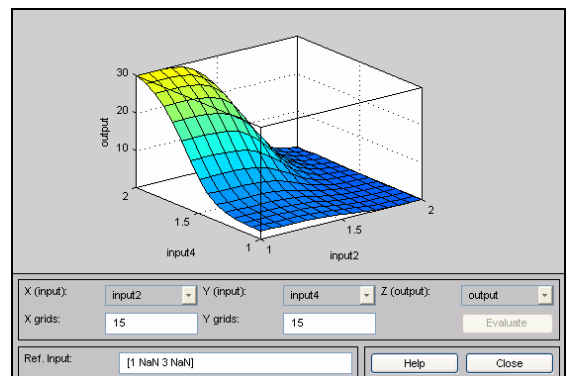
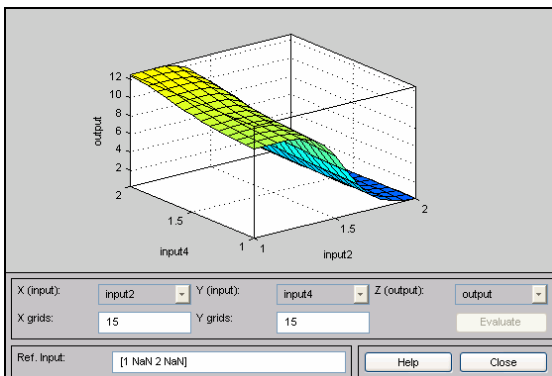
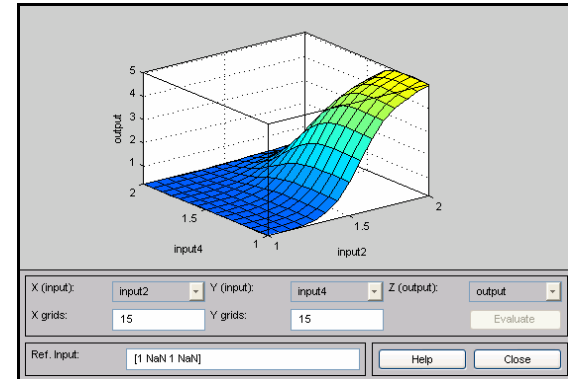
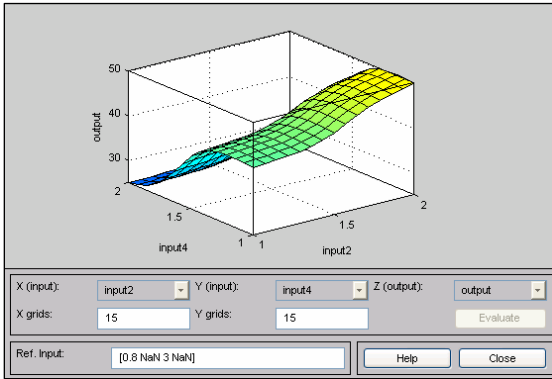
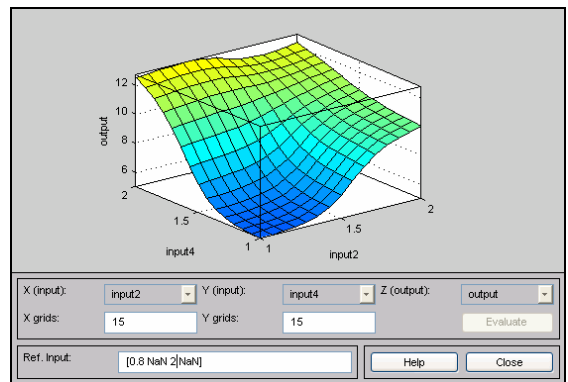
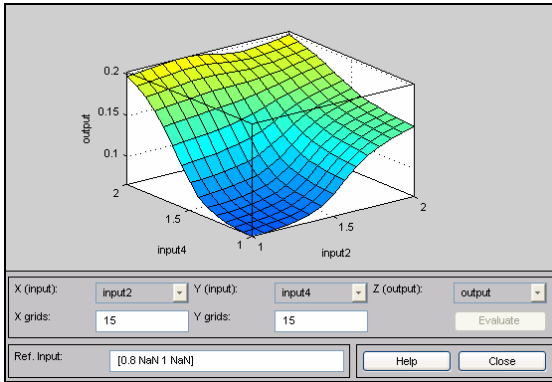
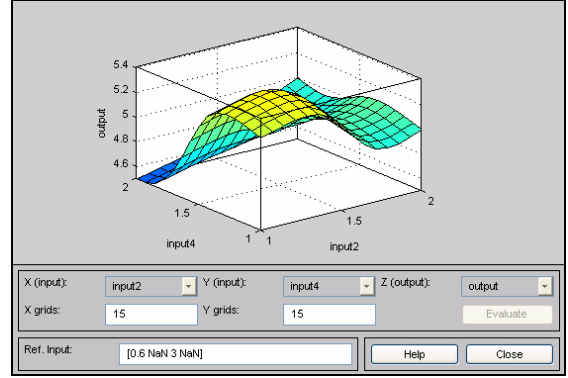
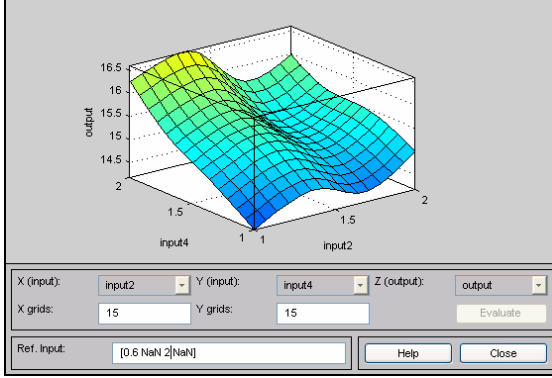
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



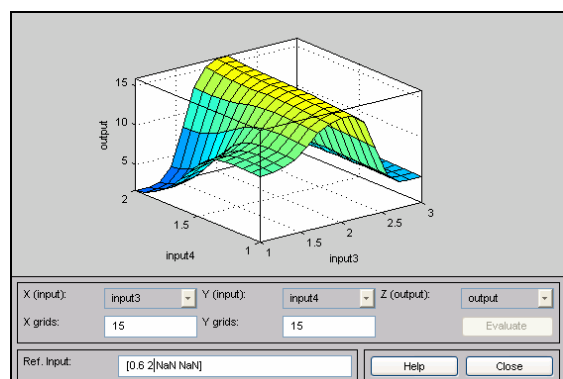
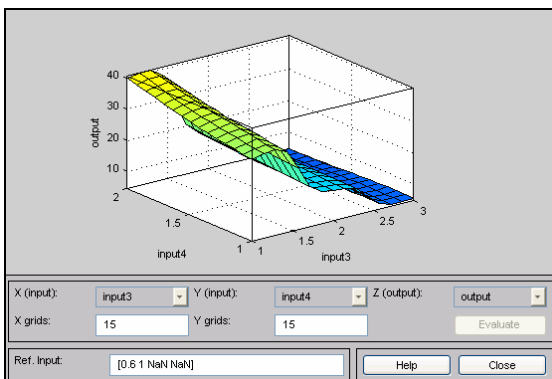
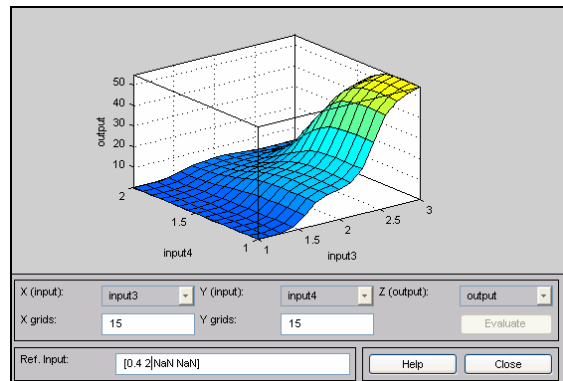
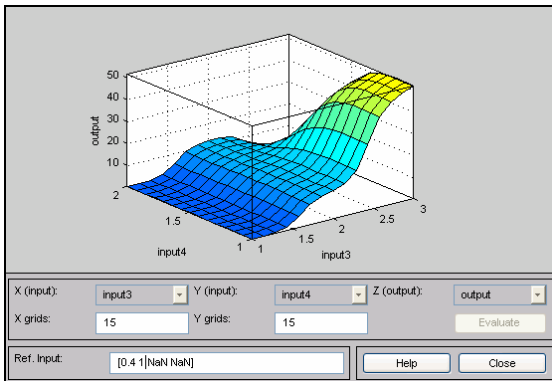
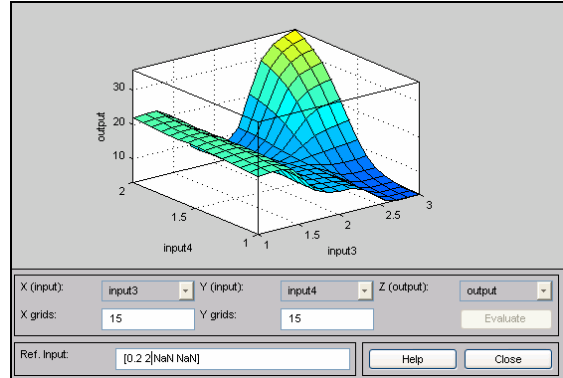
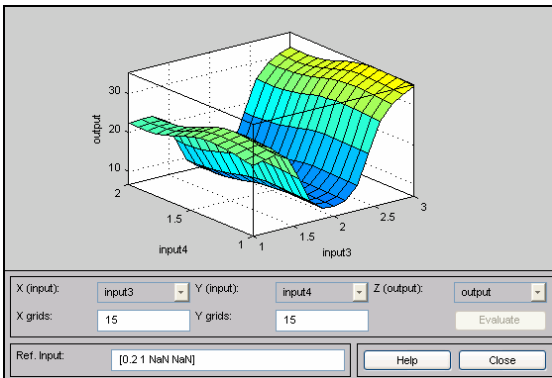
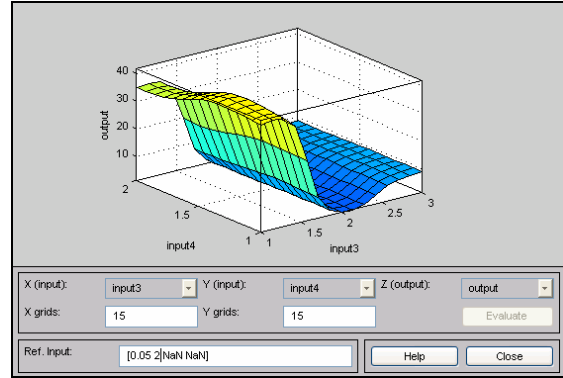
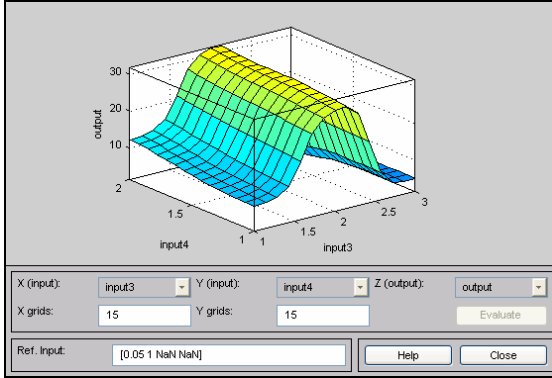
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



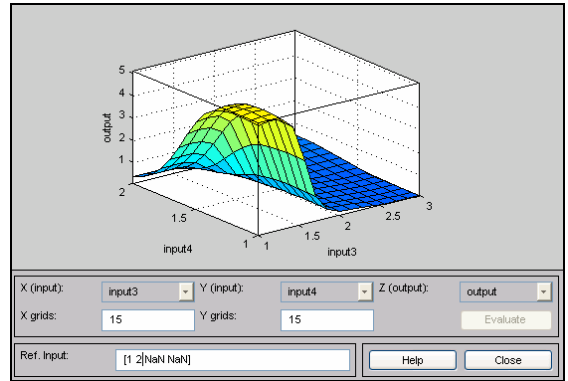
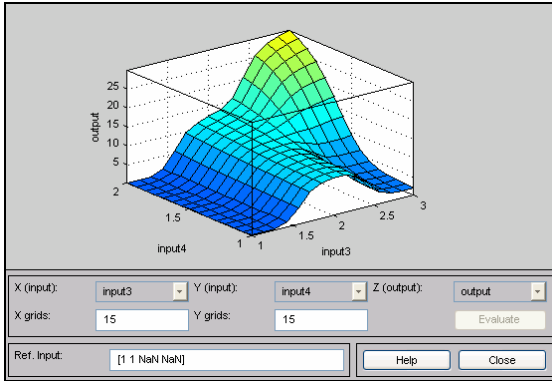
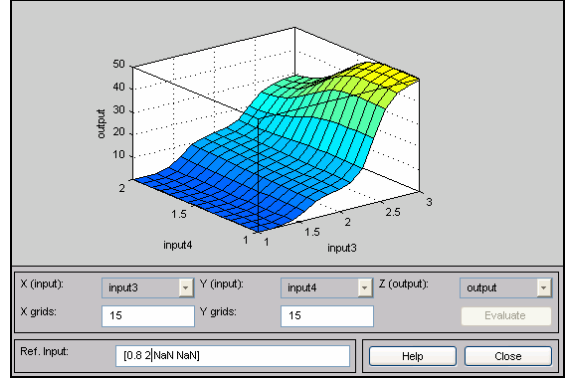
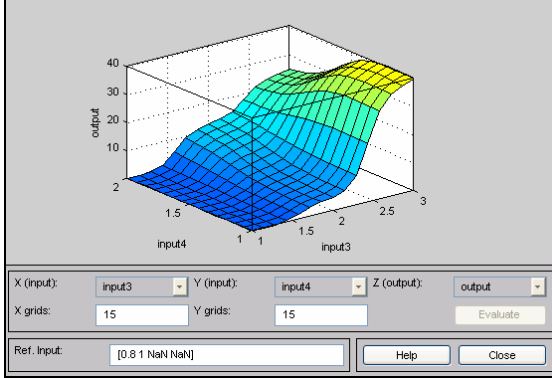
EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



EK-4 Girdi-çıktı değerlerine yönelik yüzey grafikleri (devam)



EK-5 Saat aralıklarına göre hasta sayıları

Gün	Saat Aralıkları																											
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08				
1	1	2	4	4	4	2	7	2	4	3	2	7	3	6	5	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1			
2	1	1	3	4	1	7	1	5	2	4	2	2	5	4	3	2	1	3	3	1					2			
3	2	4	4	5	4	3	3	4	2	3	3	5	3	4	5	1	4	2	1		2		1	1	1			
4			2	4	5	4	8	5	4	4	2	1	4	6	2	3	1	1							2			
5	2	4	4	3	3	2	2	2	1	6	3	6	4	1	3	6	4	1	1	1			2		0			
6	3		4	3	5	5	3	3	4	2		2	3	6	4	4	2	3		1	1	1	1	1	1			
7	1	7	4	5	3	4	3	3	3	7	2	4	5	6	4	4	4		1	1	1	2		1	1			
8	1	2	5	2	5	5	3	3	3	3	4	6	7	4	2	4	3	3	2	2	1	3	1	1	1			
9	1	4	7	4	9	2	5	5	3	3	3	6	6	4	3	4	1	1	1		2	1	1	1	1			
10	1	4	2	4	1	7	3	3	1	3	1	7	5	4	3	3	2	1					1	1	1			
11		2		7	3	2	4	4	6	3	2	1	1	4	5	2	2	2	3	2					1			
12	1	1	5	2	2	2	3		4	5	3	2	6	1	8	1	6	3	1		2				1			
13		3	3	4	3	5	8	3	3	3	1	2	7	3	3	6	2	1		2					1			
14	3	5	6	4	2	4	1	3	3	2	4	2	3	4	5	3	2		1		1	4		2				
15	3	1	2	2	6	2	2	3	4	2		2	4	4	3	2	3	3	3	1	3			2				
16		3	5	1	3	6	2	4	4	1	1	1	6	2	3	1	4	3			1	1		2				
17	2		2	3	2	4	2	1	2	2	2		2	4	4	3	5	1		3		2		1				
18	5	7	1	2	4	3	6	4	2	2	4	2	3	5			1	3	2		5		1					
19	1	2	7	4	3	2	6	1	2	3	3		8	5	4	6	1	1	1	2	2	1	1	2				
20		3	2	3	1	4	3	7	3	5	1		6	3	4	2	2	1		3	1	1		2				
21	1	2	4	4		3	5	4	2	4	3	3	4	6	2	2	3	9	1		1	1		3				
22	1	4	3	3	1	4	3	3	1	1	2	3	4	6	3	1	1		4		1	4	1					
23	2	1		4	4	5	4	5	4	3	1	3	6	5	6	4	3	1	1		2	3		1				
24	3	1	2	2	3	6	5	5	2	5		5	2	4	2	5		3	2	1	1	2		1				
25	4	3	1	4	2	3	5	1	1	1		3	5	2	2	5	2		2	3	1		1	1				

EK-5 Saat aralıklarına göre hasta sayıları (devam)

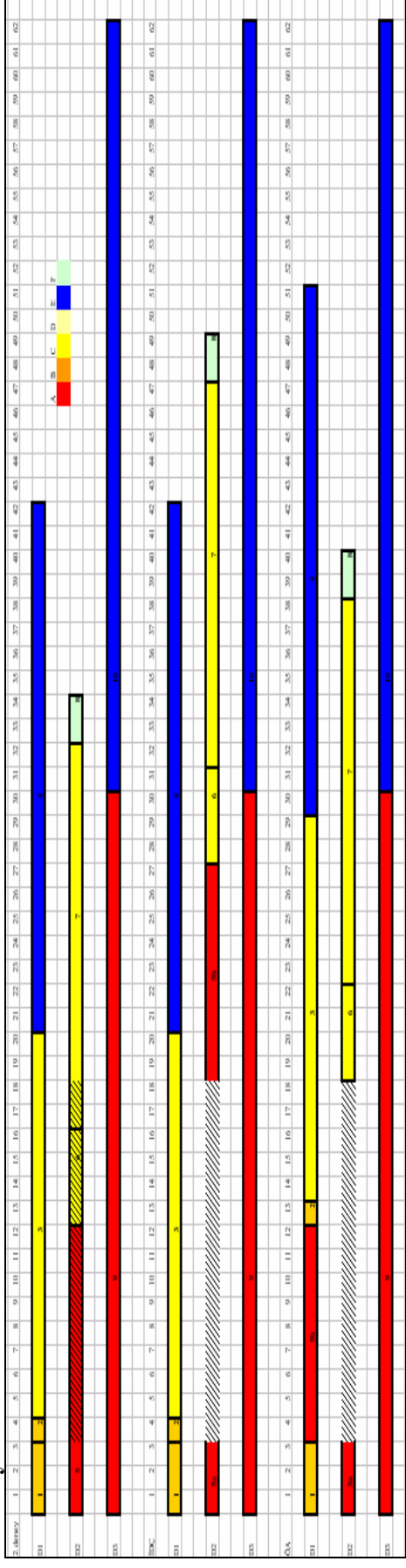
Gün	Saat Aralıkları																																															
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08																								
26	2	2	2	4	1	1	6	6	3	3	1	3	5	4	3	2	2	3	1	1	2	2	1	1	1																							
27	2	3	3	5	3	4	2	3	2	2	2	1	4	5	3	2	3	2	2	1	2	2	5	3																								
28	3	4	2	4	2	5	6	7	1	3	1	3	3	3	7	1	1	4		1			1																									
29	1	3	2	5	3	4	1	3	2	3	3	5	5	3	2	2	2	5	4	1	1	2	1																									
30	3	5	4	2	5	3	9	5	5	1	2	4	4	5	3	3	3		2		1	2	1	3																								
31	1	2	2	7	2	3	9	5	5	1	2	3	3	3	1	6	1	4				1	3																									
32	6		3	4	3	7	2	3	4	3	3	3	3	4	5	4	1	4	4	1		2	1	3																								
33	2	2	5	4	3	1	1	4	5	3	4	6	4	4	5	4	2				3	2	2	1																								
34	3	1	4	4	2	3	1	2	4	3	4	4	13	8	2	4	3		6			2	1																									
35	2	5	3	2	5	1	6	2	3	1	3	3	3	5	1	4	4	4	2	1	3	1	1	2																								
36	5	4	2	5	4	5	6	3	6	3	3	3	4	3	2	4		2	3	1	2	2	2	2																								
37	1	4	5	4	5	4	1	7	6	2	3	5	3	3	5	6	4	4	1	4	1	1	1	2																								
38	2	5	3	4	4	2	6	2	1	5	4	4	4	1	4	3	2	4	1	1	1	2	3																									
39	2	1	7	5	1	4	3	4	3	2	3	5	6	6	1	2	3	3	2		1		2	2																								
40	2	2	1	5	4	3	4	4		2	7	5	1	1	6	2	5	3	2		2	1		2																								
41	2	6	4	3	3	5	5	8	2	2	2	1	4	1	3	1	2	2	2		1	2		2																								
42	4	5	5	7	2	3	6	5	4	3	8	2	8	5	2	4	6	5	1	4		1		1																								
43	1	4	4	1	4	4	3	4	5	8	7	3	6	6	3	2	4	3	4	1	3	2		1																								
44	2		6	2	4	8	4	3	6	1	2	6	6	3	4	8	1	3		5	1	2		2																								
45	5	1	3	2	2	4	4	4	3	5	4	5	4	1	2	3	1	2																														
46	3	2		1	6	4	2	4	7	5	2	3	6	4	3	4	2	3		1			1																									
47	2	2	3	2	4	5	3	4	4	2	4	6	7	3	6	4	4		2		1		1																									
48	2	4	3	5	4	6	5	4	2	6	2	3	7	2	2	3	4	2	1	2	2	1	2	1																								
49	4	4	2	2	4	3	1	4	3	8	3	1	2	3	4	6	2	4	1			1		1																								
50	1	6	6	7	2	5	2	3	4	2	5	5	2	4	3	4		2	3	2			1	1																								

EK-5 Saat aralıklarına göre hasta sayıları (devam)

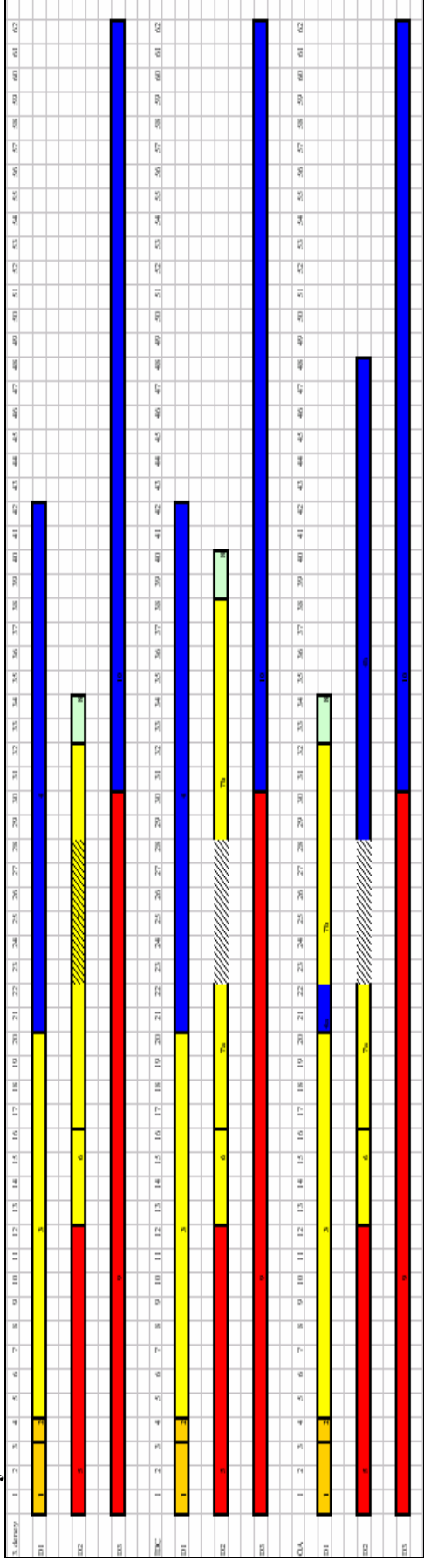
Gün	Saat Aralıkları																											
	8-9- 9 10	9-10- 10 11	10-11- 11 12	11-12- 12 13	12-13- 13 14	13-14- 14 15	14-15- 15 16	15-16- 16 17	16-17- 17 18	17-18- 18 19	18-19- 19 20	19-20- 20 21	20-21- 21 22	21-22- 22 23	22-23- 23 00	23-00- 00 01	00-01- 01 02	01-02- 02 03	02-03- 03 04	03-04- 04 05	04-05- 05 06	05-06- 06 07	06-07- 07 08					
51	1	1	4	5	3	3	1	7	7	4	7	5	6	2	6	2	1		2	3	3	1	1					
52	2	7	4	2	2	11	4	2	5	6	5	4	3	3	3	4	2	3	1	1		2	1					
53	3		2	2	5	3	2	2	2	5	3	3	6	1	3	2	5	2			2							
54	4	2	3	2	1		2	3		4	2	6	5	1	5	4	2	2	2		1	1	2					
55	1	5	2	4	3	3	6	2	3	8	2	3	4	4	5	3	3	2	1	1	1							
56	1	1	3	4	2	4	6	3	5	1	3	5	4	6	2	4	2	6	2	3								
57	2	6	3	1	5	6	2	6	6	2	4	3	6	4	5	2	3		4	3	3	1	1					
58	1	4	2	3	5	2	5	4	4	4	2	8	4	2	3	4	4	2	2	1		1	1					
59	1	3	5	1	4		3	5	1	4	1	4	2	1	2	5		1	3		1	1						
60		3	3	3	5	3	2	3	1	6	3	8	3	2	4	3		1	2		1	1						
51	1	1	4	5	3	3	1	7	7	4	7	5	6	2	6	2	1		2	3	3	1	1					
52	2	7	4	2	2	11	4	2	5	6	5	4	3	3	3	4	2	3	1	1		2	1					
53	3		2	2	5	3	2	2	2	5	3	3	6	1	3	2	5	2			2							
54	4	2	3	2	1		2	3		4	2	6	5	1	5	4	2	2	2		1	1	2					
55	1	5	2	4	3	3	6	2	3	8	2	3	4	4	5	3	3	2	1	1	1							
56	1	1	3	4	2	4	6	3	5	1	3	5	4	6	2	4	2	6	2	3								
57	2	6	3	1	5	6	2	6	6	2	4	3	6	4	5	2	3		4	3	3	1	1					
58	1	4	2	3	5	2	5	4	4	4	2	8	4	2	3	4	4	2	2	1		1	1					
59	1	3	5	1	4		3	5	1	4	1	4	2	1	2	5		1	3		1	1						
60		3	3	3	5	3	2	3	1	6	3	8	3	2	4	3		1	2		1	1						
51	1	1	4	5	3	3	1	7	7	4	7	5	6	2	6	2	1		2	3	3	1	1					
52	2	7	4	2	2	11	4	2	5	6	5	4	3	3	3	4	2	3	1	1		2	1					
53	3		2	2	5	3	2	2	2	5	3	3	6	1	3	2	5	2			2							
54	4	2	3	2	1		2	3		4	2	6	5	1	5	4	2	2	2		1	1	2					
55	1	5	2	4	3	3	6	2	3	8	2	3	4	4	5	3	3	2	1	1	1							
56	1	1	3	4	2	4	6	3	5	1	3	5	4	6	2	4	2	6	2	3								
57	2	6	3	1	5	6	2	6	6	2	4	3	6	4	5	2	3		4	3	3	1	1					
58	1	4	2	3	5	2	5	4	4	4	2	8	4	2	3	4	4	2	2	1		1	1					
59	1	3	5	1	4		3	5	1	4	1	4	2	1	2	5		1	3		1	1						
60		3	3	3	5	3	2	3	1	6	3	8	3	2	4	3		1	2		1	1						

EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler

2. deney

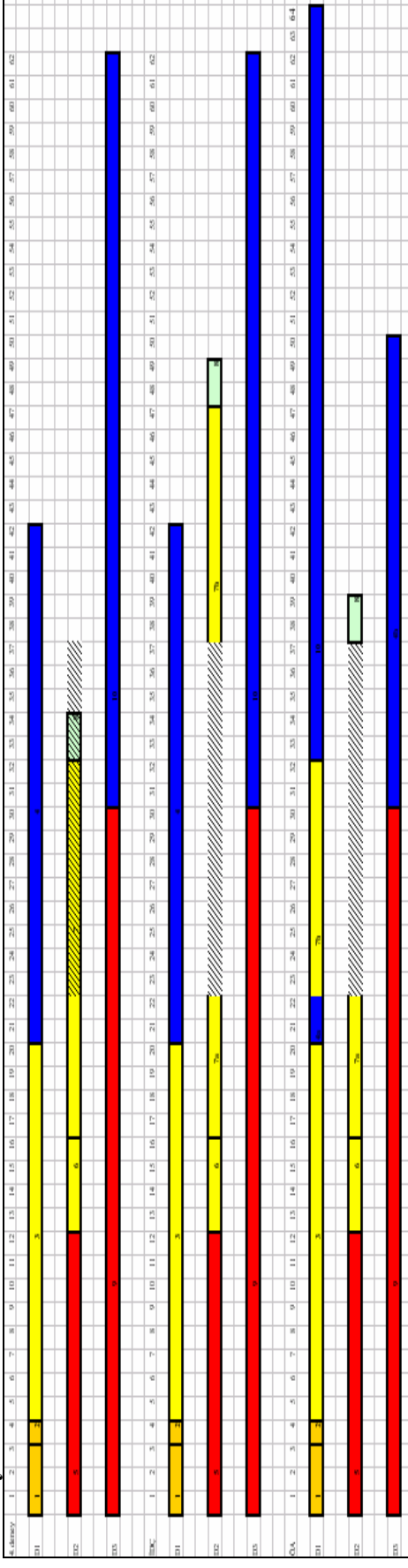


3. deney

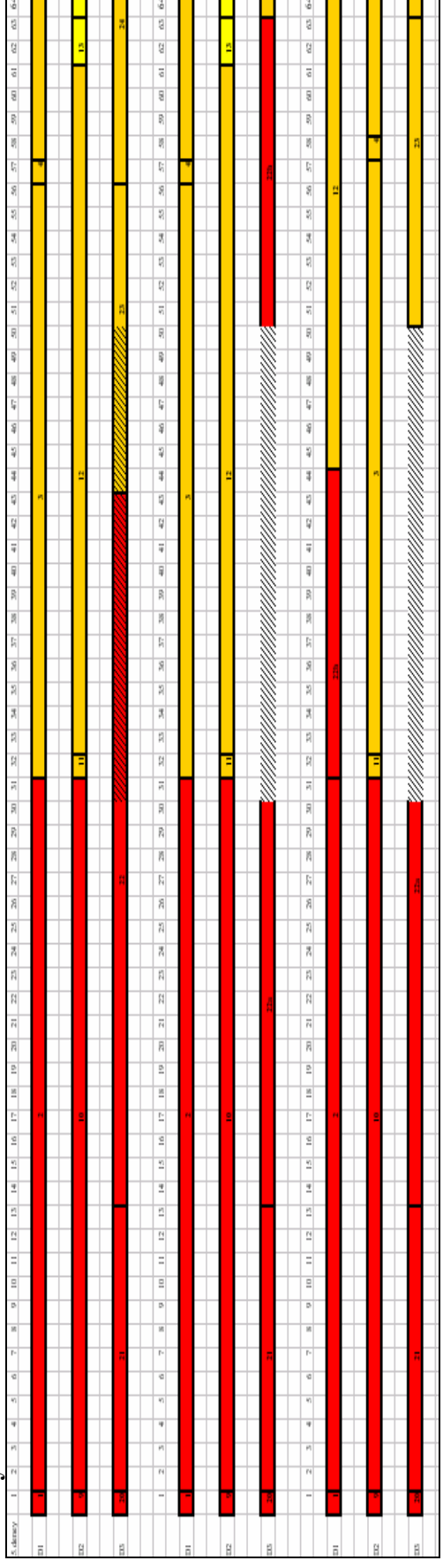


EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

4.deney

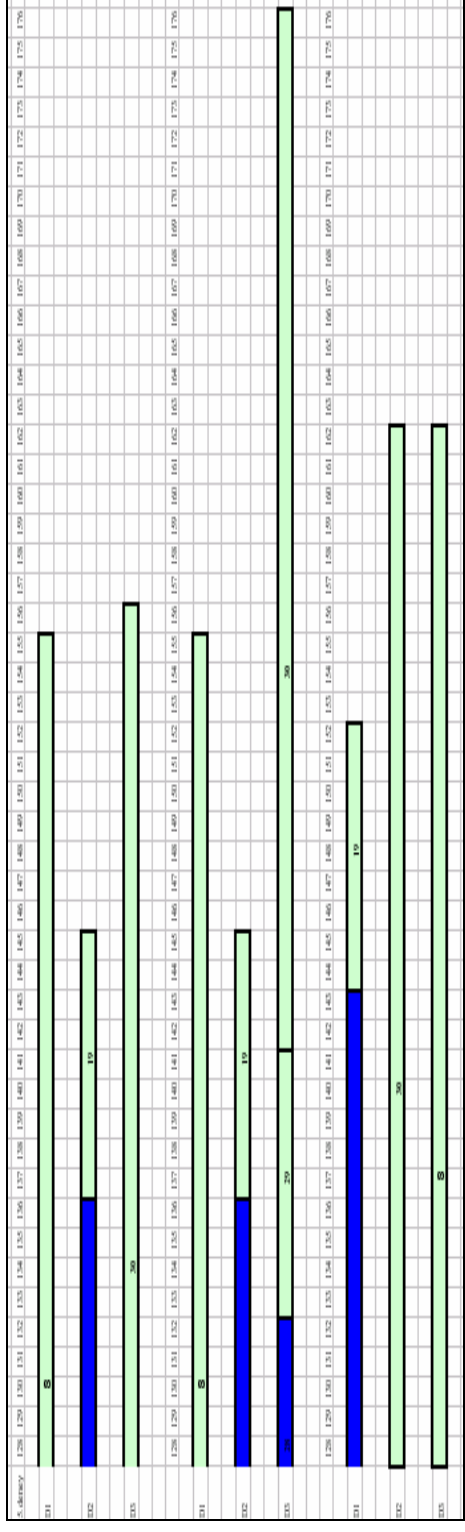
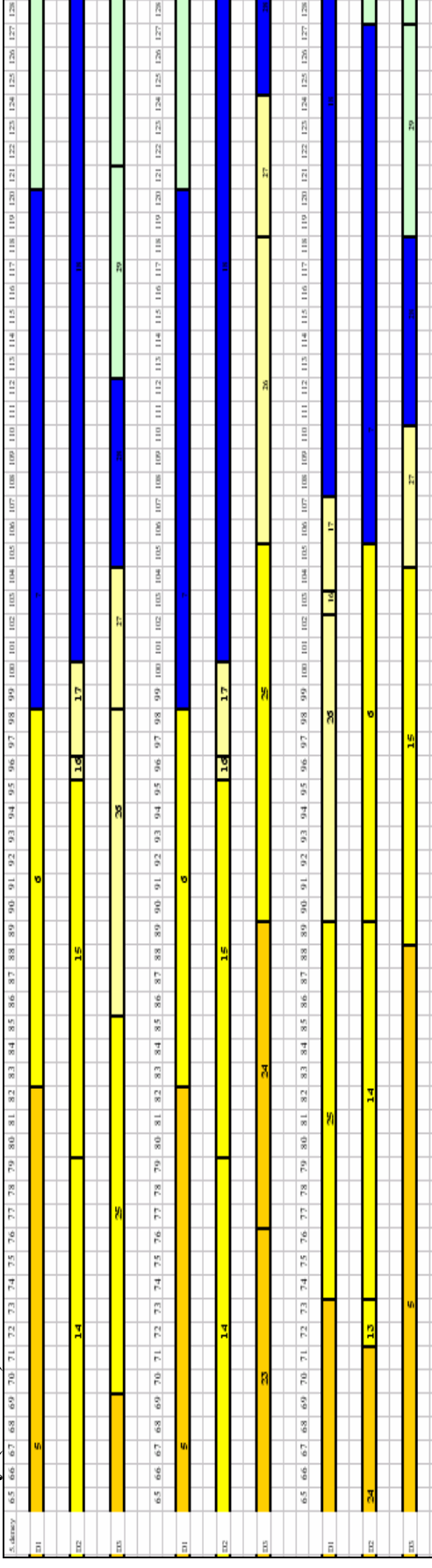


5.deney



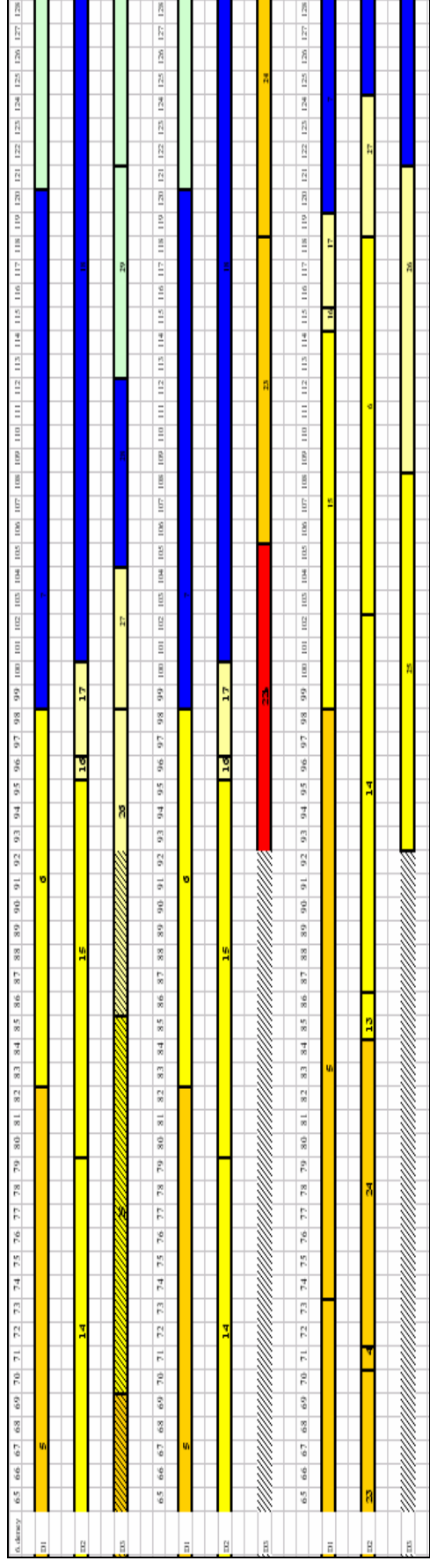
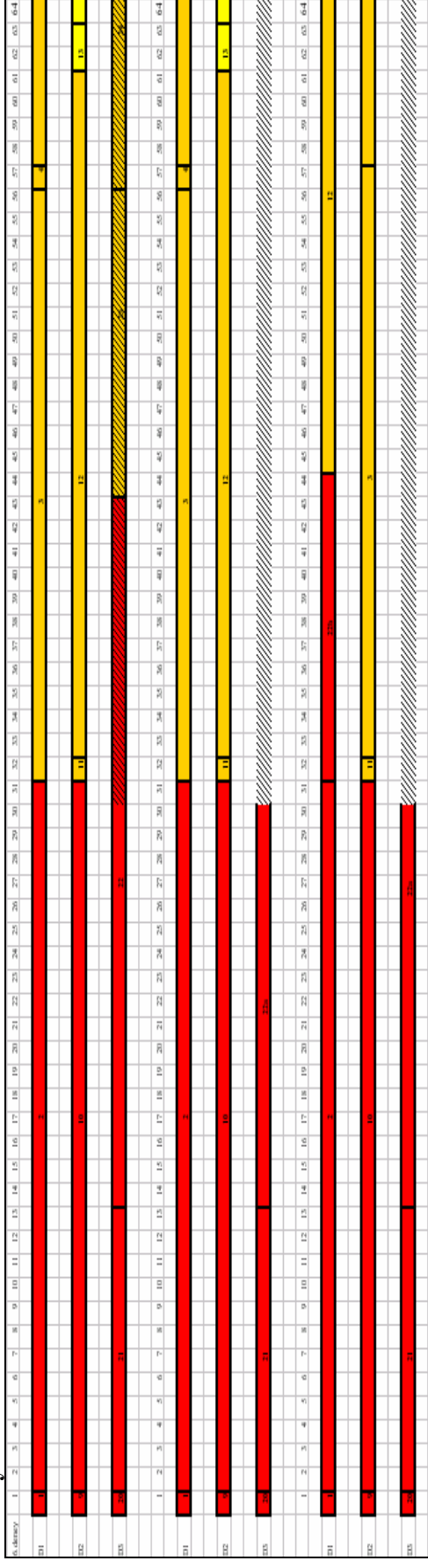
EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

5. deney (devam)



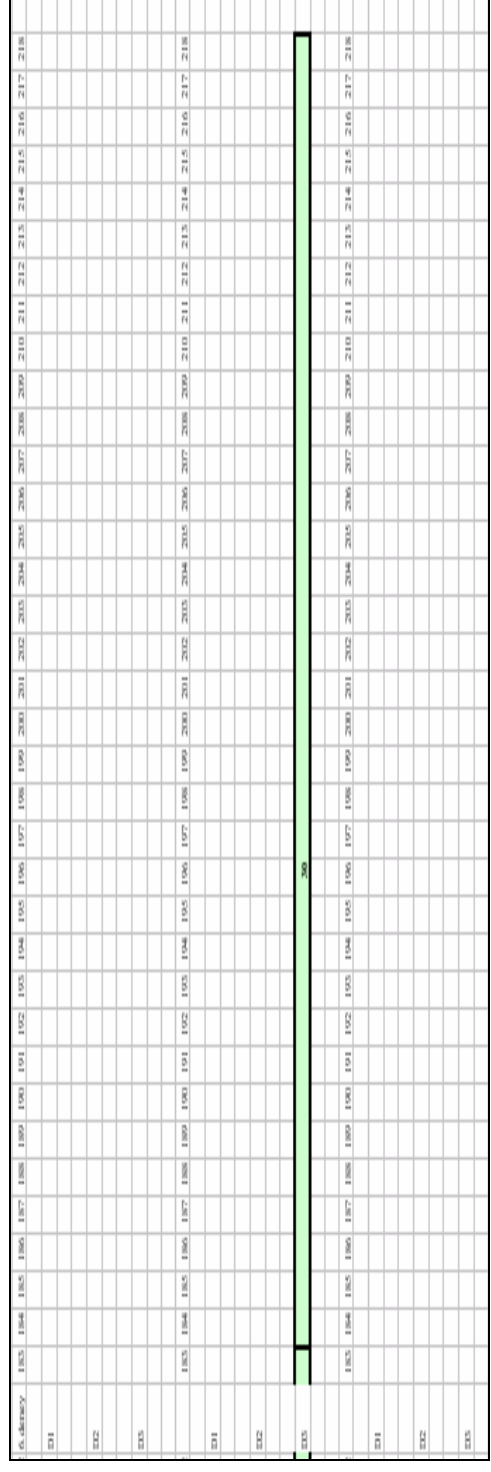
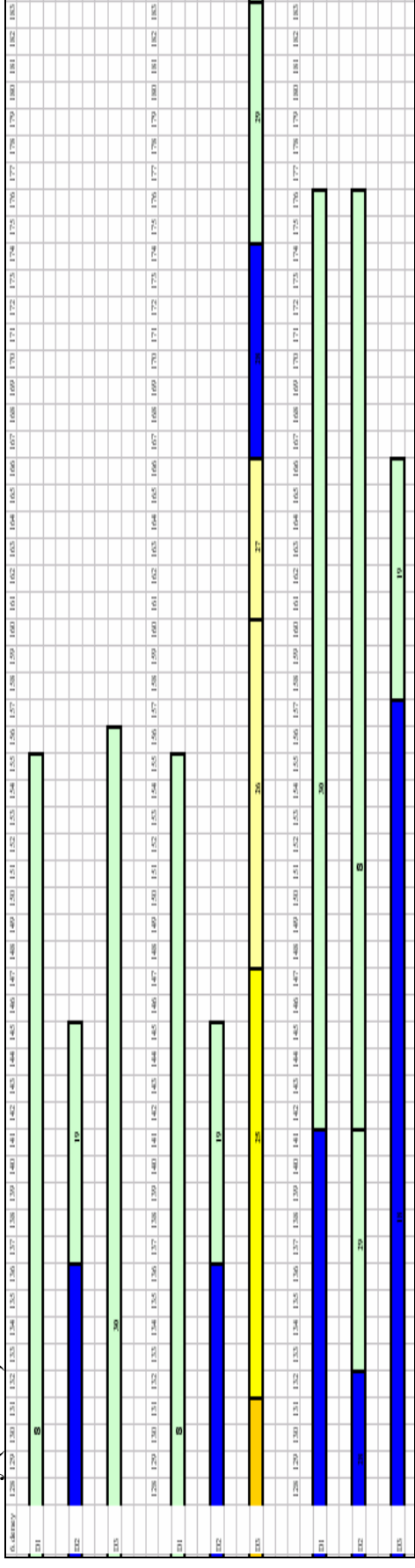
EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

6.deney



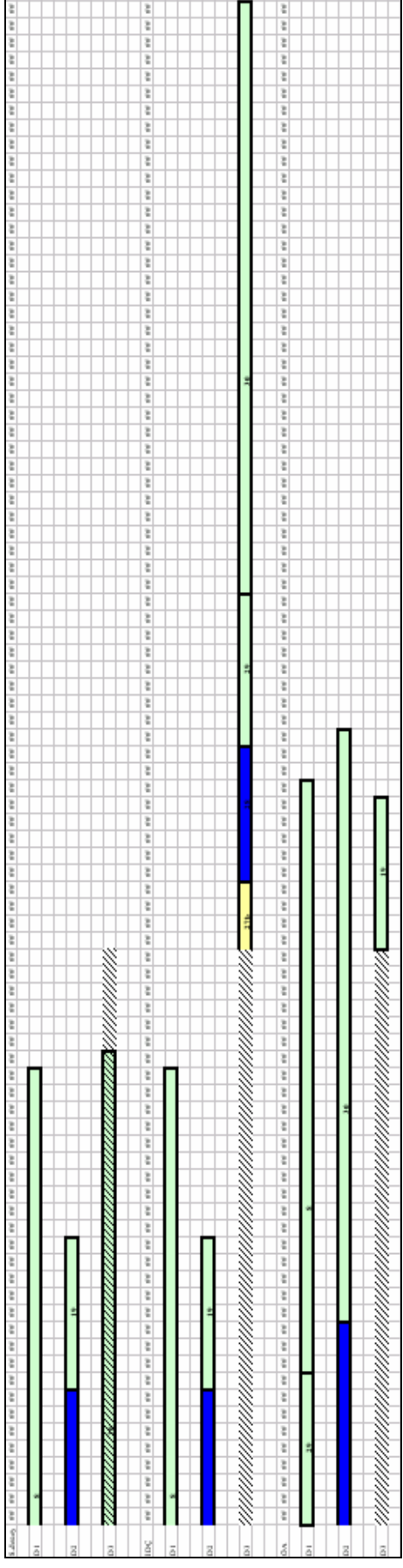
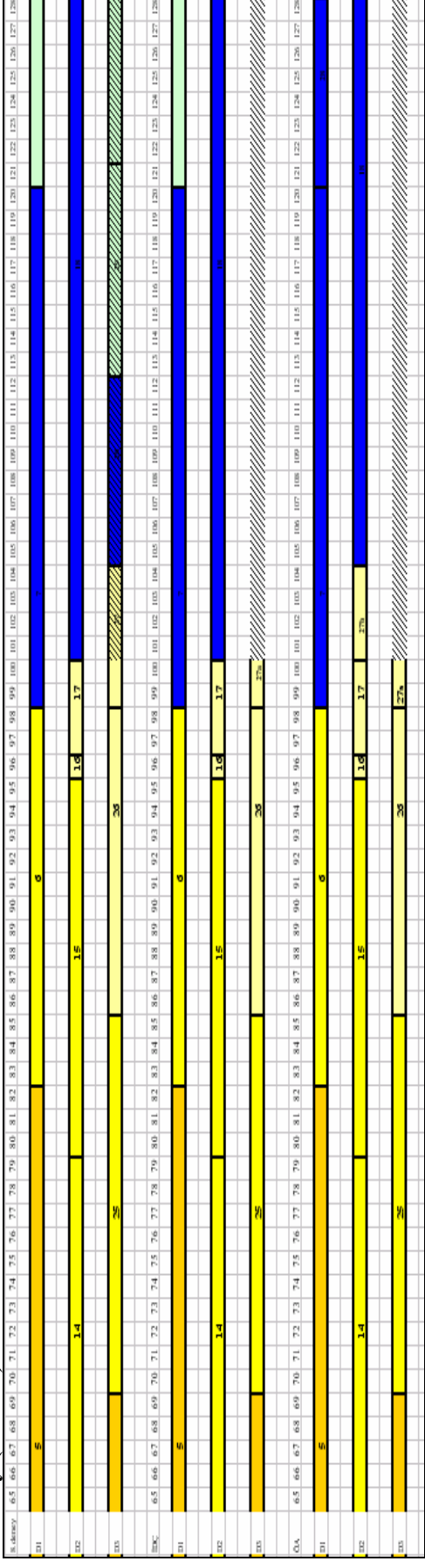
EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

6. deney (devam)



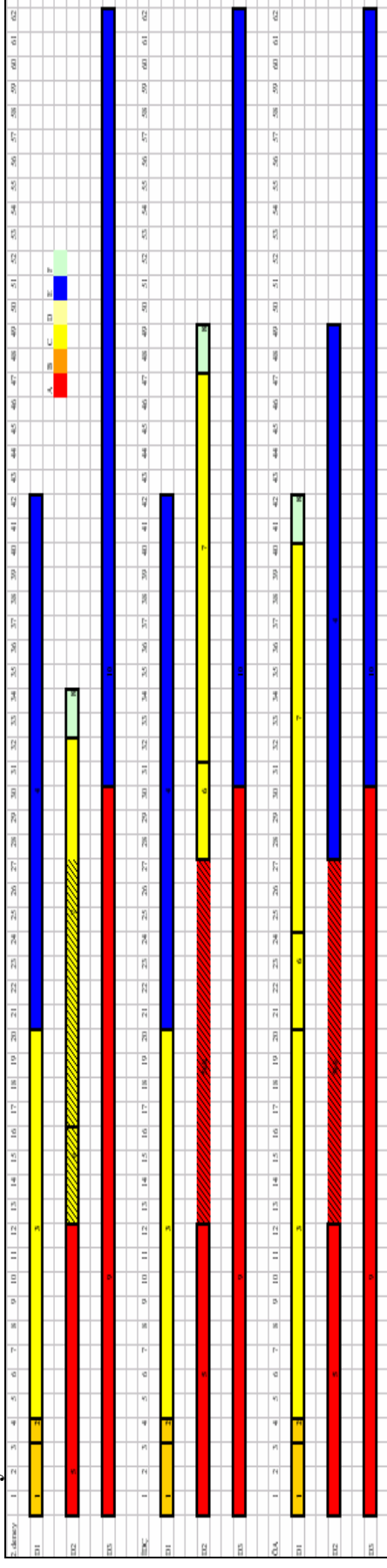
EK-6 Doktor sayısının azalması deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

8. deney (devam)

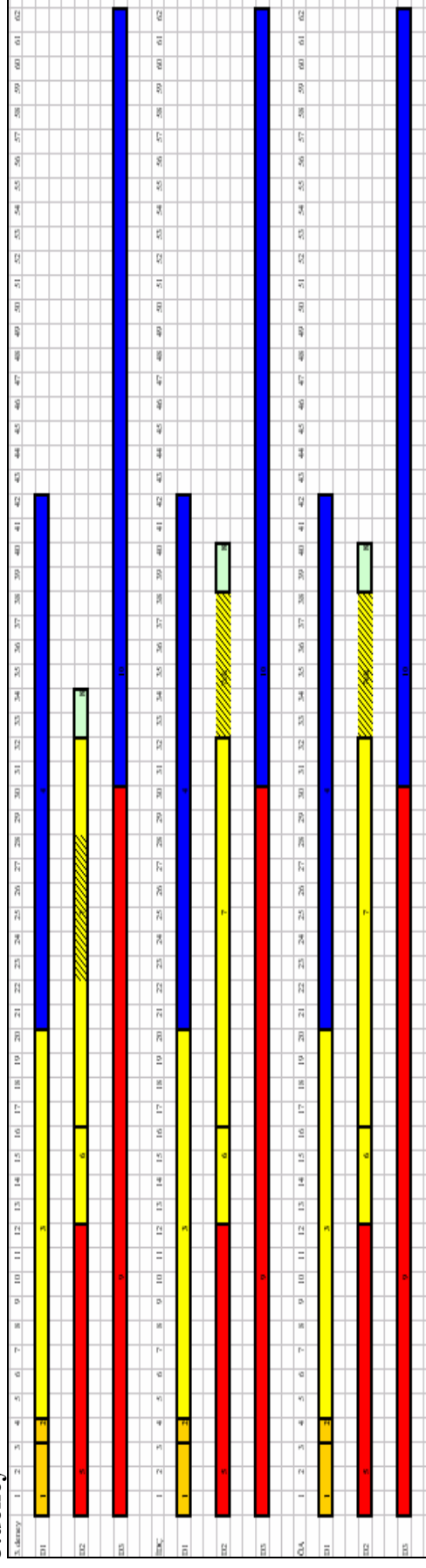


EK-7 Süre değişim deneyi için hazırlanan çizelgeler

2.deney

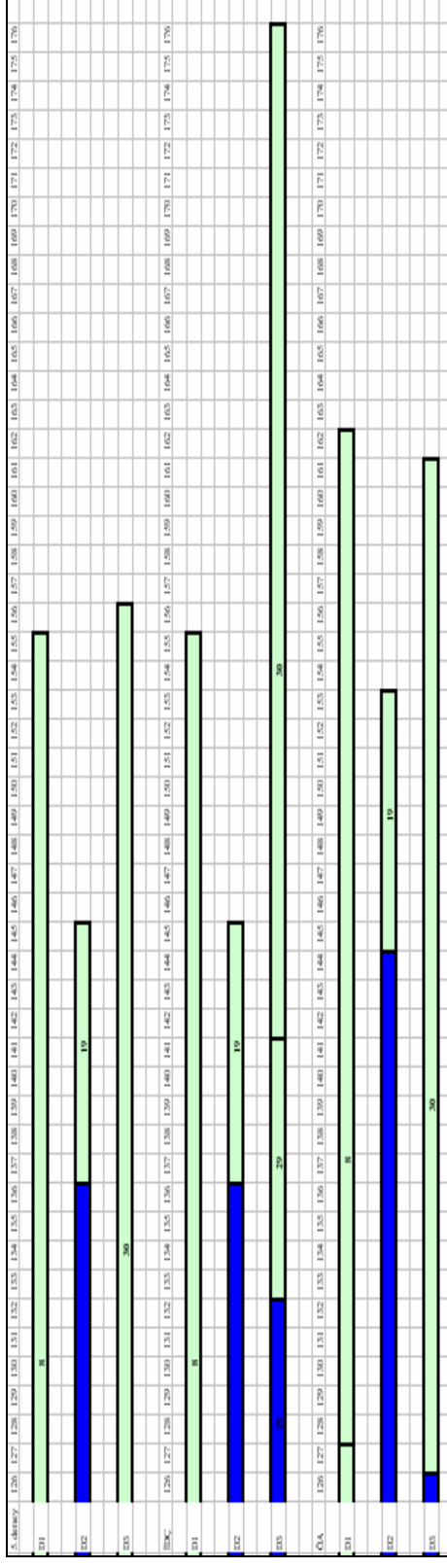
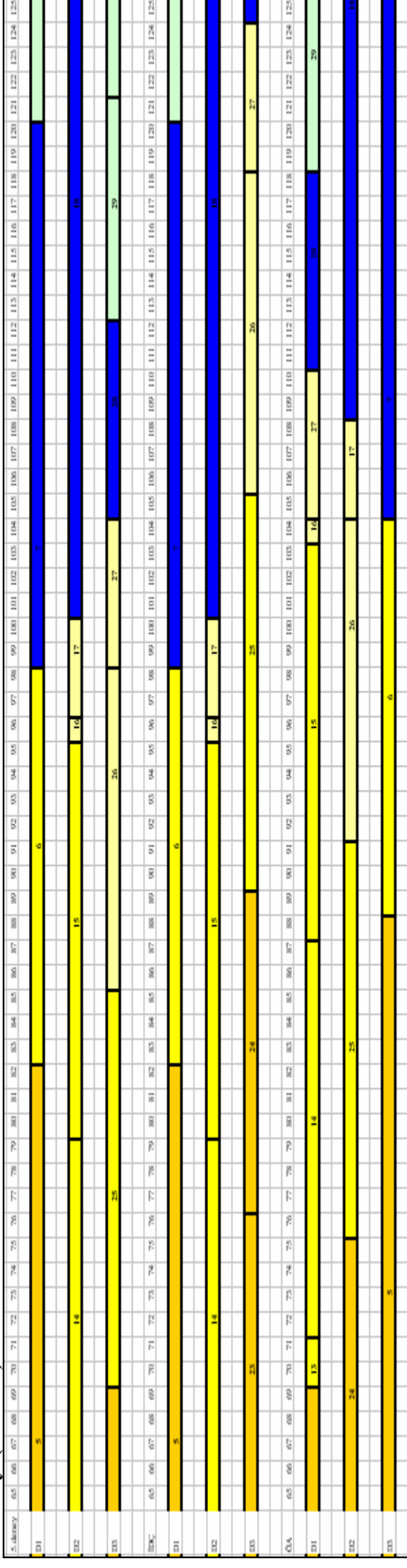


3.deney



EK-7 Süre değişim deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

5. deney (devam)



EK-7 Süre değişim deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

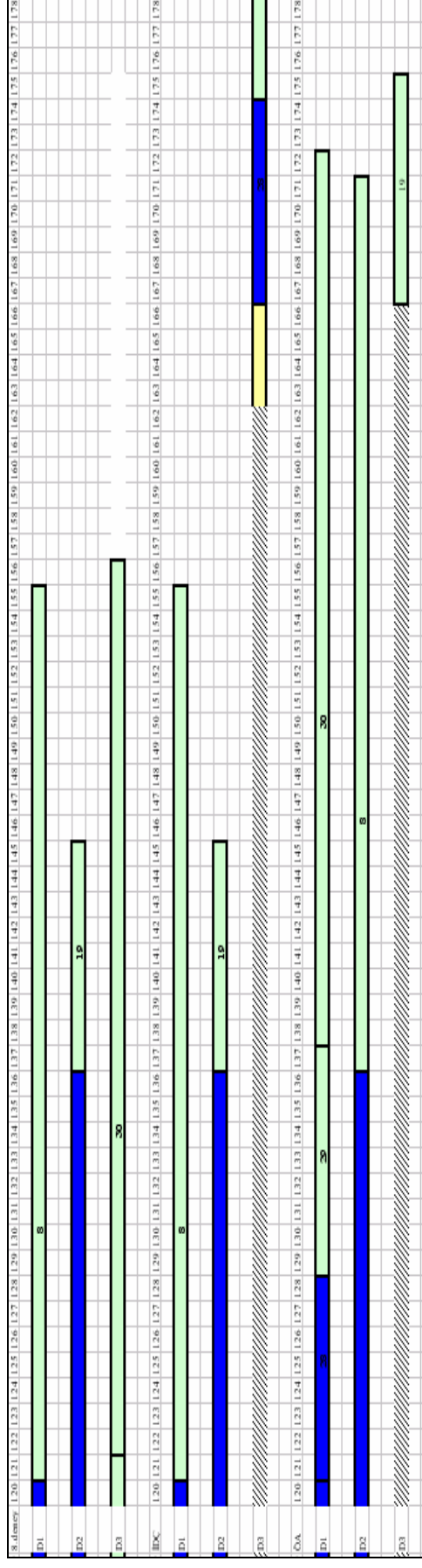
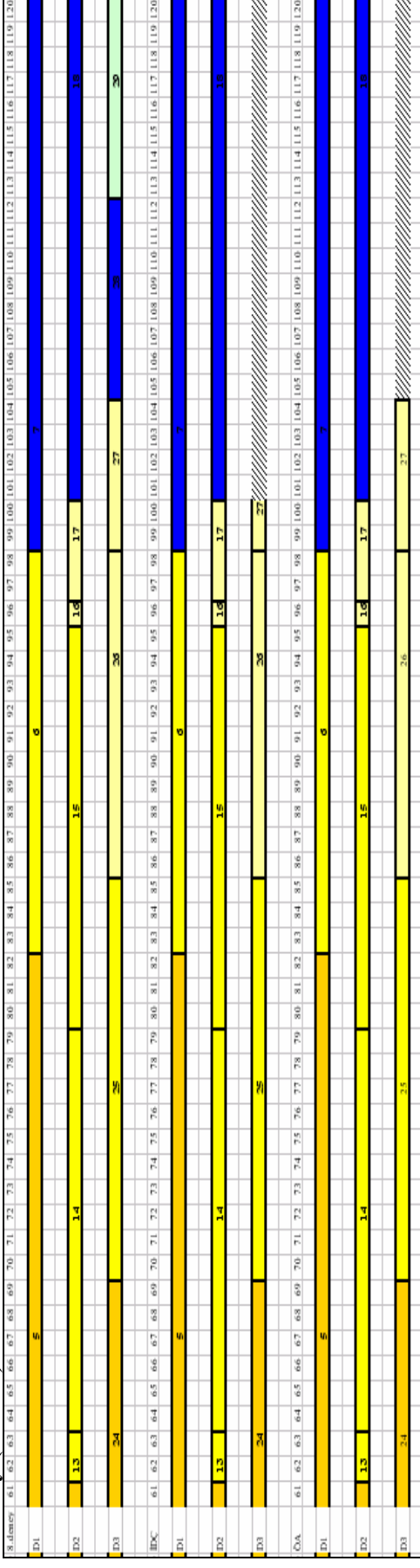
6.deney

S. Adı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
D1																																																																						
D2																																																																						
D3																																																																						
D4																																																																						
D5																																																																						
D6																																																																						
D7																																																																						
D8																																																																						
D9																																																																						
D10																																																																						
D11																																																																						
D12																																																																						
D13																																																																						
D14																																																																						
D15																																																																						
D16																																																																						
D17																																																																						
D18																																																																						
D19																																																																						
D20																																																																						
D21																																																																						
D22																																																																						
D23																																																																						
D24																																																																						
D25																																																																						
D26																																																																						
D27																																																																						
D28																																																																						
D29																																																																						
D30																																																																						
D31																																																																						
D32																																																																						
D33																																																																						
D34																																																																						
D35																																																																						
D36																																																																						
D37																																																																						
D38																																																																						
D39																																																																						
D40																																																																						
D41																																																																						
D42																																																																						
D43																																																																						
D44																																																																						
D45																																																																						
D46																																																																						
D47																																																																						
D48																																																																						
D49																																																																						
D50																																																																						
D51																																																																						
D52																																																																						
D53																																																																						
D54																																																																						
D55																																																																						
D56																																																																						
D57																																																																						
D58																																																																						
D59																																																																						
D60																																																																						
D61																																																																						
D62																																																																						
D63																																																																						
D64																																																																						
D65																																																																						
D66																																																																						
D67																																																																						
D68																																																																						
D69																																																																						
D70																																																																						
D71																																																																						
D72																																																																						
D73																																																																						
D74																																																																						
D75																																																																						
D76																																																																						
D77																																																																						
D78																																																																						
D79																																																																						
D80																																																																						
D81																																																																						
D82																																																																						
D83																																																																						
D84																																																																						
D85																																																																						
D86																																																																						
D87																																																																						
D88																																																																						
D89																																																																						
D90																																																																						
D91																																																																						
D92																																																																						
D93																																																																						
D94																																																																						
D95																																																																						
D96																																																																						
D97																																																																						
D98																																																																						
D99																																																																						
D100																																																																						

S. Adı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
D1																																																																						
D2																																																																						
D3																																																																						
D4																																																																						
D5																																																																						
D6																																																																						
D7																																																																						
D8																																																																						
D9																																																																						
D10																																																																						
D11																																																																						
D12																																																																						
D13																																																																						
D14																																																																						
D15																																																																						
D16																																																																						
D17																																																																						
D18																																																																						
D19																																																																						
D20																																																																						
D21																																																																						
D22																																																																						
D23																																																																						
D24																																																																						
D25																																																																						
D26																																																																						
D27																																																																						
D28																																																																						
D29																																																																						
D30																																																																						
D31																																																																						
D32																																																																						
D33																																																																						
D34																																																																						
D35																																																																						
D36																																																																						
D37																																																																						
D38																																																																						
D39																																																																						
D40																																																																						
D41																																																																						
D42																																																																						
D43																																																																						
D44																																																																						
D45																																																																						
D46																																																																						
D47																																																																						
D48																																																																						
D49																																																																						
D50																																																																						
D51																																																																						
D52																																																																						
D53																																																																						
D54																																																																						
D55																																																																						
D56																																																																						
D57																																																																						
D58																																																																						
D59																																																																						
D60																																																																						
D61																																																																						
D62																																																																						

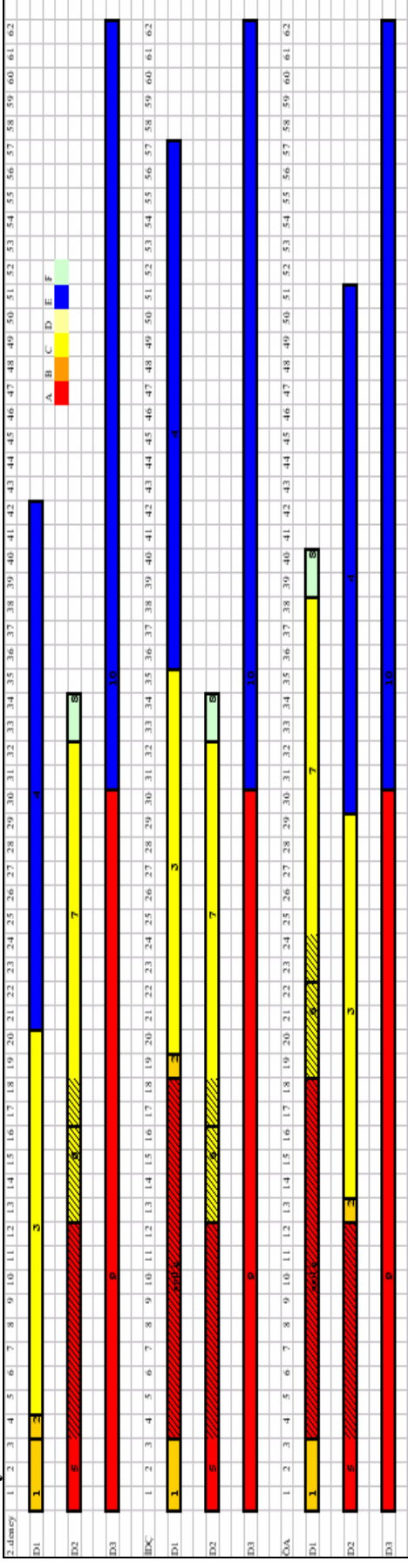
EK-7 Süre değişim deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

8. deney (devam)

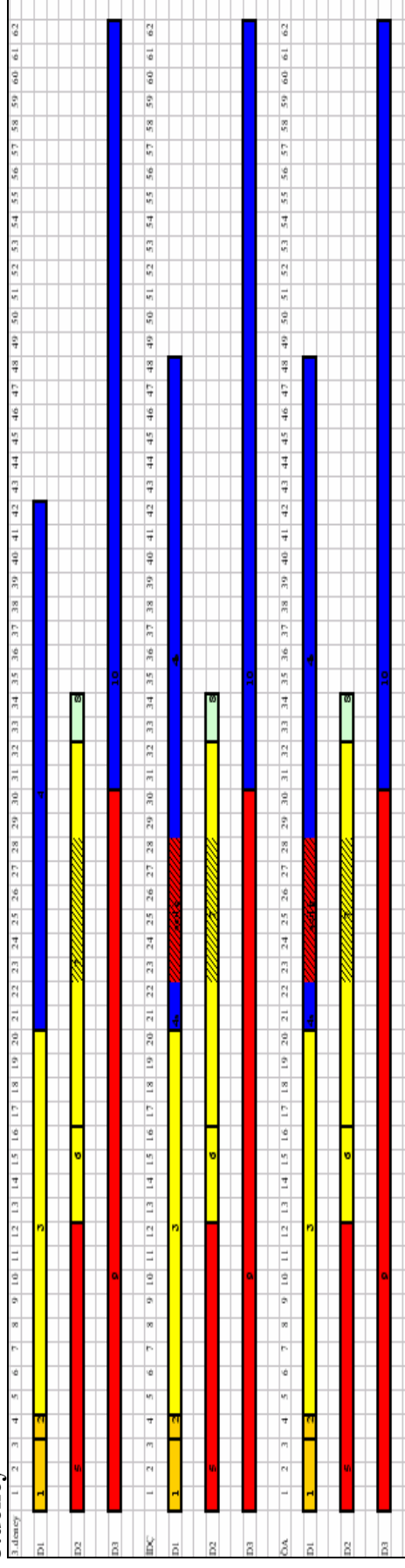


EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler

2.deney

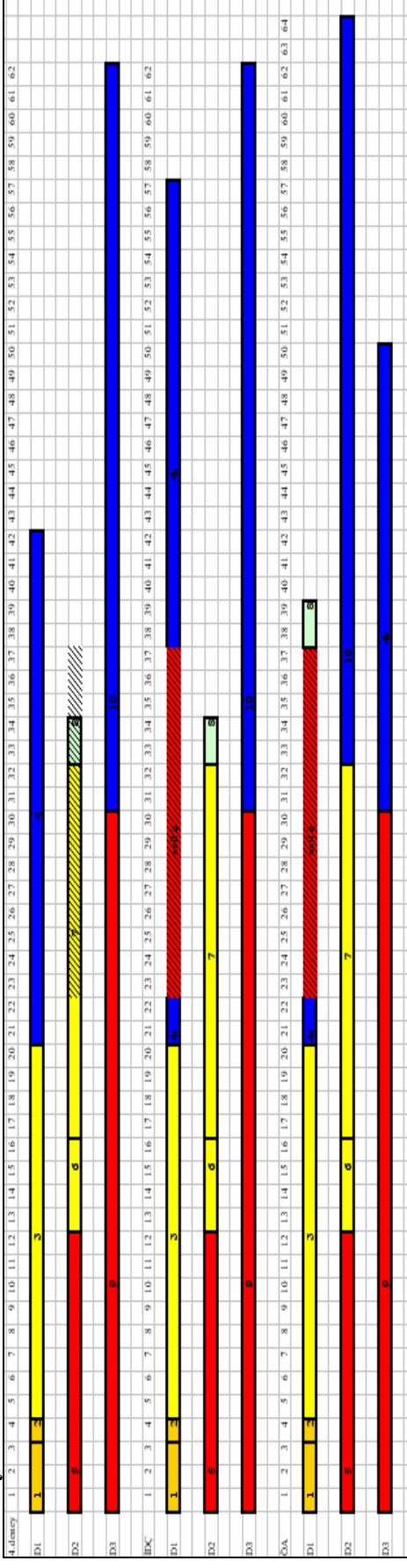


3.deney

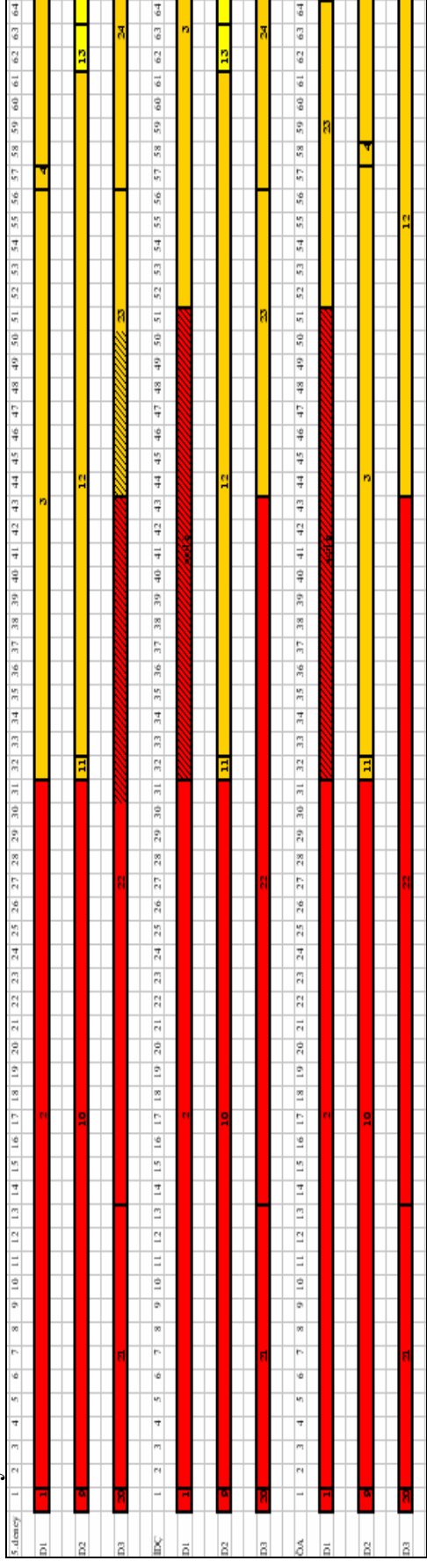


EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

4.deney



5.deney



EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

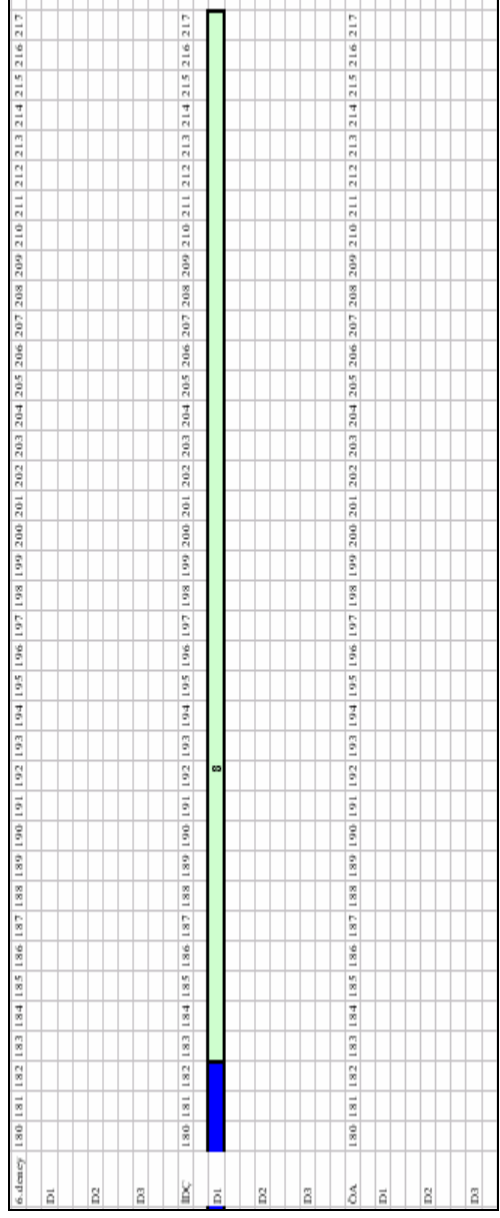
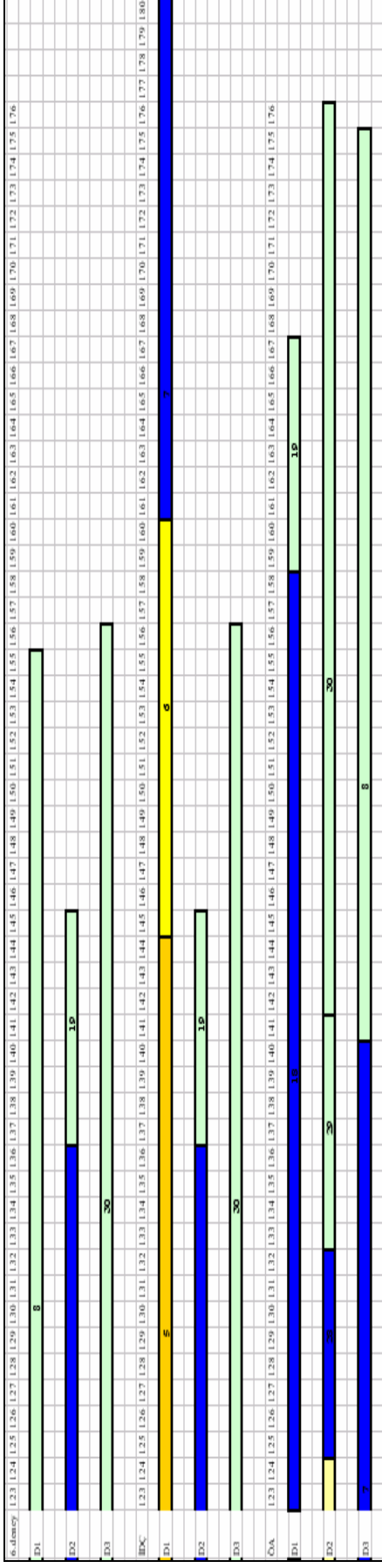
5.deney (devam)

S.deney	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120																												
D1	5														6														7																																																							
D2	14														15														16														17														18														19													
D3	25														26														27														28														29																											
EKC	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120																												
D1	4														5														6																																																							
D2	14														15														16														17														18																											
D3	25														26														27														28														29																											
ÖA	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120																												
D1	5														6														7														8																																									
D2	13														14														15														16														17														18													
D3	24														25														26														27														28														29													

S.deney	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
D1	8														9														10																											
D2	19														20														21																											
D3	30														31														32																											
EKC	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
D1	7														8														9																											
D2	18														19														20																											
D3	29														30														31																											
ÖA	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176
D1	15														16														17																											
D2	26														27														28																											
D3	37														38														39																											

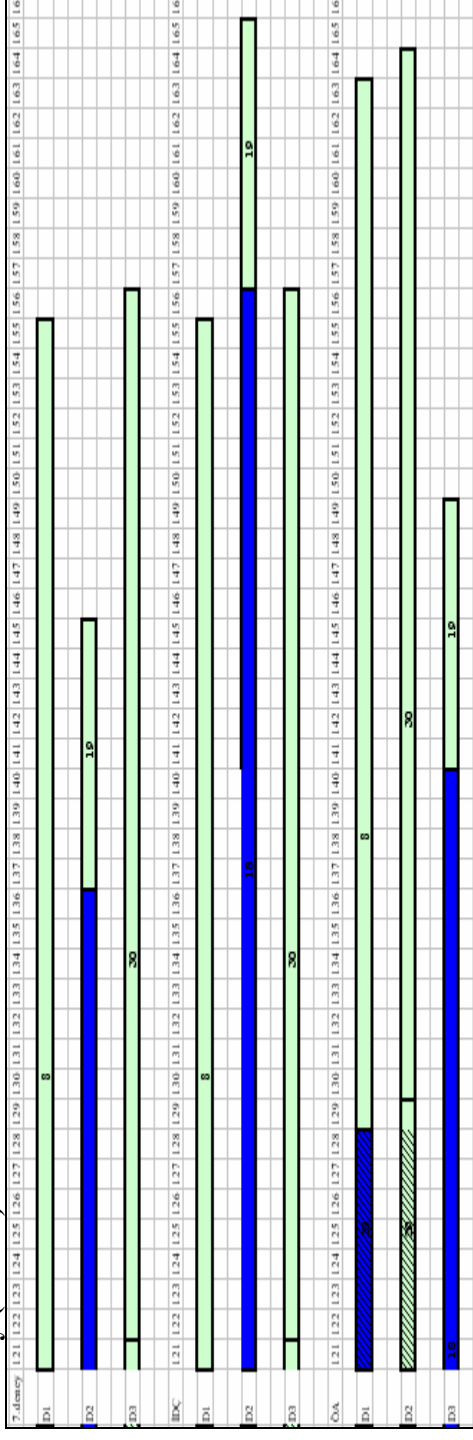
EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

6.deney (devam)

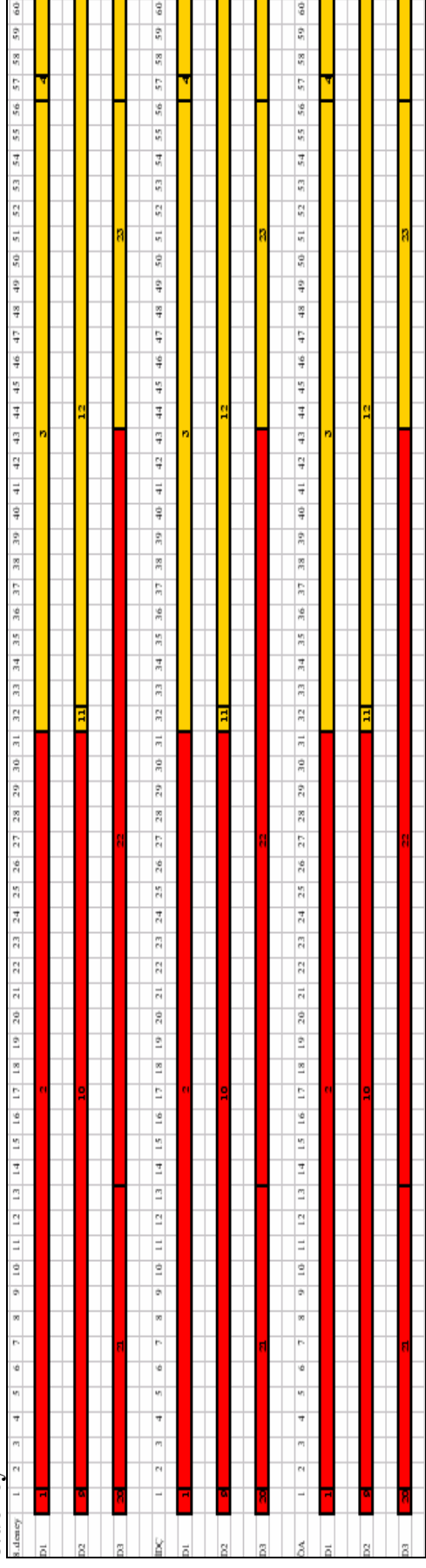


EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

7.deney (devam)

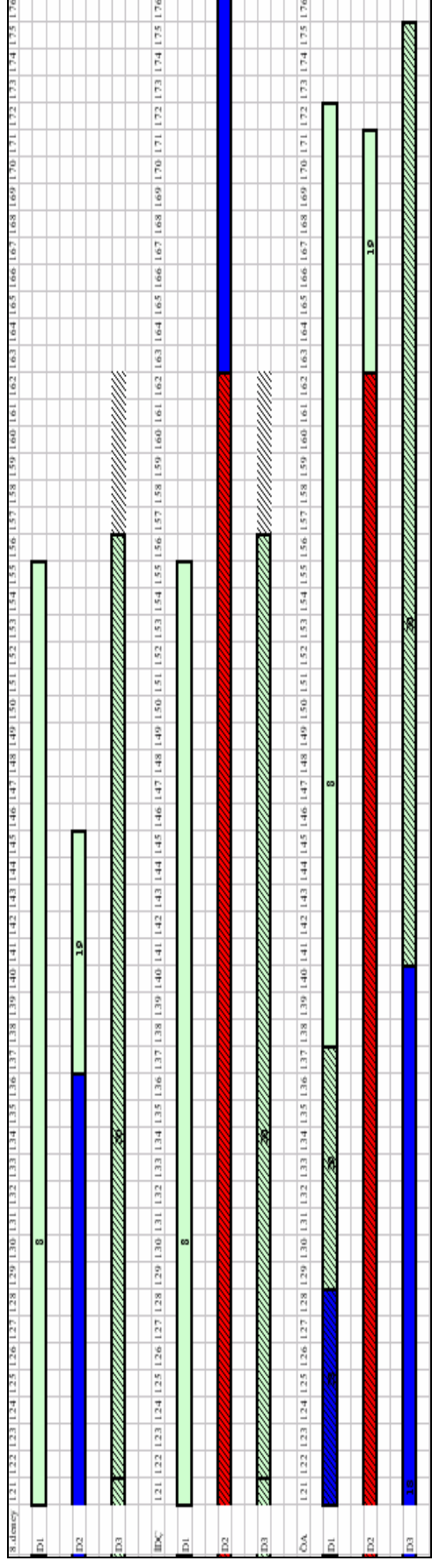
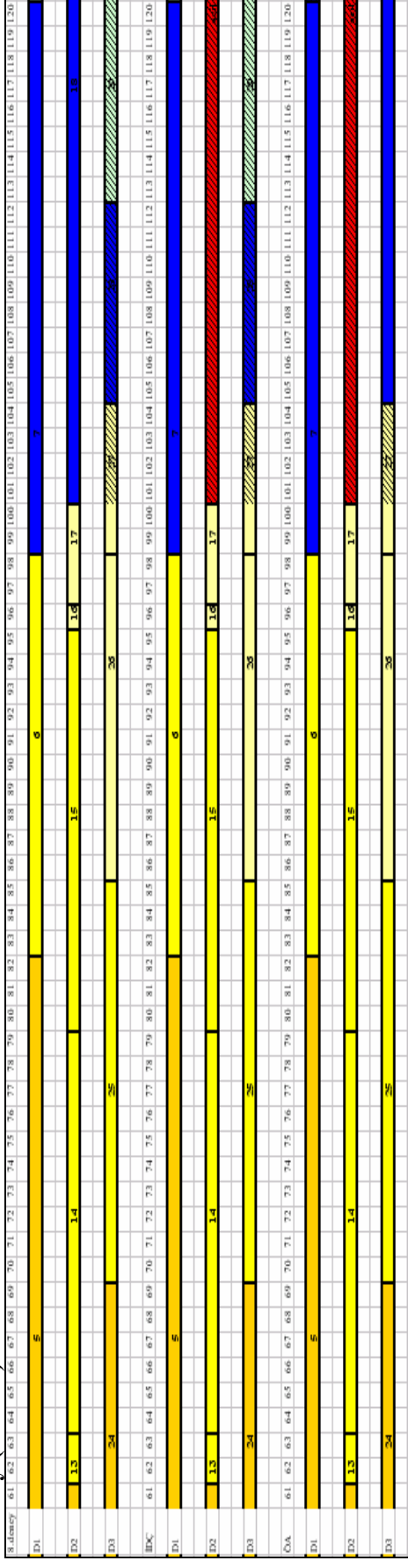


8.deney



EK-8 Acil hasta geliş deneyi için hazırlanan çizelgeler (devam)

8.deney (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Şafak KIRIŞ, 1979 yılında Kütahya'da doğmuştur. 1997 yılında Ali Gural Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazanmış ve 2001 yılında lisans eğitimini tamamlamıştır. 2003 yılında Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesini almıştır. 2001–2004 yılları arasında Dumlupınar Üniversitesi Kütahya İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmıştır. Aynı sene önce Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak geçiş yapmış, ardından Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimi nedeniyle Araştırma Görevlisi olarak görevlendirilmiştir.