

74283

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAĞLIK SİSTEMLERİNDE

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Yaşar Saadettin PEKTUT

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 4.Haziran.1990

Tezin Savunulduğu Tarih : 18.Haziran.1990

Tez Danışmanı

: Yard.Doç.Dr. Mehmet TANYAŞ

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Dr. Ataç SOYSAL

Prof.Dr. Murat DİNÇMEN

HAZİRAN 1990

Y. B.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖNSÖZ

Sağlık sistemlerinde çok amaçlı karar verme tekniklerinin incelendiği makro düzeyde bir uygulamanın yapıldığı ve planlı dönem hedeflerinin modellendiği bu çalışmada konunun sadece sınırlı bir kısmı ele alınabilmiştir.

Sosyal boyutunun diğer boyutlarından daha ağır olması ve yapılacak hatalardan doğacak sonuçların bedelinin insan hayatı olması nedeni ile sağlık hizmetlerinde kararların riskinin büyüklüğü herkes tarafından kabul edilmektedir. Ancak karar riskinin büyüklüğü kararlar verilemeyeceği anlamına gelemz. Alınması zorunlu olan kararların ise mümkün olduğu kadar bilimsel ve optimum gerçekleşmesi yapılacak uygulamaların artırılması ile mümkün olabilecektir.

Bu çalışmanın yapılması sırasında değerli yardımlarını gördüğüm ve yönlendirmeleri ile beni destekleyen hocam Sn Yard. Doç. Dr. Mehmet TANYAŞ ile bilgisayar kullanımı konusunda yardımcı olan arkadaşım Sn Araş. Gör. M. Mutlu YENİSEY ve diğer emeği geçenler Sn Saadet KARAÇAM ve Sn Şakir ÖZTEL'E teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 SAĞLIK SİSTEMLERİ	3
2.1. Sağlık Sistemi	3
2.1.1. Sağlık Sisteminin Fonksiyonel Yapısı	4
2.1.2. Sağlık Sistemi Modeli	6
2.2. Hasta ve Hastalık Kavramları	8
2.2.1. Kişisel Sağlık Bakımı Süreci	9
2.3. Sağlık Tesislerinin Sınıflandırılması	10
2.3.1. Koruyucu Sağlık Hizmetleri	10
2.3.2. Tedavi Edici Sağlık Hizmetleri	13
BÖLÜM 3 ÇOK AMAÇLI KARAR VERMEDE TEMEL KAVRAMLAR VE YÖNTEMLER	15
3.1. Temel Kavramlar ve Birbirleri ile İlişkileri	15
3.2. Bir Çok Ölçütlü Karar Verme Durumunun yapısı	16
3.3. Yönetimde Karar Vermenin Ana Hatları	17
3.4. Çok Amaçlı Karar Vermenin Bazı Matematik İfadeleri	18
3.5. Amaç Fonksiyonları	19
3.6. Çok Amaçlı Karar Verme Modellerinin Çeşitleri	22
3.7. Çok Ölçütlü Matematik Programlama Probleminin ilk yöntemler	28
3.7.1. Bütün Amaçların Seviyeleri Oluşturulması	30
3.7.2. Bir Amaç Dışındaki Tüm Amaçların Seviyelerinin Oluşturulması	31
3.7.3. Bütün Yeterli Ekstrem Nokta Çözümlerin Bulunması	32
3.7.4. Amaç Fonksiyonlarının Birleştirilmesinde Ağırlıklar Kullanılması	32
3.8. İlk Yaklaşımların Sorunlarının Giderilmesi	33
3.8.1. Hedef Programlama	33
3.8.2. Wierzbicki Yöntemi	37
3.8.3. Zions-Wallenius Yöntemi	38
3.8.4. Geoffrian, Dyer ve Feinberg Yöntemi	42
3.8.5. Görüntüsel Etkileşimli Yöntem	44
3.8.6. Pareto Yarışı	45
3.8.7. Ayrık Alternatifler Yöntemi	47
3.8.8. Sonuç	48
BÖLÜM 4 SAĞLIK SİSTEMLERİNDE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ VE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI UYGULAMALARI	49
4.1. Sağlık Sistemlerinde Endüstri Mühendisliği Uygulamaları	49
4.2. Sağlık Sistemlerinde Yöneylem Araştırması Uygulamaları	52
4.2.1. Hastanelerde Kaynak Tahsisi	55

BÖLÜM 5 SAĞLIK SİSTEMLERİNDE ÇOK AMAÇLI KARAR VERME	
UYGULAMALARI	57
5.1. Çok Amaçlı Modellerle Yönetmel Planlama ve Bütçeleme	57
5.2. Bölgesel Acil Tıp Servisi İçin Doğrusal Olmayan Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım	67
5.3. Hedef Programlama Teknikleri Kullanılarak Hemşirelerin Programlanması	77
BÖLÜM 6 ALTINCI BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI SAĞLIK HEDEFLERİNİN ETÜDÜ	86
SONUÇ VE ÖNERİLER	93
EK 1	95
EK 2	103
KAYNAKLAR	110
ÖZGEÇMİŞ	114



ÖZET

SAĞLIK SİSTEMLERİNDE ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

Çok amaçlı karar verme yöntemleri birçok sektördeki probleme başarı ile uygulanmaktadır. Sağlık sistemlerinde ise bu yene yaklaşım çok sınırlı miktarda olmaktadır. Buna rağmen yöntemler kullanıldıkları alanlarda tatmin edici ve beklenenin üzerinde sonuçlar vermiştir.

Önceleri üretimde çok amaçlı yöntemlerin kullanılması maddi kazancı artırmıştır. Sosyal alanlarda matematik problemlerin modellenemesinin bir diğer nedeni de sistemlerin sınırlarının çok esnek olmasıdır. Bir sosyal alan olan sağlık sistemlerinin de sınırlarının tanımlarının netleşmesi ile matematik modeller ve özellikle çok ölçütlü karar verme modelleri yaygın bir biçimde kullanılacaktır.

Makro düzeydeki sağlık planlarının incelenerek ulaşılacak istenilen hedeflerin değerlendirilmesi çok amaçlı karar problemleri için basit bir sağlık alanı uygulamasıdır..

SUMMARY

MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING IN HEALTH SYSTEMS

The health systems have social, economical, medical and technological attributes and try to obtain a acceptable level about human healthness. The functional division of it like this: public and treatment medicine. Four steps of health service: diagnosing, treating, nursing and protecting. The protecting and social subjects of nursing are releated of public medicine and diagnosing, treating and medical subjects of nursing are releated treatment medicine.

The health systems are consist of three main elements: the health requirements of public, the resource of health system, the health management and service policy. The protecting health services are applied for keeping the society against to infections by controlling the eatings and environment.

The establishments that serve treatment medicine are health houses, health units, health centers and hospitals. The hospitals are divided as general hospitals, special branch hospitals, rehebilitation centers and trainnig hospitals.

The most important factors that effect the requirements of public are the distrubition of population according to age, sex and working groups. Because of the nature of the system is dynamic the requirements of public can not be defined in the devoloping and development countries.

As the pointed at the health model the resources of the system are defined at four main groups:

- i)Manpower
- ii)Facilities
- iii)Materials
- iv)Finance

Multiple Criteria Decision Making (MCDM) refers to making decisions in the presence of multiple, usually conflicting, objectives. Some of the important aspects of solving such problems and some methods developed for solving multiple criteria mathematical programming problems and discrete alternative models are presented in this study.

In multiple criteria decision making there is a decision maker (or makers) who makes the decision, a set of objectives that are to be pursued, and a set of alternatives from which one is to be selected.

The objectives should have these five characteristics:

- i) Complete
- ii) Operational
- iii) Decomposable
- iv) Nonredundant
- v) Minimal

While a decision is making a decision maker makes a decision and the solution he chooses is optimal. An optimal decision is one that maximizes decision maker's utility (or satisfaction).

The general multiple criteria decision making problem may be formulated as follows:

$$\begin{array}{ll}\text{Maximize} & F(x) \\ \text{subject to:} & G(x) \leq 0\end{array}$$

where x is the vector of decision variables, and $F(x)$ is the vector of objectives to be maximized.

A linear version of this problem is as follows:

$$\begin{array}{ll}\text{Maximize} & Cx \\ \text{subject to:} & Ax \leq b\end{array}$$

$x_j = 0$, if needed, may be included in the constraints $Ax = b$. It is referred to as the Multiple Objective Linear Programming problem (MOLP) because it is a linear programming problem with multiple objectives.

The problem of choosing the best alternative from a discrete set of alternatives is shown by this formulation:

$$\begin{array}{ll}\text{Maximize} & F(d) \\ \text{subject to:} & d \in D\end{array}$$

where d is a decision and D is the set of possible decisions.

There are several naive methods for solving multiple criteria mathematical programming problems: setting levels of all objectives, setting minimal levels of all but one objective, finding all efficient extreme point solutions and using weights to combine objective functions. Each of these methods have been a starting point for developing more complex methods. The most important methods that developed based on this naive methods are:

1. Goal Programming
2. Wierbicki Method
3. Zionts-Wallenius Method
4. Geoffrion, Dyer and Feinberg Method
5. The visual interactive method
6. A Pareto Race
7. A discrete alternatives method

The main application of industrial engineering in health services is related planning and management problems. To solve these problems a management information system should be established. This system creates the alternatives and evaluate made decisions.

The factors that effect the efficiencies of the health organizations are efficient of labour, capital, technology and materials.

The applications of operation researchs have been made in hospitals at the beginning. Using these methods the solutions have been obtained at hospital management and the applications have began about on public medicine, local planning, national and international health problems. This applications are classified at the different types. The main classification is tactical and strategical levels. But more detailed another classification is that:

The problems of national and local health systems:

1. The planning of health sector
2. The planning of health facilities and manpower
3. The efficiencies of health systems
4. The family planning
5. The struggle against to infections

The individual problems of health organizations:

1. Budgeting and resource allocation
2. Queueing systems
3. Bold center planning
4. The planning of ambulance and first aid
5. The planning of operation rooms
6. Bed planning
7. The planning of nursing
8. Stock planning
9. The planning of lab
10. Personnel planning
11. Menu planning
12. The forecast of the demand

In this study a resource allocation method is presented about the application of operation research in the health systems.

Also in this study three applications are presented about the applications of multiple criteria decision making in the health systems.

The first application presents a goal programming model development and application for a state level public health care agency. Only limited applications of macro planning processes related to health care have been presented in the literature. This application describes briefly the goal programming model the background of the agency involved and the specific models developed. Three formulation of the model are presented involving (1) the resources required to achieve all goals and

(2) the goal attainment status utilizing a likely budget and (3) a proposal for resolving the goal desire-resource limitation dilemma.

An important problem facing decision makers is that of allocating scarce resource in multiple goal environments. This issue confronts managers in manufacturing, service and governmental settings. This application describes how this problem was addressed in the State of Georgia Crippled Children's Service using the goal programming techniques. The remaining sections of the application cover a description of the problem setting, development of the model and discussion of solutions. The focus of the research is one of a planning mode and, as such, deals with resource allocation from a macro perspective. While the problem, goal and resource parameters are all developed for a real organization many of the problem solutions are dealt with in a "what if" approach. This approach is preferred in order that the decision maker be presented with tradeoff options valuable in refining the planned allocations.

In the second application an integer, nonlinear mathematical programming model is developed to allocate emergency medical service ambulances to sectors within a county in order to meet a government-mandated response time criterion. In addition to the response time criterion, the model also reflects criteria for budget and work-load, and, since ambulance response is best described within the context of a queueing system, several of the model system constraints are based on queueing formulations adapted to a mathematical programming format. The model is developed and demonstrated within the context of an example of a county encompassing rural, urban and mixed sectors which exhibit different demand and geographic characteristics. The example model is solved using an integer, nonlinear goal programming technique. The solution results provide ambulance allocations to sectors within the county, the probability of an ambulance exceeding a prespecified response time and the utilization factor for ambulances per sector.

Since the passage of the Emergency Medical Service Act in United States numerous analytical and heuristic models have been developed that seek to allocate and/or locate emergency medical service ambulance units within a region in an efficient manner such that these government-mandated response times might be achieved. The majority of these models have been developed using one of several solution approaches, including simulation, queueing and set-covering. However, these models all have limitations, not the least of which is their ability to reflect multiple criteria in the allocation decisions.

The presented model employs several criteria for allocation, including the Emergency Medical Service response time criterion and budgetary considerations. Because of these multiple criteria, and the fact that unitary items (ambulances) are being allocated, an integer goal programming model formulation is employed. However, although the ambulance allocation problem can be conveniently described within a mathematical programming framework, the actual process of ambulances responding to calls is best described as a queueing system. As such, this model includes queueing-system formulations defined as goal constraints within the mathematical programming framework, which, in turn, necessitates

a nonlinear solution approach. The model solution results are presented and discussed, and several sensitivity analysis scenarios are analyzed.

The third application presents a single-phase goal programming algorithm for scheduling nurses in one unit of hospital. The goals represent the scheduling policies of the hospital, and nurses' preferences for weekends on and off. An application to one unit of the hospital with 11 nurses resulted in satisfactory schedules. The computer time to solve the problem using a goal programming algorithm was very reasonable.

The problem of scheduling staff in hospitals, especially nursing staff has received considerable attention in the past. The mathematical programming models had been used to schedule nurses in different units of a hospital. The list processing and problem-oriented data structures is used for formulating the problem. The solution is obtained using a heuristic method. The mathematical programming models are not flexible in terms of relative rankings assigned to various types of goals. In this sense, a goal programming model would definitely be superior.

Also, in addition to these three applications, a special application is presented in this study. In this application the health goals are determined at the Sixth Five Year's Development Plan. Seven main goals are considered to establish the model:

1. The immunization
2. Increase the beds
3. Increase the doctors
4. Increase the dentists
5. Increase the health units
6. Increase the sanitarians
7. Increase the nurses and the midwives.

The constraints are the number of students at the medicine schools and the financial constraints of Ministry of Health. The student number is obtained to multiple the entering student number by coefficient number for each medicine school. The financial constraints can be divided two main groups: personnel and investment expenditures.

The constraints are supported by using Investment Plan 1990 and General Budget 1990. The data about each health personnel is obtained from Kartal General Hospital.

As the result of this application there are excess at the number of dentists and sanitarians. But also there are deficiency at the number of doctors and nurses and midwives. To balance the general budget the budget of Ministry of Health should be increase 2.5% in real amounts every year.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayi ve hizmet sektöründeki kuruluşlar tek bir amaca göre, örneğin maliyetin minimizasyonu veya kârın maksimizasyonu gibi hedeflere ulaşmak için planlamalarını yaptıkları dönemlerde yöneylem araştırmasının klâsik optimizasyon teknikleri yeterli olmakta ve optimum sonuçları vermekteydi.

Ancak zamanla firmaların birden çok amaca göre geleceğe yönelik planlama yapmaları ihtiyacı doğmuştur. Bunun bir sonucu olarak da Çok Amaçlı Karar Verme Problemleri' nin değişik formları ortaya çıkmış ve bunların çözüm yöntemleri araştırılmıştır.

Kısa zamanda bütün sektörlerde yaygın bir biçimde kullanılan bu yeni yöntemler sağlık sektöründeki problemler için çok sınırlı sayıda uygulamalar ve çözümler getirebilmiştir.

Yapılan bu çalışmada ise sağlık sektöründeki çok amaçlı karar verme uygulamaları incelenerek makro düzeyde bir modelin oluşturulmasına çalışılmıştır.

İkinci bölüm Sağlık sistemlerinin genel bir tanımını, yapısını, modelini, hasta ve hastalık kavramlarını, sağlık tesislerinin sınıflandırılmasını içermektedir.

Üçüncü bölümde çok amaçlı karar vermenin temel kavramları ve yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölüm, sağlık sistemlerinde endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması uygulamalarına ayrılmış ve bu konulardan birer örnek verilmiştir.

Dördüncü Bölüm sağlık sistemlerinde yapılan çok amaçlı karar verme uygulamalarına göre düzenlenerek yapılmış uygulamalardan üç tanesi incelenmiştir.

Altıncı bölümde ise 1990-1994 yıllarını kapsayan Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı'ndaki mevcut durum ile ilgili bilgiler ve ileriye dönük hedefler esas alınarak bu hedeflerin gerçekleştirilirliği konusuna açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Bununla ilgili olarak da bir çok amaçlı karar verme modeli oluşturularak bilgisayarda denenmiştir.



BÖLÜM 2

SAĞLIK SİSTEMLERİ

2.1. Sağlık Sistemi

"Sistem" deyimi genel sistem teorisi, yöneylem araştırması, bilgisayar bilimleri, sistem mühendisliği, sibernetik gibi alanlarda değişik anlamlarda ve değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bir tanıma göre sistem, "birbirleri ile dolaylı ve dolaysız ilişkileri bulunan öğelerin oluşturduğu bir gruptur" ve "soyut" ve "somut" olarak iki alt gruba ayrılırlar [1]. "Doğal sistemler" ve "insan yapısı sistemler" şeklinde gruplama yapan bir diğer tanıma göre ise "birbirleri ile mantıksal veya fonksiyonel bir bütünlük meydana getiren madde, fikir veya işlemler grubu" sistemdir [2].

Sağlık alanında sistem, çeşitli amaçlar için kullanılan genel bir deyimdir. Örneğin hücre sistemi, kan dolaşımı sistemi, hasta kabul sistemi, hasta dosyası sistemi, kan envanter sistemi, bölgesel sağlık sistemi gibi deyimler sağlık alanında çoğunlukla kullanılır. Bireysel olarak hasta, hekim, hemşire, röntgen cihazı, sağlık ocağı veya hastane birer sistem ve bir sistemin ögesi olarak ele alınabilir. Bir tek hastane veya hastaneler grubu bir sistem olarak tanımlanabilir. Aynı şekilde teker teker veya bir hiyerarşi içinde yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası sağlık örgütleri bir sistem olarak tanımlanabilir ve incelenebilir [3].

Sistem alanında çalışma yapan yazarlar, kavramsal olarak şu iki ana ayrımı yapmışlardır [1]:

- i) Doğal ve insan yapısı sistemler
- ii) Amaca yönelik ve maksatlı sistemler

Kavramsal olarak sağlık sistemleri, insan yapısı, amaca yönelik ve maksatlı sistemlerdir. Yöneylem araştırmasının sağlık sistemlerindeki uygulamalarının daha iyi anlaşılabilmesi için bu gruplandırmalara ve

ayrılara yer verilmiştir. Bu kavramlar çeşitli boyutlardaki sağlık sistemlerinin yapılarının belirlenmesinde katkıda bulunmaktadır. Sağlık sisteminin kendisine özgü teori, kavram, tanım ve yöntemleri vardır. Bunlar genel sistem kavramlarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Genel sistem kavramındaki değişikliklere paralel olarak sağlık alanındaki sistem teori ve kavramları da değişmektedir.

"Sağlık sistemleri" sosyal, ekonomik, tıbbi, örgütsel ve teknolojik nitelikleri olan ve toplum ve kişi sağlığını kabul edilebilir bir düzeye ulaştırmaya yönelik bir bütündür [3]. Ekonomi, ekoloji, eğitim, ulaşım, haberleşme gibi başka sistemlerle sürekli etkileşim halindedir ve bu etkileşimin sınırları ile özellikleri belirli olmadığı için sağlık sistemini bir bütün olarak tanımlamak imkansızdır.

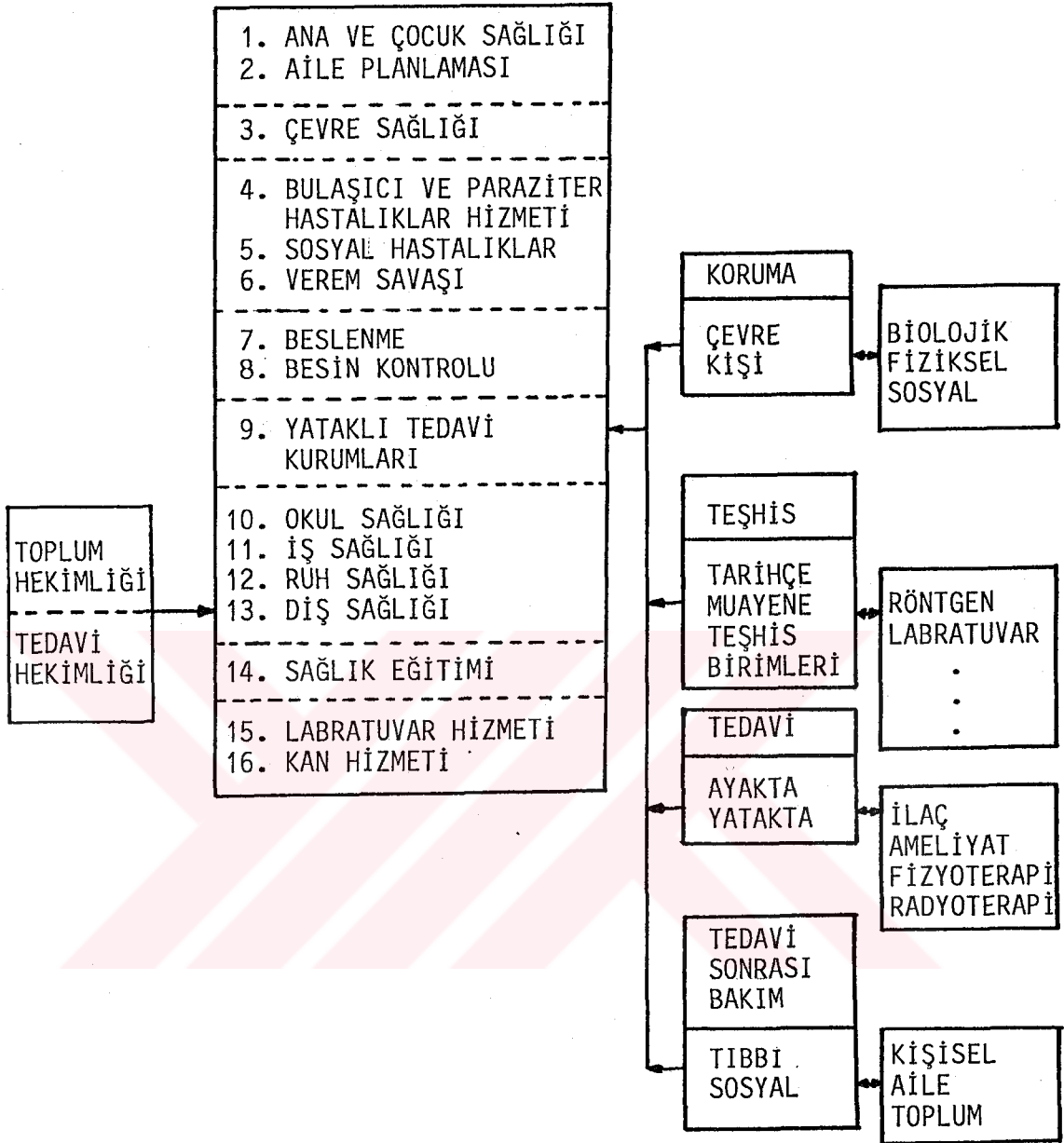
2.1.1 Sağlık Sisteminin Fonksiyonel Yapısı

Sağlık sistemleri diğer sosyo-ekonomik sistemler gibi belirli bir tasarımdan yoksun olarak ve çeşitli denemelerle kurulmuş ve düzeltilerek gelişmiştir. Önceleri problemlere ayrı ayrı bakılmakta ve bir bütünlük düşünülmemekteydi. Zaman içinde ortaya çıkan sorunların çözümünün ancak tıbbi ve teknolojik gelişmelerle mümkün olabileceği görülmüştür.

Sağlık sistemleri için genel bir ayırımı fonksiyonel olarak toplum ve tedavi hekimliği şeklinde yapabiliriz. Başlangıçta fiziksel ve biyolojik etkenlerin insan sağlığı üzerindeki etkisi ile ilgilenen koruyucu hekimlik, günümüzde toplum sağlığı için sosyal çevrenin de etkisini ve önemini kavramış, çalışmalarını bu yönde geliştirmiştir. Tedavi hekimliği ise bireyin sağlığına düzenleyici tepki gösteren bir alanda faaliyet göstermektedir. Genellikle bireyin başvurusu sonucu gerekli müdahaleyi yapar. Toplum ve tedavi hekimliği birbirlerini tamamlayıcı niteliktedirler.

Örgütlenme yönünden ele aldığımızda sağlık sistemlerinde fonksiyonel bir ayırım görülür:

- i) Hastalık türlerine göre (verem, sıtma vb.)
- ii) Nüfusun belirli bir kesimine yönelik (ana ve çocuk sağlığı, iş sağlığı, okul sağlığı gibi)
- iii) Kişisel sağlık (yataklı tedavi kurumları)



Şekil 2.1. Sağlık Sisteminin Fonksiyonel Yapısı

iv) Hizmetler (labratuar hizmetleri, kan hizmeti gibi)

Sağlık sisteminin fonksiyonel yapısı Şekil 2.1. de görülebilir [3].
Bu fonksiyonların yürütülmesi dört aşamada olmaktadır:

- i) Teşhis
- ii) Tedavi
- iii) Tedavi sonrası bakım
- iv) Koruma

Koruma ve tedavi sonrası bakımın sosyal konuları toplum hekimliğinin teşhis, tedavi ve tedavi sonrası bakımın tıbbi yönü tedavi hekimliğinin kapsamındadır.

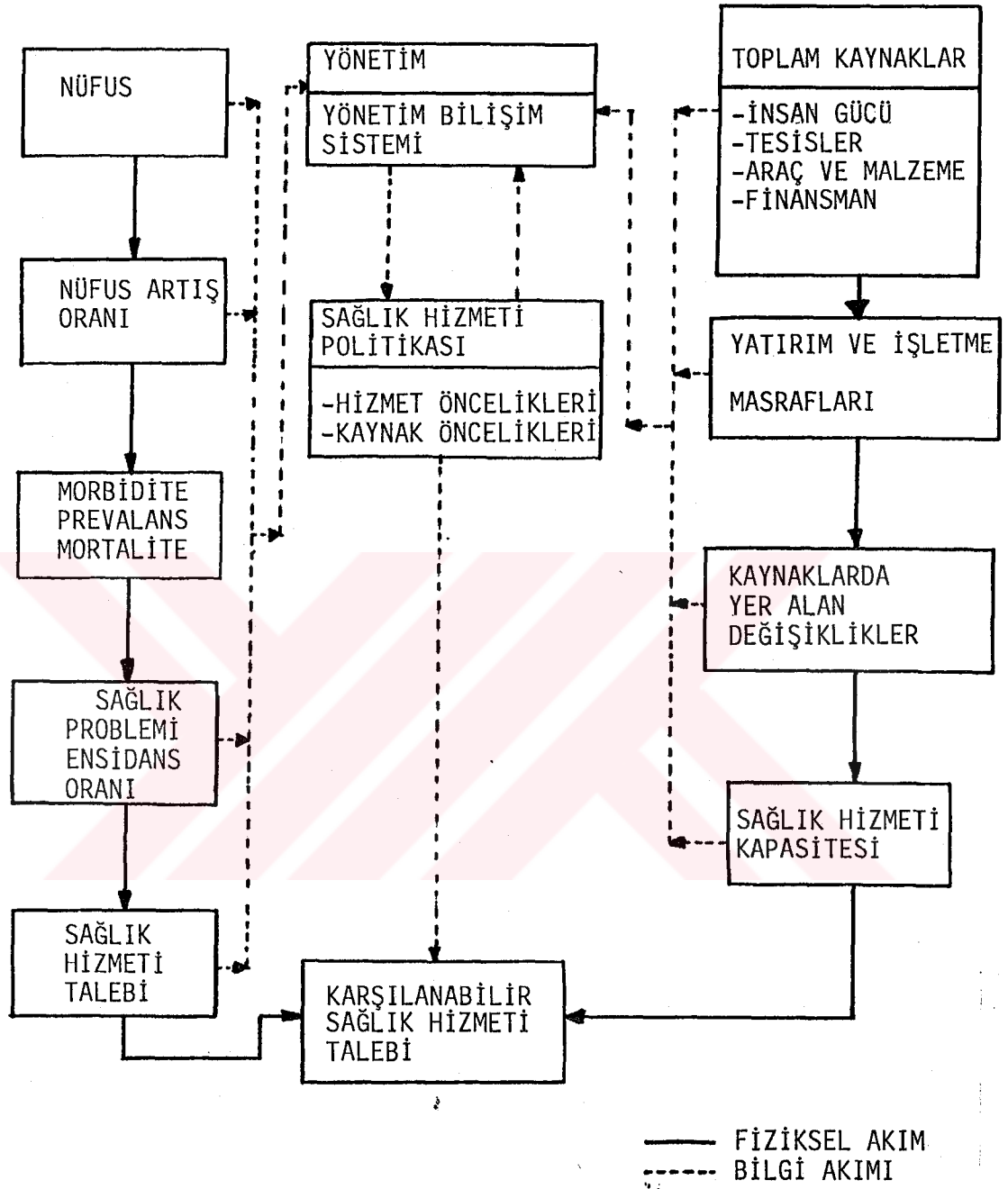
2.1.2. Sağlık Sistemi Modeli

Sağlık sisteminin diğer sosyo-ekonomik sistemlerle ilişkisi olmasına rağmen, soyut olarak ele alındığı zaman üç ana ögeden oluştuğu görülmektedir:

- i) Toplumun sağlık ihtiyaçları ve sağlık hizmeti talebi
- ii) Sağlık sisteminin kaynakları
- iii) Sağlık yönetimi ve hizmet politikası

Her ögenin içinde yer alan elemanlarla, üç öge arasındaki etkileşimi içine alan kavramsal bir model Şekil 2.2. de oluşturulmuştur. Bu sistemin ögeleri arasındaki ilişkiler, fiziksel akım ve bilgi akımı olarak iki türde belirtilmiştir [3].

Toplumun sağlık ihtiyacını etkileyen en önemli etkenlerin bir bölümü, nüfusun yaş, cinsiyet ve meslek gruplarına göre dağılımıdır. Değişik yaş ve meslek gruplarında o gruplara özgü hastalık çeşitleri görülebilir. Yerleşme biçimi (kentsel ve kırsal) ve sağlık tesislerinin nüfus yoğunluğuna paralel olarak dağılımı, ekonomik etkenlerin yanı sıra sağlık problemleri ensidans oranını ortaya koyar. Sistemin yapısının dinamik olması nedeni ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde toplumun koruma ve tedavi yönünden sağlık ihtiyaçları belirgin olarak saptanamamaktadır.



Şekil 2.2. Sağlık Sistemi Modeli

Sağlık sisteminde önemli bir gözlem de arz ve talep ilişkilerinin esnek olmasıdır. Ulusal Sağlık Hizmetinin (National Health Service), yani bütün yurttaşları kapsayan bir sistemin uygulandığı İngiltere'de bölgeler arasındaki yatak sayısı farkının hastaneye başvurmayı büyük ölçüde etkilediği belirtilmektedir [4]. Yatak sayısı az olan bölgelerde daha az hasta tedavi edilmekte ve genel olarak yatış süreleri ortalamaları düşük olmaktadır. Özellikle kırsal kesim için bir diğer önemli etken "ulaşılabilirlik"tir.

Sağlık sistemi modelinde belirtildiği gibi sistemin kaynakları dört ana grupta toplanmıştır:

- i) İnsangücü
- ii) Tesisler
- iii) Araç ve malzeme
- iv) Finansman

Kavramsal olarak belirtilen bu kaynakların amaçlara uygun bir şekilde yönetilmesi, dağılımın en iyi bir biçimde yapılması gereği sağlık yönetimi problemi ortaya çıkarmıştır. Yönetim karar verme sürecinde yönetim bilişim sisteminden yararlanır. Yönetim bilişim sistemi, sağlık sistemi ile ilgili verilerin derlenmesi, değerlendirilmesi ve gereğinde yönetime iletilmesi amacına yöneliktir [3]. Sistemin kapsamındaki veriler iki ana gruptan oluşur:

- i) Toplumun sağlık durumunun göstergeleri
- ii) Kaynakların envanteri ve kullanımı

Bir bakıma yönetim bilişim sistemi, sağlık koşulları ile kaynak durumu arasındaki bağlantının kurulabilmesini sağlar.

2.2. Hasta ve Hastalık Kavramları

Bireyler, hayatları süresince genel olarak koruyucu ve tedavi edici sağlık hizmetleri etkileşim halindedirler. Çocukluk devresindeki hastalıklar, meslek ve yaşlılık nedeni ile ortaya çıkan hastalıklar kişinin tedavi hekimliği hizmetlerine başvurmasını öngörür.

"Hasta, yardım görmeden kendi kendisine homeostatik durumun koruması

mümkün olmayan kişidir" [5].

Hastalık geleneksel olarak fizyolojik ve psikolojik etkenler olarak tanımlanmaktaydı. Modern anlamdaki "hastalık" tanımında ise bu kavram kişinin hastalığına ve kendisinin tedavi edenlere karşı davranışı ve sosyal etkenler de ilave edilmektedir.

Hastalıkların sınıflandırılması ise çok çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Hastalanan uzvun adı ile (akciğer hastalıkları, mide hastalıkları, kalp hastalıkları) sınıflandırılabilirler gibi bireyin etkilendiği şekli ile (Fiziksel hastalıklar, ruhsal hastalıklar), etkiledikleri sosyal çevre ile (çocuk hastalıkları, meslek hastalıkları) ve yayılış biçimleri (bulaşıcı hastalıklar, mikrobik hastalıklar) olarak çok değişik sınıflandırılabilirler.

2.2.1. Kişisel Sağlık Bakımı Modeli

Birey, kendi kontrolü dışında mevcut olan çevresel koruma hizmetlerinden yararlandığı gibi toplum hekimliği kapsamında da çeşitli hizmetler talep edebilir. Çeşitli bulaşıcı ve salgın hastalıklara karşı aşı olmak isteyebilir. Sigara içilmemesi için kampanyalar, ana ve çocuk sağlığı için eğitim programları gibi kitle eğitim propagandalarından etkilenir.

Tedavi hekimliği hizmetine başvurma, kişinin çeşitli sağlık belirtilerine karşı tepkisidir. Burada ilk karar hasta veya yakınları tarafından bu ilişkiden sonraki kararlar ise hekim veya diğer tedavi hekimliği personeli tarafından verilir. Hasta, kanuni zorunlulukların sözkonusu olduğu bulaşıcı hastalıklar dışında istediği anda bu ilişkiyi kesebilir. Hekim, hastanın belirtilerine göre daha önceki sağlık durumunu ve gördüğü tedavileri de gözönüne alarak teşhisini koyar ve tedavi yöntemi önerir. Eğer hastalık karmaşık nitelikte ve belirtiler güvenilir bir teşhis için yeterli değil ise hekim çeşitli teşhis ünitelerinden yararlanmayı öngörür.

Teşhis ünitelerinden sağlanan bilgilerin ışığında, hekim hastalık konusunda bir karar alır. Bu karar tedavi ünitelerinin hangi şekilde

kullanılacağını kapsar. Böylece tedavi servisinin tipi ve genellikle tedavi yöntemi de kararlaştırılmış olur. Bu karar sürecinde hastalığın niteliğine göre diğer uzmanların da görüşleri, bilgileri ve teşhise yardımcı olmaları da istenebilir. Bu karar işlemleri genellikle hastane gibi bir sağlık tesisinde alınır. Bazı hallerde teşhis ve tedavi ünitelerinden birlikte yararlanılabilir. Tedaviden sonra beklenen sonuçlar alındığında hasta iyileşti ise taburcu edilir. Eğer sonuçlar başarılı değil ise bu safhada da yine çeşitli teşhis ve tedavi ünitelerinden yararlanılabilir. Böylece bir hastanın teşhis ve tedavisi sırasında gözlemler ve analizler sonucu yeni bilgiler de türetilir ve bunlar karar sürecinde kullanılırlar.

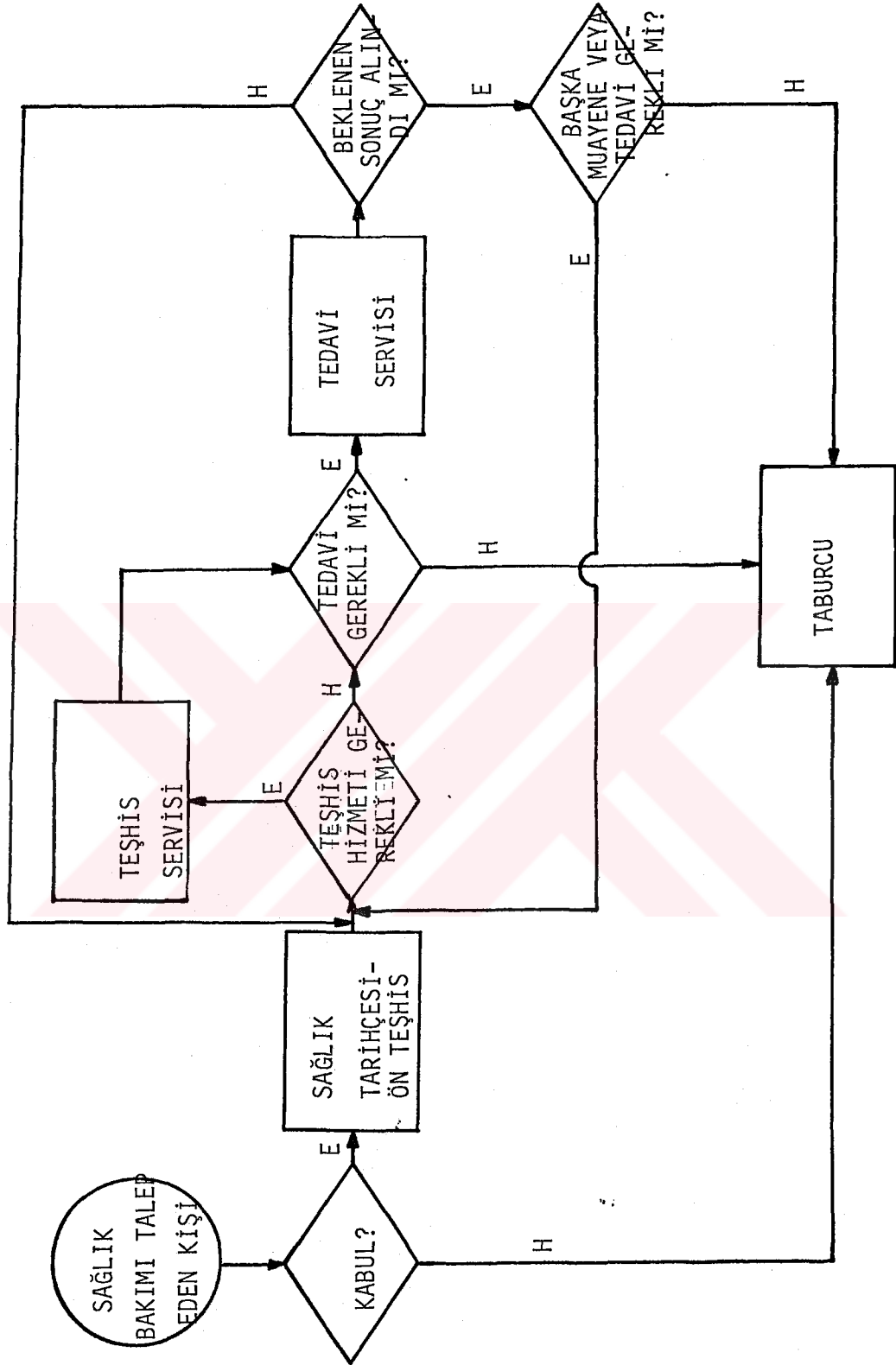
Kişisel sağlık bakımı süreci modeli Şekil 2.3. de belirtilmiştir[6]. Modelin amacı basit bir düzeyde hasta bakımı sürecinde yer alan aşama ve karar noktalarını belirlemektir. Modelde hasta bakımı sırasında derlenmesi gereken bilgilerin kapsamı ile, bir sağlık tesisinde hastanın teşhis ve tedavi için yararlanabileceği kaynaklar kavramsal olarak gösterilmektedir. Model, kişisel bakım sürecinde yer alan aşamaları göstermesine rağmen çok sayıda kişinin bu sistemden yararlana-acağı gözönünde bulundurulduğunda sağlık tesisi yönetimi ve planlan-ması amacı ile de kullanılabilir.

Bireysel olarak hastalıkların nitelik ve niceliklerine göre muhtemel kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bunların bütünleştirilmesi ile planlama ve kaynak tahsisi açısından yararlı olabilir.

2.3. Sağlık Tesislerinin Sınıflandırılması

2.3.1. Koruyucu Sağlık Hizmetleri

Doğanın korunmasında, kaynakların kullanılmasında ilkeleri ve çevre politikalarını tesbit, çevre koruma plan ilke ve programlarını hazırlama, çevre sorunlarının giderilmesi konusunda uygulanacak program ve projeleri hazırlamak veya hazırlatmak, uygulama ilkelerini belirlemek desteklemek ve iletmek, çevresel çözümleri içeren program ve projelerin hazırlanması ve uygulanması konusunda ilgili kuruluşların işbirliğini sağlamak ve uygulamada koordinasyonu sağlamak, ilgili konularda



Şekil 2.3. Kişisel Sağlık Bakım Modeli

araştırma yapmak gibi amaçlarla Başbakanlığa bağlı olarak 1978 yılında Çevre Teşkilatı Müsteşarlığı kurulmuştur.

Artan nüfus ve gelişen sağlık gereksinimleri, ortaya çıkan sağlık sorunları ve zaman zaman yaygınlaşan bulaşıcı hastalıklar, bu gibi durumlarda çabuk ve güvenilir teşhis ve bilimsel araştırmalar için özel labratuvar hizmetleri gerektirir. Bu nedenle, bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasında önemli rol oynayan su ve gıda maddeleri için her türlü tahlili yapabilecek nitelikte Halk Sağlığı Bölge Labratuvarları kurulmuştur. Halen 7 Hıfzıssıhha Enstitüsü ve 52 adet Halk Sağlığı Labratuarı görev yapmaktadır. Tüm bu labratuvarlar Merkez Hıfzıssıhha Enstitüsü' ne bağlıdır.

Gıda kontrolü konusunda yasalar çeşitli kuruluşlara görevler yüklemektedir. Bunlar Sağlık Bakanlığı, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Veteriner İşleri Genel Müdürlüğü, Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Maliye ve Gümrük Bakanlığı, Belediyeler ve Türk Standartları Enstitüsüdür.

1930 yılında kabul edilen 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanununda, ülkemizde görülecek bulaşıcı hastalıklarla mücadele yolları belirlenmiş, bulaşıcı hastalıklara karşı kullanılacak her türlü aşı ve serumların hükümet tarafından hazırlanması, dışarıdan ithal edilen aşı ve serumların Bakanlıkça saptanan niteliklere sahip olması belirtilmiştir. Aynı yasada ihbar sistemi ele alınarak hangi hastalıkların kimler tarafından ne şekilde ve nereye bildirileceği gösterilmiştir. Aşılama yolu ile korunma konusunda ise, boğmaca-difteri-tetanös, tifo-difteri-tetanös, difteri-tetanös, tifo, çocuk felci, kolera, çiçek, kızamık aşı uygulamaları yapılmaktadır.

Toplumumuzu uzun yıllar etkileyen ve bugün bir kısmının görülmediği ve bir kısmının da tamamen kontrol altına alındığı önemli bulaşıcı ve sosyal hastalıklara karşı savaş çalışmaları yapılmaktadır. Bunların başlıcaları, verem savaş çalışmaları, sıtma savaşı, trahom savaşı, frengi savaşı, lepra savaşı ve AIDS ile mücadele kampanyasıdır.

Son yıllarda başlatılan 0-6 yaş grubu çocukları aşılama kampanyası da başarılı sonuçlar almıştır.

2.3.2. Tedavi Edici Sağlık Hizmetleri

Türkiye' de tedavi edici sağlık hizmetlerini yürütme görevi çeşitli kanunlarla Sağlık Bakanlığı' na verilmiştir. Bakanlık, gerekli görülen yerlerde hastaneleri, doğum ve çocuk bakım evleri, kuduz tedavi müesseseleri gibi tedavi kurumları kurmakla görevlidir.

Bakanlık dışında, diğer bakanlıklar ve resmi kuruluşlar, Sosyal Sigortalar Kurumu, üniversiteler, belediyeler gibi kamu kuruluşları çeşitli tedavi kurumları kurarak işletebilmektedirler. Ayrıca özel sektör de tedavi kurumları kurabilmektedir.

Sağlık Bakanlığı' na bağlı teşhis ve tedavi kurumlarını şu şekilde sınıflandırabiliriz [7]:

Sağlık Evleri: 2500 kişilik köy grupları için kurulmuşlardır ve hizmet birimlerini oluştururlar. Köy ebesi tarafından yönetilen sağlık evleri sağlık ocağına bağlı olarak görev yapar.

Sağlık Ocakları: 5000-10000 arası nüfusa hizmet edecek temel birimdir. Sağlık ocağında bir doktor, yeterli sayıda sağlık memuru, hemşire, ebe, tıbbi sekreter, şöför ve hizmetli görev yapar.

Sağlık Merkezleri: Acil vakalar, doğumlar, ateşli hastalıklar, küçük müdahaleler, kısa zamanda iyileşmesi mümkün görülen hastalıklar ile fiilen görev yapan uzmanların branşları ile ilgili hastaların kabul ve tedavi edildiği ve hükümet tabibliği, ocak tabibliği veya diğer koruyucu hekimlik hizmetleri ile acil tedavi hizmetlerini bünyesinde bütünleştiren kurumlardır.

Hastaneler: Hasta ve yaralıların. hastalıktan şüphe edenlerin ve sağlık durumlarını kontrol ettirmek isteyenlerin ayakta veya yatarak müşahade, muayene, teşhis, tedavi ve rehabilite edildikleri, aynı zamanda doğum kısmı bulunan kurumlardır.

Yataklı tedavi kurumları en az 50 yataklı olup fonksiyonlarına göre dört gruba ayrılırlar [8]:

Genel Hastaneler: Her türlü acil vaka ile, yaş ve cins farkı gözetilmeksizin bünyesinde mevcut uzmanlık dalları ile ilgili hastaların kabul edildiği ve ayakta hasta muayene ve tedavilerinin yapıldığı yataklı tedavi kurumlarıdır.

Özel Dal Hastaneleri: Belirli bir yaş ve cins grubu hastalar ile belirli bir hastalığa yakalananların, yahut bir organ veya organ grubu hastaların müşahede, muayene, teşhis ve tedavi edildikleri yataklı kurumlardır.

Rehabilitasyon Merkezleri ve Servisleri: Organ, sinir, adale ve kemik sistemi hastalıkları ile kaza ve yaralanmalar veya cerrahi tedaviler sonucu meydana gelen arıza ve sakatlıkların tıbbi rehabilitasyona tabi tutuldukları yataklı kurum veya servislerdir.

Eğitim Hastaneleri: Öğretim, eğitim ve araştırma yapılan uzman ve i-leri dal uzmanları yetiştirilen genel, özel dal yataklı tedavi kurumları ile rehabilitasyon merkezleridir.

BÖLÜM 3

ÇOK AMAÇLI KARAR VERMEDE TEMEL KAVRAMLAR VE YÖNTEMLER

Çok Ölçütlü Karar Verme genellikle birbirleri ile çelişkili durumdaki amaçlar arasından tercih yapma tekniğidir. Çok ölçütlü karar problemleri, ulusal enerji politikasının geliştirilmesi, ulusal savunma planlanması gibi ulusal politikalar yanında özel sektör firmalarının çıkaracakları yeni ürünleri geliştirme, fiyatlandırma kararları ve araştırma projeleri seçiminde de kullanılır. Günlük yaşantıda bir otomobil veya bir evin satın alınması kararı da bir çok ölçütlü problemdir. Toplumun tüm bireyleri birbirleri ile çelişen birçok amaç için karar vermek zorundadır.

Bu bölümde, çok ölçütlü karar verme probleminin temel yapısı, bazı çözüm teknikleri, çok ölçütlü matematik programlama problemlerinin çözümü için geliştirilen farklı alternatif modeller sunulacaktır. Ayrıca yöntemlerin bazı uygulamaları tartışılacaktır.

Çok ölçütlü karar vermede karar veren bir karar verici veya karar vericiler grubu başarılacak amaçlar kümesi ve içlerinden birisinin seçileceği alternatifler kümesi vardır.

3.1. Temel Kavramlar ve Birbirleri ile İlişkileri

Bir karar verme durumunda hedeflerimiz, ölçütlerimiz, amaçlarımız, niteliklerimiz, kısıtlarımız ve bunlara ek olarak karar değişkenlerimiz vardır. bunları tanımlarsak:

Ölçüt: Bir ölçüt, performansın etkinliği için bir ölçüdür. Eşdeğer hale getirmek ve karşılaştırmak için esas alınır. Ölçütler hedeflere ve amaçlara göre sınıflandırılabilirler.

Hedefler: Hedef, başarılabilir veya başarılamayacak herhangi bir şey olarak tanımlanabilir. Bir mamulün satışını önceki yıla göre %10 artırmak için çalışmak bir hedeftir. Eğer bir hedefe ulaşılamaz ve başarılamaz ise bir amaç olarak kalır.

Amaç: Amaç, tam olarak erişilmeye çalışılan herhangi bir şeydir. Örneğin, kâr düzeyinin yükseltilmesi, kalitenin artırılması gibi isteklerdir. Bir amaç genellikle arzu edilen yönü gösterir.

Karar Değişkeni: Karar değişkeni karar verici tarafından verilen özel kararlardan birisidir. Örneğin verilen ürünün planlanan üretimi bir karar değişkenidir.

Kısıt: Kısıt, niteliklerin ve karar değişkenlerinin matematik olarak ifade edilebilen veya edilemeyen sınırlarıdır. Örneğin bir tezgahın en fazla oniki saat çalıştırılabilmesi bir kısıttır.

3.2. Bir Çok Ölçütlü Karar Verme Durumunun Yapısı

birçok problemde amaçların arasındaki çelişkiye ek olarak bir hiyerarşik yapı da vardır. Örneğin Manheim ve Hall'a göre [9] ABD' deki Kuzeydoğu Koridorundaki yolcu taşıma araçlarını değerlendirmek için amaç "İyi Yaşam" dır. Bu süperamaç dört alt amaca ayrılmıştı:

- i) Rahatlık
- ii) Emniyet
- iii) Estetiklik
- iv) Ekonomiklik

Bu amaçlarda alt amaçlara ayrılmakta ve hiyerarşik bir yapı ortaya çıkmaktaydı. Ekonomiklik amacıyla olduğu gibi bazı amaçlar performans ölçümünde tercih edilebilecek nitelikteydi. Ancak estetiklik gibi bazı amaçlar ise oldukça subjektifti. Bunlara subjektif amaç adı verildi.

Keeney ve Raiffa 10 amaçlarda bulunması gereken nitelikleri beşe ayırmışlardır:

- i) Tamlık: Problemin bütün safhalarını içermelidir.
- ii) İşlemsellik: Analizlerde anlamlı bir biçimde kullanılabilmelidir.
- iii) Ayrılabilirlik: İşlem sürecini basitleştirmek için parçalara ayrılabilmelidir.
- iv) Basitlik: Problemlerin ifadesinde tekrardan kaçınılmazdır.
- v) Enazlık: Niteliklerin sayısı mümkün olduğu kadar az olmalıdır.

Sayının belirlenmesi hususunda yapılan çalışmalar, en fazla yedi amacın kullanılabileceğini göstermiştir [11]. Kullanılan kısıtlar, daha çok amacın probleme girmesini sınırlayarak sonuçların daha açık olmasını sağlar. Kısıtların herhangi bir değerinde tatmin edilmesi için, her bir kısıt veya bazı kısıtlar ilave edildikten sonra uygun alternatifler hala varsa bir kontrol işlemi yapmak daha kullanışlıdır. Daha sonra hedeflerin tatmin edilmesi işlemine geçilir. Eğer başarılabilirse bunlar birer amaç olarak kabul edilerek mümkün olduğu kadar başarmaya çalışılır.

3.3. Yönetimde Karar Vermenin Ana Hatları

Yönetimde karar vermenin ana hatları birçok akademisyenler tarafından şu şekilde tanımlanmışlardır:

- i) Bir karar verici vardır ve bir karar verir
- ii) Mümkün çözümler kümesinden bir seçim yapar
- iii) Seçtiği çözüm optimaldir

Bu ana hatları incelersek, karar verici bir grubun elemanı ise diğer grup elemanlarının kararlarından etkilenir. İkinci olarak, mümkün kararlar kümesi verilmez çözüm kümesi üretilmesi istenir. Bu durumlarda alternatiflerin üretilmesi, alternatiflerin üretilmesi kadar önemlidir.

Bir çözümün belirlenmesinde bütün amaçların aynı zamanda maksimasyonu mümkün olduğundan bu yana optimal çözüm kavramının daha açık bir

şekilde tanımının yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bunun bir tanımı şu şekildedir:

Optimal bir karar, karar vericinin faydasını (veya tatminini) enbüyükleyen karardır. Kararın ana hatlarını sınırlamak yerine bunun sınırlamaları tanımlanmalıdır.

3.4. Çok Amaçlı Karar Vermenin Bazı Matematik İfadeleri

Genel çok ölçütlü karar verme problemi aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$G(x) \leq 0$ kısıtı altında
 $F(x)$ fonksiyonunun maksimize edilmesi
 x , karar değişkeni vektörü.

Bazı durumlarda bir y düzeltme vektörünün araya girmesi uygun olabilir:

$$F(x) \leq H(y(x)).$$

Örneğin y vektörü x' in bir fonksiyonu olan stokastik amaçların bir vektörü olabilir. Bu durumda H , stokastik amaçlar fonksiyonu vektörüdür.

Bazı durumlarda F , sıralı bazı bileşenlere sahip olacaktır. Kalite ve yerleşim uygunluğu gibi nitelikler sadece sıralı bir ölçekle ölçülebilirler. Fakat bazı amaçlar eksiğ olarak ölçülebilir. Bir vektörün maksimizasyonu tam olarak tanımlanmış bir işlem olmadığı için "maksimize" sözcüğü tırnak içinde belirtilmiştir. Bu tanımlama birkaç değişik yoldan yapılacaktır.

$G(x) \leq 0$ eşitsizliğindeki kısıtlara uygun çözüm alanını belirlerler. Bunların matematik ifadesi doğrusal veya doğrusal olmayan olabilir. Buna karşılık alternatifler bir kümenin farklı elemanları olacak şekilde tam olarak listelenebilirler. Bu küme dışbükey olmasa bile dışbükey bir küme üretecek çözümlerin dışbükey kabuğu ili çalışmaya uygundur.

Çok ölçütlü karar vermede ana problemin formülasyonu, çok ölçütlü problemler kadar bunlarla ilgili olarak geliştirilen yaklaşımları da içermektedir. Ana problemin sadece çok basit bazı özel formları sayısal yöntemlerle optimal olarak çözülebilir. Ana problemin doğrusal bir ifadesi şu şekildedir:

$Ax \leq b$ kısıtı altında

"maksimize" Cx

$x_j \geq 0$ kısıtı da $Ax \leq 0$ kısıtı içinde ifade edilebilir.

Çok amacı olan doğrusal programlama problemi olduğu için ana problemin bu ifadesi Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) olarak adlandırılır.

Gözönüne aldığımız ikinci problem ayrık alternatifler problemidir. Bu matematik bir programlama modeli olmamasına rağmen bunu da gözönüne alacağız. Bu, alternatiflerin birbirlerinden ayrık ve bağımsız oldukları kümeden en iyi alternatifin seçilmesi problemidir. Matematik olarak ifade edersek:

$d \in D$ kısıtı altında

"Maksimize" $F(d)$

d : verilen bir karar

D : mümkün kararlar kümesi

Bir arabanın veya evin satın alınması bu problem için bir örnektir. Bir evin satın alınmasında, D alıcının kısıtlarını tatmin eden satın alınabilir evlerin bir kümesidir. Alıcının amaçlarını $F(d)$, maksimize eden seçme kararı d dir.

3.5.Amaç Fonksiyonları

Amaç fonksiyonları genellikle maksimize edilecek fonksiyonlar olarak kabul edilirler. Minimize edilecek bir fonksiyonun negatif değerini maksimize etmek de aynı sonucu verir. Bu nedenle amaç fonksiyonları maksimize edilecek fonksiyonlar olarak gözönüne alınacaklardır. Bu varsayım genel olarak kabul görmüş bir varsayımdır.

Eğer bütün hedefler aynı zamanda başarılabilen ilave hedefler ise bu durumda bu hedeflere ulaşmak için istenilen değerin özelliklerini niteleyen kısıtlar ilave edilir. Hedeflerin başarılması ile bütün kısıtlar tatmin edilmiş olur. Amaçlarla kısıtlar arasında oldukça sıkı bir ilişki vardır.

Eğer hedefleri aynı anda başarmak mümkün olmuyor ise uygun çözüme ulaşıncaya kadar probleme yeni kısıtlar ilave edilir. Bu durumda yapılabilecek bir diğer uygulama, hedefleri zayıflatmak veya hedefleri amaçlar haline dönüştürmektir. Buradaki düşünce hedefe yakın bir çözüme ulaşmaktır.

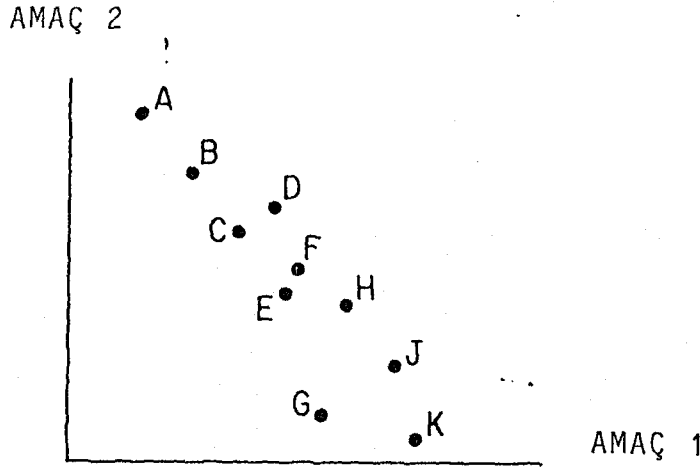
Tek boyutlu optimizasyon dışındaki durumlarda "maksimize" deyimi bize aynı anda maksimize edilecek birden çok amaç olduğunu vurgular. Genel bakış açısı ile maksimizasyon tanımı, probleme ait bütün baskın olmayan çözümleri bulmaktır.

Baskınlık kavramını şu şekilde tanımlayabiliriz:

$F(x_1) \geq F(x_2)$ eşitsizliğinde F' nin en azından bir bileşeni için bu eşitsizlik sağlanırsa birinci çözüm ikinci çözüme baskındır denir.

Bir çözüm, bir diğer çözümden en azından bir bileşeni ile daha iyi değil ise baskın olmayan çözümdür. Kavram, oldukça kabuledilebilir seviyededir. Bütün baskın olmayan çözümleri bulmakla, alternatif sayısı azaltılabilmektedir. Fakat bazı problemlerde alternatiflerin seçimine yardımcı olacak baskın çözümlerin sayısı oldukça fazladır.

Özellikle iki amacın olduğu durumlarda baskın olmayan çözümlerin kümesini grafik olarak göstermek oldukça yararlıdır. İki amacı olan ve her ikisi de maksimize edilecek olan ve ayrık alternatiflerden oluşan bir küme gözönüne alalım. Şekil 3.1. de görülen bu baskın olmayan çözümler kümesi A, B, D, F, H, J ve K' dan oluşmaktadır. C, E, G çözümleri sırası ile D, F ve H (veya J) ' ye baskın çözümlerdir. Bu çözüm noktalarının konveks bir bileşim kümesini gözönüne alırsak, A ve D çözümlerinin karışımı B' ye baskın olacaktır. D ve H çözümlerinin karışımı da F' ye baskın olacaktır.



Şekil 3.1. Ayrık Alternatifler Örneği

Baskın çözümleri elimine etmek istemememizin bazı nedenleri olabilir. Örneğin baskın bir çözüm, analizlerde kullanılmayan ikinci derecedeki bazı kriterlere dayalı olarak seçebileceğimiz bir baskın olmayan çözüme tatmin edici ölçüde yakın olabilir. Baskın çözüm, ikinci derecedeki kriterlere dayalı en iyi çözüm olacaktır. Buna karşın bazı amaçlar duyarlı bir biçimde ölçülemeyebilir. Böyle bir durumda baskın alternatiflerin sonraki analizlerde dışarıda bırakılması istenebilir.

Birinci tip için örnek olarak fiyatı, ekonomikliği, spor özelliği ve rahatlığı gözönüne alarak bir otomobil alacak kimseyi düşünelim. İthal malı ve yerli üretim olan otomobillerden ithal olanının fiyatının daha cazip olduğunu ve diğer nitelikler yönünden eşdeğer olduklarını varsayalım. Karar verici yedek parça ve servis kolaylığı nedeni ile yerli üretim otomobili tercih edecektir. İkinci durumda alıcının iki yerli üretim otomobil arasında karar vermesini ele alalım. Bir önceki halde

olduğu gibi bütün özelliklerin aynı olduğunu sadece A marka otomobilin B marka otomobilden biraz daha düşük fiyatlı olduğunu varsayalım. Ancak satıcı bayilerin iskonto yaptıklarını da düşünürsek, liste fiyatı ile A marka otomobili seçen alıcı B marka otomobilin iskontolu fiyatını gözönüne almadığı takdirde hatalı seçim yapmış olacaktır.

Birinci örnekteki yedek parça ölçütü ikinci derecede bir ölçüttür. Aynı şekilde ikinci örnekte de liste fiyatları ile bayilerin satış fiyatları arasındaki farklılık ikinci derecede bir ölçüttür. İkinci derecedeki ölçütler tercihleri de etkilemiştir.

" Maksimize " deyiminin bir diğer tanımlaması da şu şekildedir: Bir karar vericinin, performans ölçülerine göre amaçların bir fonksiyonu olan ve fayda fonksiyonu ile ölçülebilen faydasını enbüyüklemek istemesidir.

Fayda Fonksiyonunu şöyle tanımlayabiliriz: Bir fayda fonksiyonu , $u(F(x))$ şeklinde bir skaler fonksiyondur öyleki x_1 ve x_2 'ye sadece ve sadece $u(F(x_1)) \geq u(F(x_2))$ durumunda tercih ediliyorsa.

Bazı çok ölçütlü yöntemlerde fayda fonksiyonunun değerinin tahmin edilmesi veya yaklaşık olarak belirlenmesi de gerekmektedir. Böyle durumlarda ençok arzu edilen çözüm için fayda fonksiyonu veya yaklaşık sonucu kullanılacaktır.

3.6. Çok Amaçlı Karar Verme Modellerinin Çeşitleri

Doğal olarak farklı yazarlar karar vermenin farklı çeşitlerini önermişlerdir. Zionts' a göre ise bunun iki ana boyutu vardır:

1) Girdilerin yapısı - stokastik veya deterministik-

2) Alternatif ortaya çıkarma mekanizmasının yapısı - alternatifleri sınırlayan kısıtların bağımlı veya bağımsız olması -

Bu boyutlar Şekil 3.2'de ifade edilmişlerdir. Sol taraftaki sütun modelin bağımlı kısıtlarını içerir. Kısıtların matematik olmaması hali

	Bağımlı Kısıtlar (Bağımsız Çözümler)	Bağımsız Kısıtlar (Bağımlı Çözümler)
Deterministik	Deterministik Arık Alternatif Seçimi veya Deterministik Karar Analizleri	Deterministik Matematik Programlama
Stokastik	Stokastik Karar Analizleri	Stokastik Matematik Programlama

Şekil 3.2. Çok Ölçütlü Karar Yöntemlerinin Çeşitleri

(bağımlı veya bağımsız) alternatiflerin bağımsız olmasını durumunu ortaya çıkaracaktır. Karar analizi problemleri bağımlı kısıt kategorisinde yer alırlar. Kısıtların matematiksel ve bağımsız oldukları durumlarda alternatif çözümler bağımlıdır ve eğer çözüm uzayı sürekli ve birden çok çözümden oluşmuş ise sayı olarak belirlidirler. Bağımsız kısıtlı problemler kategorisine çok ölçütlü matematik programlama problemleri dahil edilebilirler.

Bu çeşitlendirmeye daha fazla boyutlar eklenebilir. Karar vericilerin sayısını bir boyut olarak sınıflandırabiliriz: Bir karar verici, iki karar verici, üç karar verici veya daha fazlası gibi. Amaçları da, bulunan çözüm sayısı gibi gözönüne alınan fayda fonksiyonunun yapısına göre sınıflandırabiliriz.

Burada sadece deterministik problemler gözönüne alınacaklardır: Matematik rogramlama problemleri ve ayrık alternatifler problemleri. Çok ölçütülü karar verme konusunda yapılan çalışmaların yoğunlaşması ile.

oluşturulan modelin özünün en iyi kararı belirlemesi gereği (arzu edilen sonuç olmasına rağmen) ortadan kalktı. Fakat karar vericinin kararına ulaşmasına yardım edici olarak kaldı. Bu yaklaşım Roy tarafından "Karar Yardımı" olarak isimlendirildi [12]. Bazı yöntemleri daha detaylı olarak gözönüne almadan önce iki matematik programlama örneği sunulacaktır. Birincisi yöntemin bazı kavramlarının ikincisi ise kullanılan farklı formların gösterilmesi yönünden faydalı olacaktır.

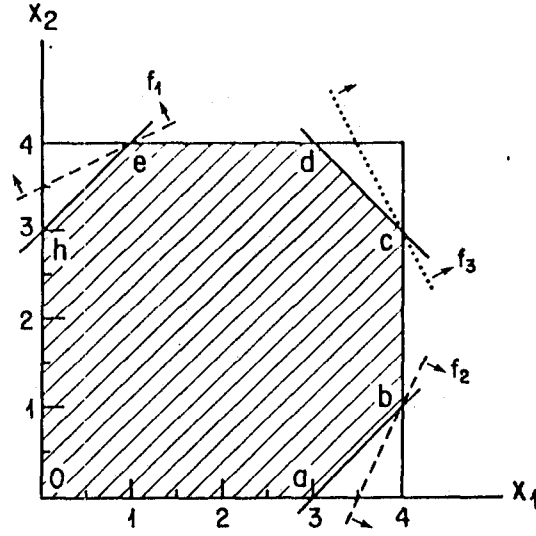
Örnek 1:

$$\begin{aligned}x_1 &\leq 4 \\x_2 &\leq 4 \\x_1 + x_2 &\leq 7 \\-x_1 + x_2 &\leq 3 \\x_1 - x_2 &\leq 3 \\x_1, x_2 &\geq 0\end{aligned}\quad \text{kısıtları altında}$$

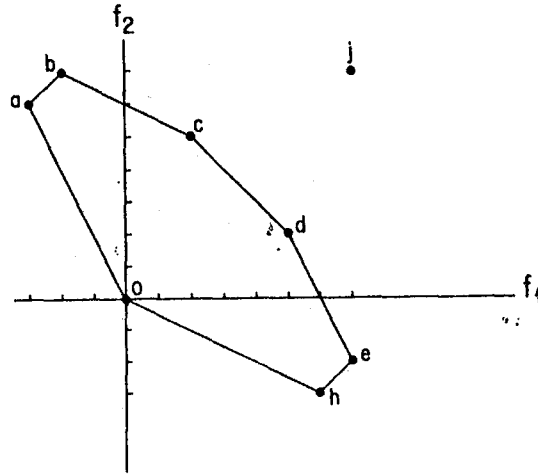
$$\begin{aligned}\text{Maksimize } f_1 &= -x_1 + 2x_2 \\f_2 &= 2x_1 - x_2\end{aligned}$$

Bu örnekte x_1 ve x_2 karar değişkenleri, f_1 ve f_2 ise amaçlardır. Uygun çözümlere ait bir grafik gösterim Şekil 3.3'de verilmiştir. Burada her bir amaç için maksimum sonuçlar gösterilmiştir (f_1 için e noktası f_2 için b noktası). Bu şekilde ayrıca diğer uygun çözüm noktaları da sıfır noktası, a ile h arasında kalan noktalar olarak belirtilmişlerdir. Şekil 3.4' de bu problem için amaç fonksiyonlarının aldıkları değerler işaretlenmiştir. Şekil 3.3' teki her bir uygun çözüm noktası Şekil 3.4' deki bir nokta ile ilişkilidir. Örneğin, b çözümü $x_1=4$ ve $x_2=1$ değerlerine sahiptir ve amaç fonksiyonlarının bunlar için değerleri $f_1=-2$ ve $f_2=7$ dir. Baskın olmayan çözümler tahmini olarak bu çizgi üzerinde gösterilebilirler. Baskın çözümler Şekil 3.4' ün aşağısında ve/veya solunda, uygun olmayan çözümlerde yukarısında ve/veya sağında yer alacaklardır.

x_1 ve x_2 karar değişkenlerinin değerlerine göre çizilen Şekil 3.3 karar veya hareket uzayında f_1 ve f_2 amaç fonksiyonlarının değerlerine göre çizilen Şekil 3.4 ise amaç fonksiyonu uzayında çizilmişlerdir. Ayrık-



Şekil 3.3. Örnek 1'in Uygun Alanı ve Amaç Fonksiyonları



Şekil 3.4. Amaç Fonksiyonu Uzayında Çözümün Gösterilmesi

alternatifler problemlerinde karar değişkenleri olmadığı için bunları şekil olarak gösteremeyiz. Örneğimiz iki karar değişkeni ve iki amaç fonksiyonundan oluşmuştur. Genellikle değişken sayısı amaç sayısından daha fazladır. Örneği daha komplike bir hale getirmek için f_3 amaç fonksiyonunu ekleyelim:

$$f_3 = 2x_1 + x_2$$

f_3 amaç fonksiyonu c noktasında en büyük değerini almaktadır. Karar değişkeni uzayında başka bir değişiklik olmaz. Ancak üç amacı, amaç uzayında görüntülemek için üç boyutlu bir çizime Şekil 3.4'ü dönüştürmek gerekecektir.

Şekil 3.4'ü tekrar iki amaçlı olarak gözönüne alalım. Amaç fonksiyonunu $\lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2$ şeklinde ifade edersek şunu görebiliriz:

$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ koşulunu bozmaksızın $\lambda_1 > 2/3$ için e noktası, $\lambda_1 = 2/3$ için d noktası ve e noktası (çözüm bu iki nokta arasında yer aldığı için) optimal çözümdür. $1/2 < \lambda_1 < 2/3$ için d noktası, benzer şekilde $1/3 < \lambda_1 < 1/2$ için c noktası, $0 < \lambda_1 < 1/3$ için b noktası optimal çözümlerdir. $\lambda_2 = 1 - \lambda_1$ olduğu için alanlar bir doğru boyunca işaretlenmektedir. Verilen üçüncü bir eklenirse ağırlıklı amaç fonksiyonu

$$\lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \lambda_3 f_3 \text{ halini alır.}$$

$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$ veya $\lambda_3 = 1 - \lambda_1 - \lambda_2$ kabul edilerek λ_3 elenebilir ve her bir çözüm için bölgeler çizilebilir. Bu uzaya ağırlık uzayı adı verilmektedir. Şekil 3.5' de λ_1 ve λ_2 değerlerini okuyarak $\lambda_3 = 1 - \lambda_1 - \lambda_2$ eşitliğinden λ_3 hesaplanabilir. $\lambda_3 = 0$ olması durumunda da çözümler vardır ve $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ doğrusu boyunca yer alırlar. Diğer çözümler de benzer şekillerde belirlenebilir.

Örnek 2:

$$2x_1 + x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 60 \quad (x_5 \text{ esnek değişken})$$

$$3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 60 \quad (x_6 \text{ esnek değişken})$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \quad \text{kısıtları altında}$$

$$\text{Enb } u_1 = 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4$$

$$u_2 = x_1 - x_2 + 2x_3 + 4x_4$$

$$u_3 = -x_1 + 5x_2 + x_3 + 2x_4$$

şeklinde verilen üç amacın enbüyüklenmesidir.

Problem dokuz adet temel uygun çözüme sahiptir. Karar değişkenlerinin ve amaç fonksiyonlarının değeri aşağıda verilmiştir. (gösterilmeyen bütün değerler sıfırdır).

1. $x_1 = 18, x_3 = 6, u_1 = 66, u_2 = 30, u_3 = -12$

2. $x_4 = 20, x_6 = 20, u_1 = 20, u_2 = 80, u_3 = 40$

3. $x_2 = 15, x_5 = 45, u_1 = 15, u_2 = -15, u_3 = 75$

4. $x_2 = 6, x_4 = 18, u_1 = 24, u_2 = 66, u_3 = 66$

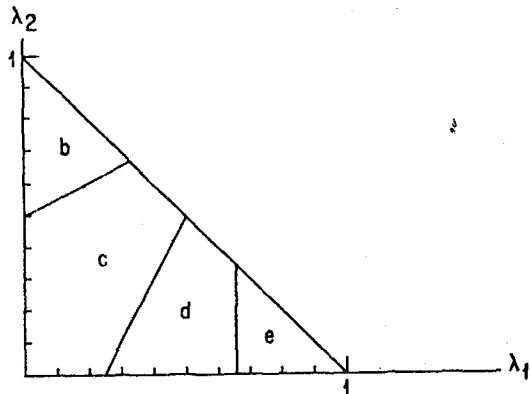
5. $x_1 = 12, x_4 = 12, u_1 = 48, u_2 = 60, u_3 = 12$

6. $x_2 = 12, x_3 = 12, u_1 = 36, u_2 = 12, u_3 = 72$

7. $x_3 = 15, x_6 = 45, u_1 = 30, u_2 = 30, u_3 = 15$

8. $x_1 = 20, x_5 = 20, u_1 = 60, u_2 = 20, u_3 = -20$

9. $x_5 = 60, x_6 = 60, u_1 = 0, u_2 = 0, u_3 = 0$



Şekil 3.5. λ_1 ve λ_2 Değerlerinin Grafik Olarak Gösterilmesi

<u>ÇÖZÜM</u>	<u>BİTİŞİK OLDUĞU ÇÖZÜMLER</u>
1	5, 6, 7, 8
2	4, 5, 7, 9
3	4, 6, 8, 9
4	2, 3, 5, 6
5	1, 2, 4, 8
6	1, 3, 4, 7
7	1, 2, 6, 9
8	1, 3, 5, 9
9	2, 3, 7, 8

Şekil 3.6. İkinci Örneğe ait Uygun Temel Çözümlerin Bitişikliği

İlk altı çözüm baskın olmayan son üç çözüm ise baskın çözümlerdir.

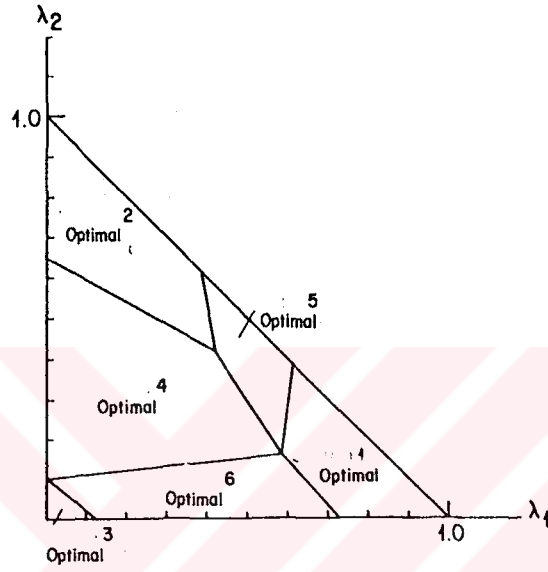
Şekil 3.6. diğer çözümlerin bitişik oldukları ekstrem noktaları göstermektedir.

Problemi karar veya hareketlilik uzayında göstermek için 4 boyutlu bir grafik gereklidir. Amaçların gösterilmesi için ise 3 boyutlu grafik gösterim gerekmektedir. Bunun yerine λ_1 ve λ_2 ağırlıkları Şekil 3.7 de çizilmiştir.

Şekil 3.7 de ortak bir noktaya sahip olan çözümler bitişik çözümlerdir. Bununla beraber bitişik olan bazı çözümler (3 ve 4 gibi) ortak bir noktaya sahip olmayabilirler.

3.7. Çok Ölçütlü Matematik Programlama Probleminin Çözümünde İlk Yöntemler

Çok ölçütlü matematik programlama problemlerinin çözümünde kullanılan ilk yöntemler genel olarak çok iyi olmalarına rağmen kavramsal olarak basittirler. Bunların içinde önce Çok Ölçütlü Doğrusal Programlama (ÇÖDP) problemleri gözönüne alınacaktır.



Şekil 3.7. Optimal Çözümün Gösterilmesi

3.7.1. Bütün Amaçların Seviyelerinin Oluşturulması

İlk yöntemlerden birisi bütün amaçların seviyelerinin oluşturulması veya kesin olarak belirlenmesidir. Daha sonra uygun çözüm için işlem başlatılır. Bu yaklaşım ile $Cx = d$ şeklinde bir d amaçlar vektörünü belirlemek gereklidir. Aşağıdaki kısıtlara göre amaçlanan uygun çözüm bulunur:

$$Cx = d$$

$$Ax \leq b, \quad x \geq 0$$

Problem bir doğrusal programlama modeli gibi çözülebilir. İki amaçlı bir problem için üç mümkün çıktı Şekil 3.8' de gösterilmiştir. Bu üç mümkün çıktı aşağıdaki gibidir:

1. Uygun bir çözüm yoktur
2. Baskın bir çözüm vardır
3. Baskın olmayan bir çözüm vardır

Eğer amaçlar tatmin edilemeyecek kadar yüksek ise uygun bir çözüm yoktur (a noktası gibi). Eğer amaçların tatmin edilememiş ise baskın bir uygun çözüm bulunabilecektir (b çözümü gibi). Bu iki durumdan birisi mutlaka ortaya çıkacaktır. Sadece nadir durumlarda bir yeterli (veya baskın olmayan) çözüm ile ilgili bir d vektörü bulunur. Verilen a ve b gibi iki nokta arasında baskın olmayan bir çözümün bulunması için bu noktaları birleştiren doğru parçası üzerinde doğrusal arama kullanılabilir (şöyleki, ab doğru parçası üzerinde, bu noktalar arasındaki baskın olmayan çözüm e noktasıdır). bunun uygun çözüm noktası k ile uygun olmayan çözüm noktası h nın gösterdiği doğru üzerinde olması gerekmez. Bunları birleştiren doğru üzerinde etkin (yeterli) çözüm yoktur.

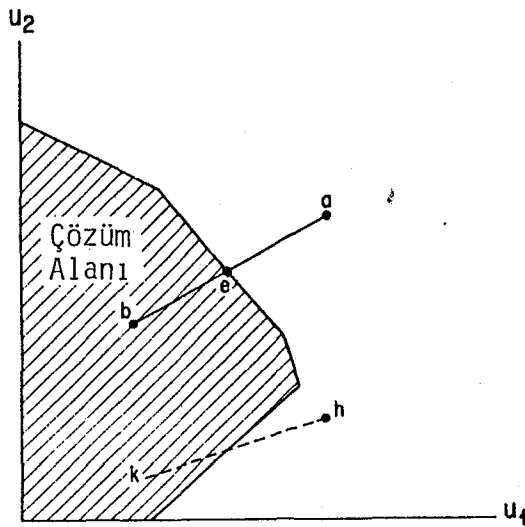
Tüm etkin çözümleri bulmak için bir yöntem olsa bile hangi çözümün en iyi olduğu bilinemez. Tüm amaçların seviyelerini oluşturan ancak kısıtlamaların bazılarının üstesinden gelen yöntemler hedef programlama ve Wierzbicki' nin geliştirdiği yöntemlerdir.

3.7.2. Bir Amaç Dışındaki Tüm Amaçların En Düşük Seviyelerinin Oluşturulması

İkinci yaklaşım bir amaç dışındaki bütün amaçların en düşük seviyelerinin oluşturulması ve kalan amacın enbüyüklenmesidir. Matematiksel olarak bu aşağıdaki gibi bir doğrusal programlama probleminin çözümü ile gerçekleştirilir:

$$\begin{aligned} c_2 x &\geq d_2 \\ c_3 x &\geq d_3 \\ c_p x &\geq d_p \\ Ax &\leq b, \quad x \geq 0 \text{ kısıtları altında} \\ \text{Enb } c_1 x \end{aligned}$$

$d_2, \dots, d_p$ ler, 2, ..., p amaçlarının en düşük seviyeli ve $c_1, \dots, c_p$ amaç fonksiyonunun vektörleridir. Genellik kaybedilmeksizin birinci amaç enbüyüklenmek üzere seçilir. Sonucun bir baskın olmayan çözüm olacağı açıktır. Şekil 3.3' deki örnekte bc, cd ve de doğru parçaları boyunca sonsuz tane çözüm vardır. Muhtemelen bu çözümlerin bir veya daha fazlası diğerlerine tercih edilir.



Şekil 3.8. İki Boyutlu Basit Bir Örnek

3.7.3. Bütün Yeterli Ekstrem Nokta Çözümlerinin Bulunması

Çok Ölçütlü Doğrusal Programlama (ÇÖDP) bütün baskın veya yeterli çözümlerin bulunmasında diğer yaklaşımlar gibi geniş bir şekilde kullanılmıştır. Vektör minimizasyonu kuramı ve bunun araştırmacılar tarafından ilk kez gözönüne alınması için uzun bir süre geçmiştir (ilk kez Charnes ve Cooper [13]). Sadece 70'li yılların başında bir hesaplama biçimi olarak gözönüne alınmıştır. Evans ve Steuer [14] ve Yu ve Zeleny [15] yöntemi geliştirdiler ve bütün baskın olmayan ekstrem nokta çözümleri elde etmek için birkaç boyutlu problemleri çözdüler. Parametrik programlamanın kullanılabildiği iki boyutlu problemler hariç sonuçlar iyi değildi. Esas olarak yöntemler doğrusal programlama probleminin aşağıdaki biçimini gözönüne alır:

$$\begin{aligned} Ax &\leq b \\ x &\geq 0 \text{ kısıtları altında} \\ \text{Enb } Cx \end{aligned}$$

Ağırlık vektörü $\lambda > 0$ dır. Her baskın olmayan ekstrem nokta çözüm için uzayda bir konveks koni vardır. Bunu yaygın doğrusal programlama notasyonu ile ifade edersek koni $\lambda'(C_n - C_b^{-1}N) = 0$ şartını sağlamaktadır. C_n ve C_b terimleri C 'nin temel olmayan ve temel kısımlarıdır. N ise A' ya karşılık gelen değerdir. Bütün baskın olmayan ekstrem nokta çözümlerini bulma yöntemi esas olarak konveks konilerin sıralanmasıdır. Temel düşünce bütün yeterli çözümlerin hesaplanabileceği ve karar vericinin bunların içinden seçim yapabilmesidir. Yaklaşım pratikte uygulanabilir olmamıştır.

3.7.4. Amaç Fonksiyonlarının Birleştirilmesinde Ağırlıklar Kullanılması

Ağırlıklar kullanılması fikri çekici olarak görünmektedir. Amaçların tek bir amaçta ortalanması veya karıştırılması ve daha sonra sonucun enbüyüklenmesini içerir. Zor olan kısım ağırlıkların belirlenmesidir. Eğer bir amacın ağırlığı daha fazla ise bu amaç diğerlerinden daha önemlidir demek yanlış olur. Ağırlıklar amaçların ölçüldüğü birimlere bağlıdır. Zions-Wallenius yöntemi buna dayalı olarak geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

3.8. İlk Yaklaşımların Sorunlarının Giderilmesi

İlk yaklaşımların birçoğu ilgi çekiciydi ve bunların geliştirilmesi için herhangi bir engel yoktu. Yöntemlerdeki bazı problemlerin giderilmesi için sonraki gelişmeler bu yöntemlere dayalı olarak yapıldı.

3.8.1. Hedef Programlama

Hedef programlama kavramı bütün amaçların tatmini için etkili bir yöntemdir. Bu yöntem Charnes ve Cooper tarafından ortaya konulmuş [13] ve Ijiri [16] Lee [17] ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir.

Hedef programlamanın uygulanması ile ilgili örneklerin en önemilleri şunlardır: işgücü planlamasında Charnes [18], portföy seçimi konusunda ve bütçe lemede Lee ve Lerro [19], bütünleşik üretim planlama konusunda Goodman [20] ve işçilerin planlamasında Mc Kenna [21].

Konu ile ilgili olarak yapılan en iyi incelemeler: Lin [22], Kornbluth [23], Hwang ve Masud [24] ve Ignizio [25]'nin çalışmalarıdır.

Ayrıca bazı ilginç özel çalışmalar da yapılmıştır: tamsayılı hedef programlama konusunda Lee ve Morris [26], hesaplama dayalı algoritmaların geliştirilmesinde Arthur ve Ravidran [27] ve daver ve Krüge [28], interaktif ve doğrusal olmayan hedef programlama konusunda Monarchi [29], bir diğer interaktif yöntemde Nijkamp ve Spronk [30], risk ve belirsizlik altında hedef programlama konusunda Contini [31].

Hedef programlamanın teorik olarak prensipleri ve anahatları konusunda çalışmalar ise Zeleny ve Cochrane [32], Hannäh [33], HarraId [34] ve Karwan ve Wallace [35] olarak gösterilebilir [36].

Hedef programlama birden çok hedefi veya amacı olan doğrusal programlama probleminin çözümünü içerir. Genel olarak hedef programlama $Ax=b$ şeklinde matris biçiminde bir doğrusal kısıtlar kümesi ve $x=0$ olan x vektörünün karar vektörü olduğunu varsayar.

$C_i x$ şeklindeki bir amacı ifade etmek için birçok mümkün biçim vardır. Bunlardan bir tanesi $h_i \leq C_i' x \leq u_i$ şeklindedir. Burada h_i arzu edilen en alt, u_i ise en üst sınır olarak tanımlanmıştır. Sınır kısıtları çok katı olmayıp ihlal edilebilirler. s_i ve t_i değişkenlerinin eklenmesi ile sınır kısıtları yeniden yazılabilir:

$$C_i' x - s_i \leq u_i, \quad i = 1, \dots, p$$

$$C_i' x - t_i \geq h_i, \quad i = 1, \dots, p$$

p , amaçların veya hedeflerin sayısıdır. Matris gösterimini kullanırsak aşağıdaki ifade biçimleri mümkündür:

$$C_i = (C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{ip})',$$

$$s = (s_1, s_2, \dots, s_p)',$$

$$t = (t_1, t_2, \dots, t_p)',$$

$$k = (k_1, k_2, \dots, k_p)',$$

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_p)',$$

$$u = (u_1, u_2, \dots, u_p)',$$

$$h = (h_1, h_2, \dots, h_p)',$$

Arzu edilen ise,

$$Cx - s \leq u$$

$$Cx + t \geq h$$

$$Ax = b$$

$$x, s, t \geq 0 \text{ kısıtları altında}$$

$$\text{Minimize } k's + q't \text{ sağlanmasıdır.}$$

k ve q sınır kısıtlarından olan farklılaşmayı ölçen ağırlıkların vektörleridir. Eğer arzu edilirse her bir hedef için özellikle üst sınırların ölçümünde farklı s ve t değişkenleri kullanılabilir. Buna bağlı olarak parça yolu ile doğrusallık olur ve doğrusal olmayan hataların hedeflerin başarılmasındaki olumsuz etkileri ortadan kaldırılır. İlişkiler konveks bir set biçimindedirler. Konu ile ilgili daha detaylı bilgiler Charnes ve Cooper'ın çalışmasında mevcuttur [37].

Hedeflerden sapmaların ağırlıklı ortalamalarının minimize edilmesi yerine hedef programlamada hedeflerin oluşturduğu kümeden maksimum sapmanın minimize edilmesi de kullanılabilir. Bu durumda formülasyon ise aşağıdaki biçimde kısıtların ilavesi ile değişecektir:

$$q_i s_i \leq z$$

$$k_i t_i \leq z$$

$$\text{Min } z$$

Hedef programlamanın bir diğer biçiminde sayısal ağırlıklar yerine ağırlıklar kullanılır. Ağırlıkların bazı alt kümeleri diğer alt kümelerinden daha büyük değerlere sahiptirler ve bunun sonucunda sonraki kümenin ağırlıklarının herhangi bir belirli katsayısı daima ilk kümenin ağırlıklarının herhangi bir katsayısından daha küçük olur. Bunun ilk etkisi en yüksek öncelikli grup için ağırlıklı toplamların minimize edilmesidir. Daha sonra diğer öncelikli gruplar için de ağırlıklı toplamların en küçük değerlerine eşit olması, bir sonraki en yüksek öncelikli grubun toplamının minimize edilmesi gibi sınırlamalar da yapılabilir.

Hedef programlamanın bekleneni veremediği husus hedeflerin ağırlıklarının belirlenmesi yani k ve q vektörlerinin seçimidir. Karar vericinin zorlandığı bir konu olmasına rağmen hedeflerin seçimi çok zor bir problem değildir. Ağırlıklar karar verici tarafından belirlenir ve hedef programlama bu seçim için çok fazla birşey söylemez. Ağırlıkların seçimi konusunda sadece öncelikler önerilir. Buna rağmen bir hedef vektörünün seçiminin kolaylaştığı ve işlemin nasıl olduğunun kolayca anlaşılabilir olması nedeni ile pratikte hedef programlama oldukça yaygın bir biçimde kullanım alanına sahiptir. Örnek 2'yi bir hedef programlama problemi olarak oluşturmak ve hedef değerleri olan (66, 80, 75) değerlerinden sapmaların toplamını minimize etmek için yeni bir biçimde yazılması şu şekildedir:

$$3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + t_1 \geq 66$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + 4x_4 + t_2 \geq 80$$

$$-x_1 + 5x_2 + x_3 + 2x_4 + t_3 \geq 75$$

$$2x_1 + x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 60$$

$$3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 60$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, t_1, t_2, t_3 \geq 0 \quad \text{kısıtları altında}$$

$$\text{Minimize } t_1 + t_2 + t_3$$

Bu problem için optimal çözüm $x_1 = 6$, $x_4 = 18$, $t_1 = 42$, $t_2 = 14$, $t_3 = 9$ (diğer değerler sıfır) veya $u_1 = 24$, $u_2 = 66$, $u_3 = 66$ olur. Amaç fonksiyonu $\text{Minimize } 3t_1 + t_2 + t_3$ şeklinde değiştirilirse çözüm $u_1 = 66$, $u_2 = 30$ ve $u_3 = -12$ olur.

$t_1 = z$, $t_2 = z$, $t_3 = z$ şeklinde yeni bir formülasyon eklenirse ve z amacı minimize edilirse her bir hedeften maksimum sapmanın minimize edilmesi şeklinde bir örnek ortaya çıkar. $x_1 = 4.86$, $x_2 = 5.01$, $x_3 = 2.88$, $x_4 = 11.24$, $t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = z = 29.40$ veya $u_1 = 36.6$, $u_2 = 50.6$ ve $u_3 = 45.6$ çözümünü elde etmek mümkündür.

Birinci önceliği u_1 ' in 50 değeri, ikinci önceliği u_2 'nin 50 değeri ve üçüncü önceliği u_3 ün 50 değeri için varsayarsak problemin yeni formülasyonu aşağıdaki biçimdedir:

$$3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + t_1 \geq 50 \quad (u_1 = 50)$$

$$x_1 - x_2 + 2x_3 + 4x_4 + t_2 \geq 50 \quad (u_1 = 50)$$

$$-x_1 + 5x_2 + x_3 + 2x_4 + t_3 \geq 50 \quad (u_1 = 50)$$

$$2x_1 + x_2 + 4x_3 + 3x_4 \leq 60$$

$$3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 60$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, t_1, t_2, t_3 \geq 0$$

kısıtları altında

$$\text{Minimize } P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 \quad (P_1 \gg P_2 \gg P_3)$$

($\gg$ işareti çok büyük ifadesi için kullanılmıştır)

Problem için optimal çözüm $u_1 = 50, u_2 = 50, u_3 = 13.65$ ($x_1 = 11.88, x_2 = 1.18, x_3 = -2.24$ ve $x_4 = 8.71$) olur. İşlemlerde önce $P_1 t_1$ minimize edilir.

Bu minimum değer başarılnca (burada sıfır), $P_1 t_1$ bu değerde sabitleştirilir ve $P_2 t_2$ minimize edilir. Bu minimizasyon da elde edilince $P_1 t_1$ ve $P_2 t_2$ nin her ikisi de bu değerlerde sabitleştirilerek $P_3 t_3$ minimize edilir ve işlemlere benzer şekilde devam edilir.

3.8.2. Ölçme Fonksiyonu ve Wierzbicki Yöntemi

Wierzbicki, bütün hedeflerin seviyelerinin oluşturulması yöntemine dayalı olarak yeni bir yöntem geliştirmiştir[38]. Bütün amaçların maksimize edileceğini kabul etmiş ve yeterli bir çözüm bulmak için bir ölçme fonksiyonu kullanmıştır. Ölçme yöntemi veya diğer bir kullanılan adı ile referans noktası yaklaşımı, seçilen noktaya en yakın yeterli çözümü bulur.

Ölçme fonksiyonunun çok değişik biçimleri bulunmasına rağmen en etkin bir tanesi doğrusal programlama şeklinde simgelenebilir. u_i , i'nci hedef için hedeflenen seviye olarak kabul edilirse maksimize edilecek amaç fonksiyonu

$$\left\{ \min \left\{ p \min \{ c_i x - u_i \}, \sum_i (c_i x - u_i) \right\} + (c_i x - u_i) \right\}$$

şeklindedir.

$p = p$ koşulu ile parametresi amaçların sayısı, negatif olmayan vektörü çok küçük pozitif sayıların vektörüdür. Bu amaç fonksiyonu hedef programlamadaki hedeflerin kümesinden maksimum sapmanın minimize edilmesine benzer şekilde başırlır. Bununla beraber iki minimum değerin maksimizasyonu sözkonusudur:

1. Bir hedefin minimum başırlmasında maksimum kısıt zamanları
2. Başarılan hedeflerin toplamı

Bunlar için hedeflerin ağırlıklı başırlmaları ortalalama bir değer olarak kabul edilir.

3.8.3. Zions-Wallenius Yöntemi

Zions-Wallenius yönteminde Çok Ölçütlü Doğrusal Programlama için ağırlıklar kullanılır.[39][40]. Bu çerçevede, her bir amaç için sayısal bir ağırlık (başlangıçta keyfi olarak) seçilir. Daha sonra her bir amaç kendisine ait ağırlık ile çarpılır ve bütün ağırlıklı amaçlar toplanırlar. Oluşan bileşik amaç fayda fonksiyonunun yerinedir. Bileşik amaç kullanılarak uygun doğrusal programlama problemleri çözülür. Bu problem için yeterli bir çözümde, karar vericiye her bir başarılan amaçın düzeylerine dayanılarak tercihler sunulur. Karar verici bu çözüm için tekrar amaçlarda sadece marjinal değişikliklere dayalı olarak bazı değişiklikler önerir. Değişiklikler şu biçimdedirler: " Birinci amaçta bir miktar azalma, ikinci amaçta belirli miktarda artış, üçüncü amaçta belirli miktarda artış istiyor musunuz, ve benzer öneriler".. Soruların yöneltildiği karar verici önerilen değişimleri, evet, hayır veya bilmiyorum şeklinde cevaplandırır.

Yöntem, elde edilen cevaplara dayalı olarak oluşan yeni bir ağırlıklar kümesi geliştirir.ve yeni bir çözüm bulur. İşlem en iyi çözüm bulununcaya kadar tekrarlanır.

Yöntemin yukarıda anlatılan biçimi, doğrusal doğrusal fayda fonksiyonları için geçerlidir. Bununla beraber yöntem, amaçların özel bir biçimi olmayan genel durumlarının maksimizasyonu için de geliştirilmiştir. Yukarıda tanımlanan yöntemdeki değişiklikler oldukça ılımlıdır. İlk önce mümkün değişiklikler senaryolara dayalı olarak sunulurlar. Örneğin, " Alternatif A ve Alternatif B' den hangisini tercih edersiniz? " gibi. İkinci olarak probleme ait her bir yeni baskın olmayan ekstrem nokta çözümü eski çözümle karşılaştırılır.ve hem yeni çözüm hem de eski çözümlerden tercih edilmiş olan birisi sonraki iterasyonda kullanılır. Son olarak, işlem optimal çözüm içeren bir komşulukla sona erer. Yöntemin denemeleri çok iyi sonuçlar vermiştir. Yedi hedefi olan orta büyüklükteki bir doğrusal programlama problemi (yaklaşık 300 kısıtı olan) için en fazla çözüm sayısı yaklaşık on ve en fazla soru sayısı da 100'ün altındadır.

Yöntemin genel konkav biçimi(GC), daha detaylı olarak tanıtılacaktır. Doğrusal problem biçimi şüphesiz özel bir durum olarak çözülebilir. Bu durumda GC yöntemi doğrusal yöntemin önemini azaltmamaktadır.

Problemın formülasyonu uygun bir biçimde tekrar yazılabilir:

$$\begin{aligned} Ax &\leq b \\ x &\geq 0 \text{ kısıtları altında} \\ \text{Enb } g(cx) \end{aligned}$$

Konkav fayda fonksiyonu altında g'nin sürekli birinci türevi olduğu varsayılmıştır. Algoritma ardışık adımlar şeklindedir:

1. Keyfi bir ağırlık vektörü seç, $\lambda > 0$
2. Aşağıdaki biçimdeki doğrusal programlama problemini çöz

$$\begin{aligned} Ax &\leq b \\ x &\geq 0 \text{ kısıtları altında} \\ \text{Enb } \lambda'cx \end{aligned}$$

Sonuçta baskın olmayan bir ekstrem nokta çözümü olan x^* dır. Eğer bu adımda ilk kez çözüm oluşuyorsa 3. adıma git. Diğer durumda, x^* çözümünün eski x^* çözümüne tercih edilip edilmediğini sor. Eğer ediliyor ise eski çözümü çıkart ve 3. adıma git. Eğer tercih edilmiyorsa x^* değerini x^0 ile değiştir ve 3. adıma git.

3. Önceki cevaba göre oluşan x^* değerine ait bütün bitişik ve yeterli ekstrem nokta çözümlerini bul. Eğer yoksa cevapların en eski kümesini çıkart ve 3. adımı tekrarla. Diğer durumda 4. adıma git.

4. Karar vericiye x^* ve bitişik bir yeterli çözüm arasındaki seçimini sor. Daha önce sorulan herhangi bir soruyu tekrarlama. Eğer çözümlerin amaç fonksiyonlarının değerleri birbirlerine çok yakın ise veya eğer x^* bitişik bir çözüme tercih edilmiş ise karar vericiye iki çözüm arasındaki değişim konusunda soru sor. Karar verici hangi çözümü tercih ettiğini veya ikisi arasında tercih yapamadığını belirtecektir.

Eğer alternatifler arasında tercih veya değişim yapmaz ise 5. adıma git. Diğer durumda tercih edilen x^* çözümünü x^0 olarak işaretleyip ve 6. adıma git.

5. Eğer önceki cevapların hepsi çıkartıldı ise dur, eğer karar verici x^* den herhangi bir değişim istemedi ise optimal çözüm x^* dir. Diğer durumda optimal çözümü bulmak için yöntem sona erdirilir ve bir arama yöntemi kullanılmalıdır. Eğer önceki cevaplar çıkarılmadı ve işlem durmadı ise en eski cevaplara ait kümeyi çıkart ve 3. adıma git.

6. Önceki cevapların kümesine uygun $\lambda > 0$ olacak bir ağırlıklar kümesi bul. Eğer uygun bir küme yoksa en eski cevapların kümesini çıkart ve 6.adımı tekrarla. Uygun bir ağırlıklar kümesi bulunduğu zaman 2. adıma git.

3. adımdaki bitişik ekstrem noktaları bulmak için bitişik bir ekstrem çözüm noktası olan j 'ye ait $(w_{1j}, \dots, w_{pj})$ değişimini gözönüne al ve aşağıdaki aşağıdaki doğrusal programlama problemini incele:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^p w_{ij} \lambda_i \leq 0 \quad j \in N, j \neq k \\ & \lambda_i \geq 0 \quad i=1, \dots, p \text{ kısıtları altında} \quad (A) \\ \text{Enb} \quad & \sum_{i=1}^p w_{ik} \lambda_i \end{aligned}$$

N , temel olmayan değişkenlerin x^* çözümündeki uygun kümesidir.

Tanım: İki yeterli ekstrem nokta çözümü olarak x_a ve x^* verilmiş olsun. Eğer ve sadece x^* ve x_a nın bütün konveks bileşimleri yeterli çözümler ise x_a çözümü x^* çözümünün bitişik yeterli ekstrem noktasıdır.

Teorem: Eğer $w_{1k}, \dots, w_{pk}$ değişim vektörü öneren k çözümü $j \in N$ koşulu ile w_j vektörlerinin kümesinin yeterli bir vektörü değilse Problem (A) için optimal çözüm sıfırdır.

Sonuç: Eğer Problem (A) pozitif belirsiz bir çözüme sahip ise $w_{1k}, \dots, w_{pk}$ değişim vektörünü öneren k çözümü w_j vektörler kümesinin uygun bir vektörüdür.

Yöntem, k 'nın bütün değerleri için Problem (A) yı açık bir şekilde çözmez. Bir k değerinin seçilerek Problem (A) bu değer için çözülür. Herbir iterasyonda k 'nın diğer değerleri için ardışık testler yapılır.

Yönteme bir örnek olarak, Örnek 2'yi gözönüne alalım. Bir nokta için ağırlıklar $\lambda_1=0.58$, $\lambda_2=0.21$ ve $\lambda_3=0.21$ olsun. Çözüm işlemlerimiz $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3=1/3$ değeri ile başlar. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi başlangıç çözümümüz Çözüm 4'dür. İlk önce karar vericiye Çözüm 2 ile Çözüm 4'ün karşılaştırılması sorulur. Karar verici Çözüm 4'ü tercih edecektir. Çözüm 4 ile Çözüm 5 in karşılaştırılmasında Çözüm 5'i tercih edecektir. Çözüm 4 ile Çözüm 5'in karşılaştırılmasında Çözüm 4'ü tercih edecektir. Ağırlıkların uygun bir kümesi $\lambda_1=0.818$, $\lambda_2=0.182$ $\lambda_3=0$ dır ve yeni çözüm Çözüm 1 dir. Karar vericiye Çözüm 5 ile yeni Çözüm 1 arasındaki tercihi sorulduğunda ise Çözüm 5 i tercih edecektir. Son olarak sorulan soru ise Çözüm 5 ve Çözüm 2 arasındaki tercihidir. Eğer yine Çözüm 5'i tercih ederse yöneltilecek başka soru yoktur ve Çözüm 5 optimaldir.

Zionts-Wallenius yöntemi tamsayıli programlama için Zionts tarafından geliştirilmiş [41] ve Villereal [42] ve Ramesh [43] tarafından tamamlanarak denenmiştir. Aynı konudaki diğer çalışmalar Karwan, Zionts, Villereal ve Ramesh'in ortak çalışmalarıdır [44].

Zionts-Wallenius yöntemi birçok organizasyon tarafından kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Örneğin Wallenius ve Vartia Finlandiya Hükümeti için makro-ekonomik bir planlama uygulaması tanımlamışlardır [45]. Başbakanın başkanlığındaki Finlandiya Ekonomik Konsülü'nün seçmiş olduğu dört amaç için Finlandiya ekonomisinin girdi-çıktı modelini kullanmışlardır. Bu amaçlar:

1. İç üretimdeki brüt yüzde değişim
2. İşsizlik
3. Tüketici fiyatlarında ölçülen enflasyon oranı
4. Ticaret dengesi

İlk önce Geoffrian, Dyer ve Feinberg yaklaşımına dayalı olarak Dyer tarafından geliştirilen yöntemi kullanmışlardır. Ancak daha sonra Zions-Wallenius yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Oldukça tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Zions-Wallenius yaklaşımı konusunda bir eleştiri noktası, doğrusal olmayan fayda fonksiyonu altında optimal çözümün elde edilememesidir. Bir doğrusal fayda fonksiyonu altında işlem optimal sonuç vermektedir.

3.8.4. Geoffrian, Dyer ve Feinberg Yöntemi

Bu bölümde anlatılacak olan Geoffrian, Dyer ve Feinberg (GDF) yöntemi ağırlıklandırma yöntemleri sınıfındandır. Ancak, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde imkân tanıyan bir yöntemdir. Yöntem, tüm kısıtları tatmin eden bir kararla başlar. Daha sonra karar vericiden çeşitli amaçların başlangıç seviyelerini ne kadar değiştirmek istediğini gösteren bilgiler alınır. Daha özel olarak karar vericiye bir referans kriterinden, diğer kriterlerin bir tanesinden sabit miktar kazanmak için ne kadar feragat edeceği sorulur. Referans kriteri dışındaki her kriter için cevap alınır.

Yöntemin açıklanması için şu üç hedef ele alınsın:

1. Yatırımın geri dönüşünü enbüyüklemek
2. Satış miktarlarını enbüyüklemek
3. Borçlanmayı enküçüklemek

Uygun bir başlangıç çözümü verildiğinde ve yatırımın geri dönüşü referans kriteri olarak alındığında, karar vericiye şu iki soru sorulabilir:

1. Yatırımın geri dönüşünden %1 feragat etmek için satışların %1 de yüzde kaçlık bir yükselme olmalıdır?
2. Yatırımın geri dönüşünden %1 feragat etmek için borçlanma ne kadar azalmalıdır?

Karar vericinin cevapları en küçük arzulanan hedeflerdeki değişimin yönünü belirlemek için kullanılabilir.

daha sonra bu yön enbüyüklenecek bir amaç fonksiyonu olarak kullanılabilir. ve bu amacı enbüyükleyecek bir çözüm bulunur. Karar verici ile birlikte önceki çözümden yeni çözüme doğru tek boyutlu bir arama yapılır. Karar vericiden bu yön içinde en iyi kararı seçmesi sistematik bir biçimde istenir. En iyi karar yeni başlangıç noktası olarak kullanılarak karar verici çözümden tatmin oluncaya kadar yukarıdaki işlem tekrarlanır.

Eğer doğrusal fayda fonksiyonu kullanılır ve doğru değişim bilgileri sağlanırsa bir iterasyon yeterli olur. Doğrusal olmayan bir fayda fonksiyonu kullanılır veya doğru değişim bilgileri sağlanamaz ise daha fazla iterasyon gerekir. Doğrusal olmayan bir fayda fonksiyonu içeren şu örnek ele alınsın (Örnek 2 kullanılarak) :

Fayda fonksiyonu

$$\text{Maksimize } U = - (u_1 - 66)^2 - (u_2 - 80)^2 - (u_3 - 75)^2$$

Kısıtlar önceki gibi olsun.

$u_1 = u_2 = u_3 = x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$ (gerçek amaç fonksiyonu değeri -16381) çözümü ile başlanılsın. Kısmi türevler

$$\frac{\partial U}{\partial u_1} = -2(u_1 - 66), \quad \frac{\partial U}{\partial u_2} = -2(u_2 - 80) \text{ ve } \frac{\partial U}{\partial u_3} = -2(u_3 - 75)$$

olur. Başlangıç çözümü için kısmi türevler vektörü 132, 160, 150, normalleştirildiğinde ise 0.299, 0.362, 0.339 olur. Amaçları birleştirmek için bu ağırlıklar kümesi ile doğrusal programlama problemi çözülür. Şekil 3.7' den de görüldüğü gibi Çözüm 4 (24 66 66) bunun çözümdür. Daha sonra (0 0 0) ile (24 66 66) arasındaki en iyi çözüm seçilir. Burada (24 66 66) en iyi çözümdür. (gerçek amaç fonksiyonu değeri -2041). (24 66 66) vektöründeki normalleştirilmiş amaç fonksiyonu değeri 0.646, 0.215, 0.138 ve bu ağırlıklara göre çözüm Çözüm 5 (48 60 12) dir. Bu iki çözüm arasındaki en büyük çözüm ise (26.6 63.8 61.2) dir (bakınız Tablo 3.1). Bu noktada normalleştirilmiş amaç fonksiyonu değeri 0.646, 0.215, 0.138 ve buna karşı gelen çözüm (48 60 12) dir. (26.6 63.8 61.2) ile (48 60 12) arasındaki en büyük çözüm ise (27.4 63.7 59.5) dur ve gerçek amaç fonksiyonu değeri -1999 olmaktadır. Bu noktada çözüm yakınsıyana kadar

Çözüm 4 ile Çözüm 5 arasında dalgalanılır. İlk birkaç çözüm ile optimal çözüm Tablo 3.1'de özetlenmiştir. Optimal çözüm $x_1=1.5$, $x_2=5.25$, $x_4=17.25$ ve amaç fonksiyonunun değerleri (27.0 65.25 59.25) dir.

Yöntemle ilgili sorunlar kullanıcıdan adımları değerlendirmesi ve çözümü bulması istenildiğinde ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.1.

Çözüm			Amaç Fonksiyonu Değeri	Enbüyükleyen Çözüm		
1	0	0	0	-16381	24	66
2	24	66	66	- 2041	66	30
3	26.6	63.8	61.2	- 2005	48	60
4	27.4	63.7	59.5	- 1999	24	66
5	27.0	64.0	60.3	- 1993	48	60
6	27.34	63.94	59.52	- 2992.15	24	66
7	27.092	64.093	60.002	- 1986.60	48	60
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	27.0	65.25	59.25	- 1986.60	24	66
.	.	.	.	.	48	60

3.8.5. Görüntüsel Etkileşimli Yöntem

Görüntüsel Etkileşimli Yöntem, Korhonen ve Laasko tarafından geliştirilmiştir[46]. Yöntem, Wierzbicki, Zionts-Wallenius ve Geoffrien, Dyer ve Feinberg yöntemlerinin bilgisayar grafiği ile birleştirilmiş bir karışımı olarak düşünülebilir. Yöntem aşağıdaki gibi çalışır:

1. Karar verici her amaç için elde etmek istediği seviyeyi belirler. Bu hedef programlama veya Wierzbicki yaklaşımına benzerdir. Daha sonra Wierzbicki yaklaşımının bir varyasyonu kullanılarak bu çözüm etkin bir sınır üzerine yansıtılır ve yeterli çözüm zorunlu çözüm olarak seçilir.

2. Zorunlu çözüm karar vericiye verilir ve her amaç için yeni seviyeleri belirlemesi istenir. Buna özlenen çözüm adı verilir ve zorunlu çözümden özlenen çözüme amaç fonksiyonu uzayında bir vektör oluşturulur. Bu vektör sonsuz uzunlukta olduğunda olduğu zaman özlenen çözüm

civarına ve daha ilerisine doğru genişler.

3. Birinci adımdakine benzer şekilde, ikinci adımda oluşturulan vektör etkin sınırların üzerine yansıtılır. Bu yansıtma etkin sınır boyunca bir kırıklı doğrusal fonksiyon oluşturur. Meydana gelen değişimler Şekil 3.90'da görüldüğü gibidir.

4. Kullanıcı bilgisayar kullanarak yansıtma içinden en çok tercih edeceği çözümü bulur. Kullanıcı imleci kırıklı-doğrusal çizgi üzerinde gezdirdikçe buna göre tüm amaç denklemlerinin aldığı değerler ekranda görüntülenir. Bulunan çözüm zorunlu çözüm olarak alınır ve ikinci adıma gidilir. Zorunlu çözüm aynı kaldığında optimal çözüm bulunmuş demektir.

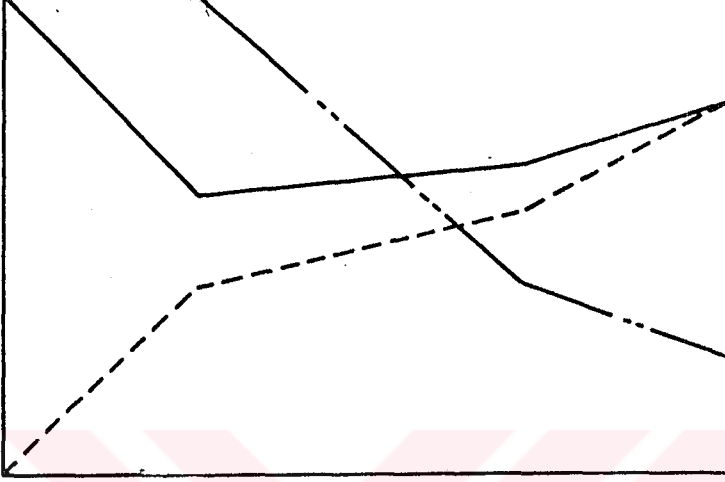
3.8.6. Pareto Yarışı

Korhonen ve Wallenius yukarıdaki yaklaşıma dayalı olarak Pareto Yarışı adını verdikleri bir yaklaşım geliştirdiler [47]. Bu Korhonen ve Laasko geleniğini devam ettirmekte ve bir video oyununa benzemektedir. Yukarıda bahsedilen düşüncelerle baskın olmayan çözümleri birleştirir. Doğrusal programlama problemlerinin çözümü için kullanılabilir. Karar verici bir şekilde etkin bir sınır belirler ve onun etrafında çözüm için dolaşır.

İki amaç olması durumunda buna karşı gelen etkin sınır tek boyutludur. Bu her zaman amaç sayısının bir eksiğidir. İki veya üç aşamalı problemler dışında etkin sınır düzlem üzerinde görüntü olarak gösterilemez ve Pareto Yarışı her amacın değerini göstermek için çubuk diyagramlar kullanır. Kullanıcı etkin sınır etrafında dolaştıkça çubuk diyagramlarının rengi değişir.

Yaklaşım araç sürmeye benzer şekilde sınır boyunca hareketi sağlayan belli fonksiyonlara sahiptir. Kullanıcıya belli kontrol imkanlarını sağlayan bu fonksiyonlar şunlardır:

1. Verilen yönde hareketin sağlanması. Bu görüntüsel etkileşimli yöntemde tanımlanan bir yansıma boyunca bir birim harekete karşılık gelir.



Şekil 3.9 . Görüntüsel Etkileşimli Yöntemin Görüntü Örneği

2. Hızın azalması veya çoğalması. Bir birim ilerlemedeki adım uzunluğunu değiştirir.
3. Bir amacın en düşük seviyesinin değiştirilmesi. Bu verilen bir değere ayarlanabilir veya serbest olmasına izin verilebilir.
4. Etkin sınır boyunca bir yolun yönünün değiştirilmesi. Bu belli bir amacın bileşenini artırır.

Yöntemin ana fikri ve etkin sınır etrafında hareket etmek imkanı ilginç ve harcanan emeğe değmesine rağmen, yöntemin değeri bilgisayar imkanlarına ve kullanılan grafiklere çok bağlıdır.

3.8.7. Ayrık Alternatifler Yöntemi

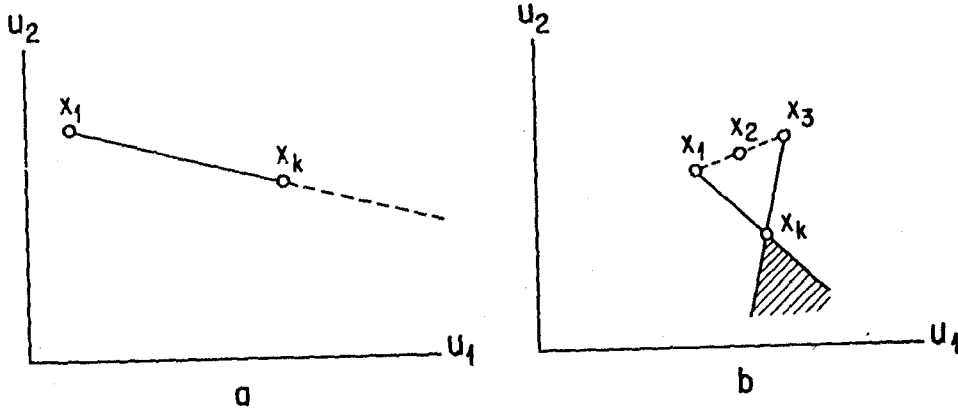
Ayrık alternatifler problemini çözmede başarısı kanıtlanmış yöntemler içinde en önemlisi Korhonen, Wallenius ve Zionts [48] ve Köksalan, Karwan ve Zionts [49] tarafından geliştirilmişlerdir. Burada Korhonen, Wallenius ve Zionts tarafından geliştirilen yöntemin kısaltılmış bir versiyonu tanıtılacaktır. Yazarlar amaçların kapalı bir yarı içbükey artan fayda fonksiyonuna sahip olduğunu kabul etmektedirler.

Ana fikir, çözüm noktalarının dışbükey kabuğunu ve bunu temsil eden dışbükey kümeyi ele almaktır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi çözümlerin dışbükey kabuğunun ekstrem noktaları O, A, D, H, J ve K çözümleridir. Daha önce anlatıldığı gibi B ve F çözümleri baskın olmayan çözümler olmasına rağmen çözümlerin dışbükey kombinasyonları bunlara baskındır.

Yöntem aşağıdaki şekilde çalışmaktadır:

1. Amaçlar için bir başlangıç ağırlıklar kümesi seçilir.
2. Amaçların ağırlıklı toplamını enbüyükleyen çözüm tanımlanır ve bu zorunlu çözüm olarak alınır.
3. Zorunlu çözüm referans çözüm olarak alınarak zorunlu çözüme yakın yeterli çözümlerin hepsi tanımlanır. Karar vericiden zorunlu çözümü, bir yakın yeterli çözüm ile kıyaslaması istenir. Daha az tercih edilen elenir ve seçim sonucuna göre bir dışbükey koni oluşturulur. Yeni koninin baskın olduğu çözümler elenir.
4. Bir yakın yeterli çözüm zorunlu çözüme tercih edildiğinde yakın çözüm zorunlu hale gelir. Adım 3'e gidilir. Zorunlu çözüme tercih edilecek yakın yeterli çözüm kalmadığı zaman zorunlu çözüm optimaldir.

Yöntem bir doğrusal fayda fonksiyonu (ağırlıklar) ile kullanılır. Ancak bunun altında yatan fayda fonksiyonunun doğrusal olması gerekmez. Elenen çözümlerin sonucunda dışbükey baskın çözümlerin çoğu tercih edilebilir.



Şekil 3.10

3.8. Sonuç

Burada anlatılanlar çok ölçütlü karar problemine çok amaçlı doğrusal programlama problemi vurgulanarak temel bir giriş için hazırlanmıştır. Literatürde geçen bazı yöntemler seçilmiştir. Verilen yöntemler, yöntemlerin gelişmesinde atlama taşı olan yöntemlerdir.

Çok ölçütlü karar verme alanında şu anda yapılan keşifler daha önce yapılanlardan çok büyüktür. Bilgisayar teknolojisi 3.8.6 ve 3.8.7 kısımlarda anlatılan yaklaşımların geliştirilmesine imkan tanımıştır. Çok daha güçlü yöntemlerin geliştirileceği şüphesizdir [11].

BÖLÜM 4

SAĞLIK SİSTEMLERİNDE

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ VE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI

UYGULAMALARI

4.1. Sağlık Sistemlerinde Endüstri Mühendisliği Uygulamaları

Sağlık sistemlerindeki endüstri mühendisliği uygulamalarının tamamına yakın bölümü verimlilik artırmaya yönelik olarak yapılmışlardır. Verimlilik ve etkinlik açısından sağlık kuruluşlarının pek çok sorunu vardır. Verimlilik analizleri ile ilgili olarak su sorunlar iki başlık altında toplanabilir:

1. Araştırma-geliştirme ve planlama sorunları
2. İşletmecilik sorunları

Bugün sağlık kurumlarının işletmeciliği ile ilgili sorunların başında yönetim uygulamalarında nesnelliği ve ölçülebilirliği sağlayacak araştırma ve planlama faaliyetlerinin yok denecek kadar az olmasıdır. Çünkü herşeyden önce hastanelerimizde yönetime doğru yeterli ve zamanında veri akışını sağlayacak bu verilerin analizini yaparak karar seçeneklerinin oluşturulmasına, alınan kararların sonuçlarını değerlendirecek bir yönetim bilişim sistemi yoktur.

Sağlık kurumları ile ilgili bir diğer sorun kümesi işletmecilik uygulamaları ile ilgilidir. Birçok sektörde çağdaş işletmecilik uygulamalarına yer verilip bu uygulamalarda nesnel, kantitatif yönetim tekniklerinden yararlanılırken sağlık sektörü bu gelişmelerin dışında kalmıştır. Bunun sonucunda sağlık kurumları işletmeciliği tıbbın ve tıbbi teknolojinin gelişimi ve istihdamları ile özdeşleştirilmiştir. Bir başka deyişle işletmeciliğin başarı ölçütü sadece verilen tıbbi hizmetin

nispi kalitesi olmuştur. Hizmetin verimli olup olmadığı verimliliği artırma olanaklarının bulunup bulunmadığı, hastanenin bir bütün olarak amaçlarına hangi ölçüde ulaşabildiği gibi konular hep ihmal edilmiştir. Sağlık kurumlarında hizmetin niteliğinin ve yürütülüş biçiminin gerektirdiği çağdaş yönetim ve organizasyon yapılarına, finansal yönetim, pazarlama ve halkla ilişkiler uygulamalarına rastlanamamaktadır. Oysa kâr amacı güdülsün veya güdülmesin işletmecilikte verimlilik ve kârlılık ilkelerine uygun faaliyet gösterilmesi esastır.

Sağlık kurumlarının bir bütün olarak verimlilik düzeyini belirleyen faktörler başlıca dört ana grupta toplanabilir. Diğer bir deyişle, sağlık kurumlarının toplam verimliliği dört üretim faktörünün verimlilik bileşkesi olarak ortaya çıkar. Bunlar

1. İşgücünün verimliliği
2. Sermayenin verimliliği
3. Teknolojinin verimliliği
4. Malzemenin verimliliğidir

Sağlık kurumlarında verimlilik ancak bu üretim faktörlerinin verimliliklerinin artırılması ile mümkündür.

Sağlık kurumlarında verimlilik artırılması ile ilgili olarak yapılmış çalışmalara örnek olarak Kaliforniya'daki Long Beach Memorial hastanesinde yapılan çalışma gösterilebilir. Parasal güdülemeye dayanan bu yöntem ilk olarak Amerikan iş dünyasında uygulanmaya başlanmıştır.

" Total Systems Incentive Program " adı ile anılan yöntem bilinen " parça başına " prim yönteminden farklı olarak çalışanları grup olarak değerlendirmektedir. Bireysel performans ölçümü için kesin bir ölçüm zorunluluğu olmaması nedeni ile bu yöntem hizmet sektöründe de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca önceleri sadece üst düzey çalışanlarının katıldığı program giderek tüm çalışanları kapsamaya başlamıştır.

Programda yaptıkları iş ve birbiri ile ilişkisi göz önüne alınarak bir araya getirilen ve gruplanan çalışanlar gruplarının performansına göre maaşlarına ek olarak prim almaktadırlar. Bu ek gelirin bir bölümü

ise çalışanların gönüllü olarak katıldığı (programa tüm çalışanların katılma zorunluluğu yoktur) ve aldıkları maaşa orantılı olarak aidat ödeyerek oluşturdukları bir fondan sağlanmaktadır.

Paylaşma ve işbirliği kavramlarına dayanan "incentive" programların verimliliğe katkısı,

1. Daha fazla değil daha akıllıca çalış
2. Malzeme ve teçhizattan tasarruf et
3. Grubun amacına ulaşması için işbirliği yap

şeklinde özetlenebilecek ilkelerden kaynaklanmaktadır.

Programın hastanelerde başarılı olması durumunda aşağıdaki sonuçlar beklenmektedir :

1. Çalışanlar daha çok para kazanacaklardır
2. Hastalar daha düşük maliyet ve/veya daha iyi hizmet ile karşılaşacaklardır
3. Hastanenin daha iyi yerleşim ve donanım için imkanları artacaktır.

Long Beach hastanesinde yapılan uygulamada program her üç amacına da ulaşmıştır. Hastanenin kâr amacına yönelik bir kuruluş olmaması nedeni ile hastanenin sağladığı yarar programın sağladığı tasarruf cinsinden ölçülmekte ve bu "kazancın" bir bölümü her yıl bir fona aktarılmaktadır. Çalışanların emeklilik, ölüm ya da işten ayrılma hallerinde bu fondan ödeme yapılmaktadır. Fonun geri kalan bölümü ise hastanenin gereksinimlerini gidermek için kullanılmaktadır [50].

Metod etüdü ve zaman etüdü gibi iş basitleştirme konularının kullanılması ile ilgili çalışmalara rastlanamamıştır. Bu çalışmaların yapılması özellikle büro hizmetleri, yardımcı hizmetler gibi alanlarda gerekli görülmektedir.

4.2. Sağlık Sistemlerinde Yöneylem Araştırması Uygulamaları

Sağlık sistemleri üzerinde ilk yöneylem araştırması çalışmaları örgütsel düzeydedir. 1956 yılı sonlarında John Hopkins Üniversitesi Hastanesine bağlı olarak Endüstri Mühendisliği, Psikoloji ve Biyoistatistik bölümü elemanlarından oluşan 9 kişilik bir yöneylem araştırması grubu oluşturulmuştur. Bu disiplinler arası grup önceleri üniversite hastanesinin hasta talebi tahmini, personel ihtiyacı, hasta bakımı ve teknolojik araçların kullanımı sorunlarına eğilmiştir.

Yöneylem araştırması yolu ile hastane yönetimi karar problemlerine başarılı çözümler sağlanması giderek uygulamaların toplum hekimliği, bölgesel planlama, ulusal ve uluslararası sağlık sorunlarına yönelinmesine yol açmıştır. Modern tıbbın çok sayıdaki öğeleri arasında ilişkilerin henüz ancak belirli bir kısmının anlaşılabilildiğini ve çok karmaşık bir sistem olduğu söylenebilir.

Yöneylem araştırmasının sağlık hizmetlerindeki uygulamalarının önceleri hastanelerde başlamasının nedenleri şu şekilde sıralanmaktadır [51]:

1. Güvenilir ve geçerli bölgesel sağlık verilerinin elde edilmesinin güçlüğü
2. Sağlık alanında çalışan ilk yöneylem araştırmacılarının tek bir örgütü (hastaneyi) kontrol edilebilir bir ortam olduğu için tercih etmeleri ve burada tecrübe kazanmaları

Her sağlık örgütünde özellikle hastanelerde bütün tıbbi hizmetlerin sağlanmasının ekonomik olmadığı ve bunlardan yararlanma düzeyinin düşük olduğu saptanmıştır. Bu gerekçe ile bölgesel sağlık planlaması kavramı ortaya atılmış ve bu konuda çalışmalara başlanmıştır. Az sayıda talebin bulunduğu öte yandan ileri teknoloji gerektiren (açık kalp ameliyatı, kobalt tedavisi, böbrek hastalıkları, acil kalp hastalıkları vb) hizmetlerde gereksiz tekrarları ortadan kaldırmak için bölgesel düzeyde tesislerden ortaklaşma yararlanma fikri ortaya atılmıştır.

Bölgesel çalışmalarda önceleri sağlık tesislerinin yer ve kapasiteleri üzerinde çalışmalar yer almış, bunları tesis ve insan gücü gelecek tahmini araştırmaları izlemiştir. Bölgesel planlama çalışmaları yanısıra

ulusal düzeyde sağlık sektörü planlaması, sağlık sistemlerinin etkinliği, bulaşıcı ve salgın hastalıklarla mücadele gibi konularda yöneylem araştırması çalışmaları yapılmaktadır.

Yöneylem araştırması uygulamalarını başlıca iki grupta toplayabiliriz:

1. Ulusal ve bölgesel sağlık sistemi sorunları
2. Sağlık örgütleri ve bireysel sorunlar

Bu gruplandırma problemlerin makro ve mikro düzeyler yönünden bir ayrımıdır[3]. Bir diğer sınıflandırma biçiminde ise birinci grup stratejik düzey, ikincigrup ise taktik düzey olarak isimlendirilmiştir[52].

Yöneylem araştırması çalışmaları genellikle tek konuyu ele almışlardır. Aile planlamasında yöneylem araştırmasının rolü, bölgesel sağlık planlamasında yöneylem araştırması, hasta kabul sistemlerinin değerlendirilmesi gibi. Konu ile ilgili olarak yapılan bir araştırmada yöneylem araştırmasının sağlık sistemlerine uygulanması yedi grupta ele alınmış ve incelenmiştir:

1. Ulusal planlama ve kaynak tahsisi
2. Tıp bilimleri
3. Teşhis
4. Tedavi ve epidemiyoji
5. Hastaneler
6. Diğer hizmetler
7. Toplum, olarak gruplandırılmıştır [53].

Uygulamaları stratejik ve taktik düzey olarak niteleyen yazarlara göre bu ana grupların alt grupları şu şekildedir [52]:

Stratejik planlama düzeyi:

- 1.Kaynak tahsis modelleri
 - 1.1. Makro-ekonomik planlama
 - 1.2. Sistem optimizasyonu
 - 1.3. Davranış simülasyonu
- 2.Hastane planlaması
 - 2.1. Parametik maliyet modeli
 - 2.2. Hastane için optimum kaynak tahsisi
 - 2.3. Hastaneyi oluşturan hiyerarşik yapının boyutu

Taktik planlama düzeyi:

1. Hastanelerin programlanması ve randevu sistemleri
2. Hastanelerin stok kontrolu
3. Yardımcı sağlık departmanları planlanması
4. Hemşirelerin programlanması
5. Ambulans servislerinin planlanması

Sınıflandırma biraz daha detaylı olarak yapılabilir.

Ulusal ve bölgesel sağlık sistemi sorunları:

1. Sağlık sektörü planlaması
2. Sağlık tesisleri ve sağlık insangücü planlaması
3. Sağlık sistemlerinin etkinliği ve yararlanma
4. Bulaşıcı ve salgın hastalıklarla mücadele
5. Aile planlaması

Sağlık örgütleri ve bireysel sorunlar:

1. Bütçeleme ve kaynak tahsisi
2. Hasta kabul sistemleri
3. Kan merkezi planlaması
4. Ambulans ve ilkyardım planlaması
5. Ameliyathane planlaması
6. Yatak planlaması
7. Hemşirelik hizmetlerinin planlanması
8. Stok planlanması
9. Labratuvar birimlerinin planlanması
10. Personel planlaması
11. Menü planlaması
12. Talebin tahmini

Konu ile ilgili uygulamaların artması ile yukarıda yapılan sınıflandırılmaların değiştirilmesi ve geliştirilmesi mümkün gözükmetedir. Yöney-lem araştırması uygulamalarından en yaygın biçimde ele alınan bir türe ait uygulama örneği şu şekilde verilebilir:

4.2.1. Hastanelerde Kaynak Tahsisi

Hastanelerde kaynak tahsisi genelde kaynakların sınırlı olmasının yanında kaynakların birbirine bağımlılığı nedeni ile güçtür. Sağlık kurumlarında kaynakların birbirlerini bütünleyici olmaları karar problemlerinde değişken sayısını artırmaktadır. Bu tür problemlerde doğrusal programlama ve simülasyon olmak üzere iki yöneylem araştırması yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama modelleri sağlık hizmetini emek ve diğer girdileri belli tıbbi çıktılara dönüştüren çokkürünlü bir firmanın ürünleri olarak değerlendirmektedir. Çıktılar, toplam hastalar, tedavi edilen bir hastalık koşulu tipinin toplam sayısı veya verilen bir sağlık hizmeti tipinin sayısı olabilir. Modellerde kullanılan amaç fonksiyonları toplam personel maliyetini veya toplam emek, donanım ve malzeme maliyetlerini en aza indirmek veya tedavi edilen hasta sayısını en çoğa yükseltmektir.

Bilgisayar simülasyon modelleri ise doğrusal programlama modellerinde göz ardı edilen sağlık hizmetlerinin karmaşık yanlarının daha gerçekçi biçimde temsilini sağlamaktadır.

Fetter ve Thompson tarafından hastane kaynaklarından yararlanmanın artırılması amacı ile bilgisayar etkileşimli bir planlama sistemi geliştirilmiştir[54]. Bu modelde, hastanın durumunun bakım gereksinimleri cinsinden belirtildiği ve kademeli hasta bakım yaklaşımının planlama için daha geçerli bir yöntem olduğu öne sürülmektedir. Aynı tür bakıma gereksinim duyan hastalar gruplanmakta ve ölçüt girdiler, çıktılar ve bakım kalitesi cinsinden belirlenmektedir. Kademeli hasta bakım yöntemine göre yatak ile teşhis ve tedavi üniteleri tek başına veya ortaklaşa kullanılmaktadır. Herhangi bir ünitenin kullanılması, hastanın o üniteyi meşgul ettiği zaman dağılımı ile tanımlanmaktadır. Hastaneden yararlanma kavramı ise kaynakların hastalar tarafından kullanılması olarak alınmıştır. Modelde istatiksel program, hasta bakım modeli ve kademeli hasta bakım simülasyonu kullanılmaktadır. İstatiksel program bilgilerden gerekli dağılımların elde edilmesi; hasta bakım modeli hastalıkların özelliklerine göre gruplandırılması; kademeli hasta bakım simülasyonu ise hastaların kaynak kullanımlarının

belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu modelde amaç yatırım ve işletme harcamalarını gözardı etmeden bütün tesislerden sağlanacak yararların enbüyüklenmesidir.

Modelde kullanılan değişken ve parametreler ve model aşağıdaki biçimde verilmiştir:

- x_i : i tipi yatak sayısı
- u_i : i tipi yataklardan yararlanma
- p_{ij} : i tipi yataklardan j'inci yatağın kullanılma olasılığı
- $y_{ij} = 1$ i tipi yatağın j'incisi kullanılabilirse
- $y_{ij} = 0$ diğer hallerde
- c_{i1} : i tipi yatağın yatırım maliyeti
- c_{i2} : i tipi yatağın işletme maliyeti
- B : yatırım bütçesi
- C : işletme masrafları bütçesi

Model

$$\sum_i c_{i1}x_i \leq B$$

$$\sum_i c_{i2}x_i \leq C$$

$$\sum_j y_{ij} - x_i = 0$$

$$\sum_j p_{ij}y_{ij} - u_i = 0 \quad i=1, 2, \dots, n \quad \text{kısıtları altında}$$

$$\text{Enb } Z = \sum_i c_{ik}u_i \quad k=1, 2$$

amaç fonksiyonunu enbüyüklemektir.

BÖLÜM 5

SAĞLIK SİSTEMLERİNDE

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME UYGULAMALARI

5.1. Çok Amaçlı Modellerle Yönetmel Planlama ve Bütçeleme

Bu çalışma eyalet düzeyindeki bir sağlık kuruluğu için hedef programlama modeli geliştirmekte ve uygulamaktadır [12]. Mevcut literatürün sadece sınırlı bir kısmı makro düzeyde sağlık planlaması ile ilgilidir. Çalışmada tanımlanan hedef programlama modeli kuruluğa ait önceki bilgileri içlererek özel modeller geliştirmiştir. Sunulan model üç ayrı formülasyon içermektedir:

- i) Bütün hedeflere ulaşmak için gerekli kaynaklar
- ii) Mevcut bütçeye bağılı olarak hedeflerin gerçekleşmesi
- iii) Arzulanan hedefler-kaynaklar ilişkisine dayalı olarak modelin yeniden çözülmesi

Özürlü çocuklar servisi, 21 yaşın altındaki fiziksel rahatsızlıkları bulunan çocuklara hizmet vermek için kurulmuştur. Bu program, temel amaç olarak yeterli kaynak tahsisinin optimum olarak sağlanmasını almıştır ve Georgia Eyaleti yönetimi tarafından desteklenmiştir.

Eyaletteki 14 bölgede 800 kadar klinik toplantı düzenlenmiştir. Bu toplantılarda gerekli tıp ve sosyal alanlarında çalışanlardan destek sağlanmıştır.

Oluşturulan herbir ekip dokuz ayrı alanda hizmet vermektedir:

- Ortopedi
- Plastik cerrahi
- Keşikler
- Yanıklar

- Kardiyoloji
- İřitme
- Fiziksel tedavi
- Sara nöbetleri
- Kronik akciğer rahatsızlıkları

Programda görev alan 100' ün üzerindeki çalışandan 85 kadarı doğrudan kurulan merkezlere gönderilmiş, kalanı ise Atlanta' da bulunan ana merkezde görevlendirilmiştir. Oluşan idari maliyetler her bir serviste tedavi edilen hastaların oranında servislere paylaştırılmıştır.

5.1.1. Hedefler, Değişkenler ve Hedef Seviyeleri

Hedefler:

1. Bir önceki yıla göre tedavi edilen hasta sayısını %10 artırmak
2. Dışarıdan alınan tıbbi ve cerrahi servisleri %25 artırmak
3. Servislere yapılan (doktor ve hastaneler) ödemeleri %60 tan %75' e çıkarmak için kaynak bulmak
4. Sağlık personelinin ödemelerini %10 artırmak
5. Üç yeni servis (doğuştan göz bozukluğu, doğuştan bağırsak rahatsızlığı, metabolik rahatsızlık) açmak
6. Bütün personel için eşit ve adil bir ücret artışı sağlamak
7. Hedefleri başaracak maliyetin minimizasyonunu temin etmek

Değişkenler:

Karar Değişkenleri:

x_h : Her bir serviste tedavi edilen hasta sayısı ($h= 1.....9$)

C_e : Yeni kliniklerin kurulması için gerekli fon ($e= 1, 2, 3$)

Teknolojik Katsayılar ve Sabitler:

K : Tedavi edilen hasta sayısında arzulanan artış oranı

Tablo 5.1. Modellere Göre Hedeflerin Öncelikleri

Hedef	Model 1	Model 2	Model 3
1	1	2	1
2	2	3	5
3	3	4	6
4	4	5	4
5	5	6	(şartlara bağlı)
6	6	7	3
7	7	1	2

Y_h : h' nci serviste birim hastanın tıbbi servis maliyeti
 Z_h : h' nci serviste personele ödenen birim hasta için ücret
 G : Servisteki sağlık personeline yapılan ödemenin arzulanan artış oranı
 H : Servisteki sağlık personeline yapılan mevcut ödeme
 J : Tıbbi personele yapılan ödemede arzulanan artış oranı
 V_h : h' nci serviste tıbbi personel ödemelerinin ortalama maliyeti
 T : Çalışan işçilerin ücretinde arzulanan artış oranı
 S_h : h' nci servisteki hasta için ortalama çalışan ücreti maliyeti
 E_h : h' nci servisteki hasta adına yapılan toplam maliyetin ortalaması

Hedef Seviyeleri (Sınırlamalar):

P_h : h' nci serviste tedavi için hedeflenen hasta miktarı
 M_1 : Tıbbi servis artışı hedefinin başarılması maliyeti
 M_2 : Sağlık personeline yapılacak ücret artışı hedefinin başarılmasının maliyeti
 M_3 : Tıbbi personele yapılacak ücret artışı hedefinin başarılmasının maliyeti
 M_4 : İşçilere sağlanacak ücret artışı hedefinin başarılmasının maliyeti
 D_1 : Yeni göz kliniğinin tahmini bütçe gereksinimi
 D_2 : Yeni mide-bağırsak kliniğinin tahmini bütçe gereksinimi
 D_3 : Yeni metabolik rahatsızlıklar kliniğinin tahmini bütçe gereksinimi

5.1.2. Modelin Hedef Programlama İçin Formülasyonu

Birinci Model:

$$x_1 + d_1^- = 11519 \quad (5.1-a)$$

$$x_2 + d_2^- = 1492 \quad (5.2-a)$$

$$x_3 + d_3^- = 111 \quad (5.3-a)$$

$$x_4 + d_4^- = 53 \quad (5.4-a)$$

$$x_5 + d_5^- = 2100 \quad (5.5-a)$$

$$x_6 + d_6^- = 903 \quad (5.6-a)$$

$$x_7 + d_7^- = 127 \quad (5.7-a)$$

$$x_8 + d_8^- = 303 \quad (5.8-a)$$

$$x_9 + d_9^- = 265 \quad (5.9-a)$$

$$3.78x_1 + 13.51x_2 + 0.22x_3 + 37.14x_4 + 20.01x_5 + 4.08x_6 + 4.52x_7 + 3.05x_8 + 2.63x_9 - d_{10}^- - d_{10}^- - M_1 = 0 \quad (5.10)$$

$$38.25x_1 + 41.95x_2 + 155.22x_3 + 428.97x_4 + 83.62x_5 + 32.35x_6 + 75.74x_7 + 11.80x_8 + 47.05x_9 - d_{11}^- - d_{11}^- - M_2 = 0 \quad (5.11)$$

$$1.74x_1 + 2.24x_2 + 5.01x_3 + 2.93x_4 + 2.11x_5 + 0.65x_6 + 5.87x_7 + 5.92x_8 + 3.15x_9 - d_{12}^- - d_{12}^- - M_3 = 0 \quad (5.12)$$

$$C_1 + d_{13}^- - d_{13}^+ = 989000 \quad (5.13)$$

$$C_2 + d_{14}^- - d_{14}^+ = 850000 \quad (5.14)$$

$$C_3 + d_{15}^- - d_{15}^+ = 519531 \quad (5.15)$$

$$3.40x_1 + 2.39x_2 + 8.84x_3 + 28.76x_4 + 2.96x_5 + 4.26x_6 + 10.11x_7 + 3.94x_8 + 5.51x_9 + d_{16}^- - d_{16}^+ - M_7 = 0 \quad (5.16)$$

$$269.35x_1 + 266.81x_2 + 880.68x_3 + 2350.13x_4 + 445.48x_5 + 252.32x_6 + 592.75x_7 + 166.31x_8 + 361.48x_9 + M_1 + M_2 + M_3 + C_1 + C_2 + C_3 + M_4 + d_{17}^- - d_{17}^+ = 0 \quad (5.17-a)$$

$$\text{Min } Z: P_1 (d_1^- + d_2^- + \dots + d_9^-) + P_2 d_{10}^+ + P_3 d_{11}^+ + P_4 d_{12}^+ + P_5 (d_{13}^- + d_{14}^- + d_{15}^-) + P_6 d_{16}^+ + P_7 d_{17}^+$$

İkinci Model:

Sadece (5.17-a) denklemi şu şekilde değişir:

$$269.35x_1 + 266.81x_2 + 880.68x_3 + 2350.13x_4 + 445.48x_5 + 252.32x_6 + 592.75x_7 + 166.31x_8 + 361.48x_9 + M_1 + M_2 + M_3 + C_1 + C_2 + C_3 + M_4 + d_{17}^- - d_{17}^+ = 4875000 \quad (5.17-b)$$

Buna bağlı olarak amaç fonksiyonunun yeni hali:

$$\text{Min } Z: P_1 d_{17}^+ + 9P_2 d_1^- + 6P_2 d_2^- + 2P_2 d_3^- + 2P_2 d_4^- + 7.5P_2 d_5^- + 4.4P_2 d_6^- + 4.5P_2 d_7^- + 7.5P_2 d_8^- + 2P_2 d_9^- + P_3 d_{16}^+ + P_4 d_{11}^+ + P_5 d_{12}^+ + P_6 d_{10}^+ + 3P_9 d_{13}^- + 2P_7 d_{14}^- + 1P_7 d_{15}^-$$

Üçüncü Model:

(5.1-a) dan (5.9-a) ya kadar olan eşitlikler şu şekilde değişir:

$$x_1 + d_1^- = 10472 \quad (5.1-b)$$

$$x_2 + d_2^- = 1356 \quad (5.2-b)$$

$$x_2 + d_2^- = 1356 \quad (5.2-b)$$

$$x_3 + d_3^- = 101 \quad (5.3-b)$$

$$x_4 + d_4^- = 48 \quad (5.4-b)$$

$$x_5 + d_5^- = 1909 \quad (5.5-b)$$

$$x_6 + d_6^- = 821 \quad (5.6-b)$$

$$x_7 + d_7^- = 115 \quad (5.7-b)$$

$$x_8 + d_8^- = 275 \quad (5.8-b)$$

$$x_9 + d_9^- = 241 \quad (5.9-b)$$

(5.17-b) eşitliği ikinci modelde olduğu gibi kalır. Amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi değişir:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z: & 9P_1d_1^- + 6P_1d_2^- + 2P_1d_3^- + 2P_1d_4^- + 7.5P_1d_5^- + 4.5P_1d_6^- \\ & + 4.5P_1d_7^- + 7.5P_1d_8^- + 2P_1d_9^- + P_2d_{17}^+ + P_3d_{16}^+ + P_4d_{12}^+ \\ & + P_5d_{10}^+ + P_6d_{11}^+ \end{aligned}$$

Tablo 5.2. Hedeflerin Formülasyonu

Hedefler	Öncelik Seviyesi	Sapma Değişkeni
1	P1	$d_1, d_2, \dots, d_9$
2	P2	d_{10}
3	P3	d_{11}
4	P4	d_{12}
5	P5	d_{13}, d_{14}, d_{15}
6	P6	d_{16}
7	P7	d_{17}

Tablo 5.3. Birinci Modelin Çözümü

DEĞİŞKEN	MİKTAR
Tedavi Edilen Hasta:	
x_1	11519
x_2	1492
x_3	111
x_4	53
x_5	2100
x_6	903
x_7	127
x_8	303
x_9	265
Hasta Tedavi Maliyeti(\$)	5107852
Tedavi Dışındaki Hedeflerin Maliyetleri:	
Tıbbi Servislerin Artırılması	113591
Sağlık Per. Ücret Artışı	773633
Göz Kliniği İçin Fon	989000
Mide-barsak Kliniği İçin Fon	850000
Metabolik Rahatsızlıklar Kliniği	519531
Tıbbi Per. Ücret Artışı	30973
İşçilerin Ücret Artışı	59236
Toplam Gerekli Fonlar (\$)	8443816

Tablo 5.4. İkinci Çözümde Hedeflerin Başarılması

<u>Hedef</u>	<u>Sonuç</u>
Bütçe Sınırlaması	tamamen başarıldı
Tedavi Edilen Hasta	kısmen başarıldı
İşçi Ücret Artışı	başarısız
Sağlık Personeli Ücret Artışı	başarısız
Tıbbi Personel Ücret Artışı	başarısız
Tıbbi ve Cerrahi Servis Artışı	Başarısız
Tıbbi ve Cerrahi Servis Artışı	Başarısız
Üç Yeni Klinik Açılması	başarısız

Tablo 5.5. İkinci Modelin Çözümü

<u>Değişken</u>	<u>Miktar</u>
Tedavi edilen hasta:	
x ₁	11519
x ₂	1492
x ₅	2100
x ₆	903
x ₇	127
x ₈	303
x ₉	236
Tedavi edilemeyen hastalar:	
x ₉	29
x ₃	111
x ₄	53
Bütçenin yetmediği miktarlar:	
İşçilerin ücret artışı	56570
Tıbbi ve cerrahi servis alınması	111522
Sağlık personeli ücretleri	732296
Göz programı	989000
Mide-bağırsak programı	850000
Metabolik program	519531
Tıbbi personel ödemesi	30170

Tablo 5.6. Üçüncü Model için Revize Edilmiş Hedefler

<u>Öncelik</u>	<u>Hedef</u>
1	Bütün servislerde bir önceki yılda tedavi edilen miktarda hastaya hizmet vermek
2	Bütçe limitinin 4875000\$ olması
3	İşçilerin ücretinin artırılması
4	Tıbbi personelin ücretinin artırılması
5	Satın alınan tıbbi servisin artırılması
6	Sağlık personelinin ücretinin artırılması

Tablo 5.7. Üçüncü Modelin Çözümü

Tedavi edilen hasta:

Bütün servislerde bir önceki yıldaki kadar hasta tedavi edildi

Fonların Tahsisi(\$):

	<u>Miktar</u>	<u>Hedefin Başarılması</u>
İşçi ücreti artışı	53841.12	başarıldı
Satın alınan tıbbi servis	103249.81	başarıldı
Tıbbi servis ücret artışı	28154.21	başarıldı
Sağlık personeli ücret artışı	46978.34	kısmen başarıldı

Fon Açığı (\$):

Sağlık personeli ücret artışında 656211.69

5.2. BÖLGESEL ACİL TIP SERVİSİ AMBULANS TAHSİSİ İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR YAKLAŞIM

Amerika Birleşik Devletleri Kongresi'nde 1974 yılında kabul edilen Acil Tıp Servisi anlaşmasına göre acil tıp çağrılarının %95'ine kentsel alanda 10 dakikada kırsal alanda 30 dakikada ulaşılması kabul edilmiştir. Bunun ardından ambulansların bölgelere en etkin bir biçimde yerleştirilmeleri için çeşitli çalışmalar başlatıldı. Kurulan modeller, simülasyon, kuyruk ve küme içeren (set-covering) yöntemlerin birkaç çözüm yaklaşımının geliştirilmesi şeklindeydi. Bu modeller çok ölçütlü tahsis kararları karşısında yetersiz kalıyordu.

Burada sunulan çalışmada, bir bölgedeki sektörlerde ambulansların tahsis edilmesi için çok ölçütlü matematik programlama modeli anlatılmaktadır [57]. Tahsis için gözönüne alınan kriterler yukarıda bahsedilen ulaşım süresi ve bütçe kısıtlarıdır. Ambulansların yapısı gereği tam sayılı hedef programlama modeli formüle edilmiştir. Ambulans tahsis probleminde, en iyi şekilde ise kuyruk sistemleri tanımlanmıştır. Model matematik programlama çerçevesi içinde kuyruk sistemlerinin formülasyonu hedef kısıtları olarak oluşturulmuştur.

5.2.1. Modelin Formülasyonu

Modelin kurulması için Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğusundaki geniş bir metropolitan alanın verileri esas alınmıştır. Bölgenin coğrafi alanı yaklaşık olarak 2150 kilometrekaredir. Bu alan 10 sektöre bölünmüştür. Acil tıp servisinin ambulansları bu sektörlerde ayrı ayrı tahsis edilecektir. Sektörler belirlenirken otoyollar, nehirler gibi doğal sınırlar, ilçeler ve banliyöleri gibi nüfus ile ilgili dağılımlar gözönüne alınmıştır. Sektörlerin belirlenmesinde bir diğer faktör, politik kısıtlar ve nüfus alanlarıdır. Herbir sektör birkaç nüfus alanı içermektedir. Genellikle bu sektörler tarihi bir geçmişe sahiptir.

Örneğimizdeki 10 sektörden ikisi kentsel yerleşim alanı, beşi kırsal yerleşim alanı ve ikitanesi kentsel ve kırsal yerleşim alanlarının karışımı şeklindedirler. Genel olarak kentsel sektörlerde görülen özellikler, ambulanslar için ortalama talebin fazla olması, ulaşım mesafesinin ve toplam servis zamanının daha kısa olması, çağrı başına maliyetin yüksekliği ve ulaşım hızının daha az olmasıdır.

Kırsal sektörlerde ise genel karakter, daha düşük talep, daha geniş bir coğrafi saha, çağrı başına daha düşük maliyet ve daha yüksek ulaşım hızıdır. Kırsal ve kentsel özelliklerin karışık olduğu alanlarda, kentsel özellikler daha baskın olduğu için planlamacılar tarafından bu sektörler de kentsel özelliklerle gözönüne alınmışlardır.

Önerilen modelin amacı, birkaç iç ve dış kısıtın ve amaçların sınırlanmasıyla belirli sayıdaki ambulansın bölgedeki 10 sektöre etkin bir biçimde tahsis edilmesidir.

5.2.1.1. Karar Değişkenleri

Modelimizdeki örnek olarak seçilmiş bölgedeki 10 sektöre 20 ambulans tahsis edilecektir. Herbir sektörün demografik yapısı aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

Sektör 1 ve 2: Kentsel

Sektör 3, 4 ve 5: Karma

Sektör 6, 7, 8, 9 ve 10: Kırsal

Ambulansların sektörlere yayılması aşağıdaki karar değişkenleri kümesi ile simgelenmektedir:

x_i : i 'nci sektöre atanan ambulans sayısı ($i=1, \dots, 10$)

$x_i \geq 0$ ve tamsayı

Hedeflerden sapma değişkenleri ise,

d^+ : Hedefin üzerine çıkılması

d^- : Hedefin altında kalınması

$d^+, d^- \geq 0$

5.2.1.2. Sistem Kısıtları

10 sektöre tahsis edilebilecek maksimum ambulans sayısının 20 olması kısıtının ifadesi:

$$\sum_{i=1}^{10} x_i + d_i = 20 \quad (5.18)$$

Modeldeki ikinci sistem kısıtı herbir sektörün ambulans ihtiyaçlarına

göre belirlenen ambulans kullanım faktörüdür:

$$\frac{\lambda_i}{x_i \mu_i} = d_j = 1 \quad (5.19)$$

$i=1, \dots, 10$ sektörler

λ_i = Çağrılarının Poisson geliş oranı

$j=2, 3, \dots, 11$

μ_i = Çağrılar için genel servis oranı

Ambulans çağrıları için sistem bir kuyruk sistemidir. Poisson gelişler, negatif üstel servis zamanı ve N adet işgören (M/M/N sistemi). Bölgedeki 10 sektörün herbiri için ortalama çağrı geliş oranı saat başına olarak Tablo 5.8'in üçüncü kolonunda gösterilmiştir. Ayrıca bu sektörlerin demografik yapıları da aynı tablonun ikinci sütununda belirtilmiştir.

Tablo 5.8. Sektörlere Göre Geliş Oranları

SEKTÖR i	TİPİ	(çağrı/saat)
1	Kentsel	4.000
2	Kentsel	2.100
3	Karma	1.340
4	Karma	1.340
5	Karma	2.340
6	Kırsal	0.610
7	Kırsal	0.610
8	Kırsal	0.610
9	Kırsal	0.117
10	Kırsal	0.117

5.2.1.3. Hedef Kısıtları

1.Bütçe: Bütçeleme ile ilgili hedef kısıtı sabit ve değişken maliyet, bileşenlerinden oluşmuştur:

$$\sum_{i=1}^{10} [(SM_i \cdot x_i) + (\lambda_i \cdot 24 \cdot DM_i)] + d_{12} - d_{12}^+ = \text{Bütçe Miktarı} = 30.000\$ \quad (5.20)$$

Sabit maliyet bileşeni saat başına 15\$ yardımcı sağlık personelinin ve 10\$ acil tıp teknisyeninin gideridir ve bu maliyetler ambulansın çalışmasına bağlı değildir. Çağrı başına sabit maliyetler kentsel, karma ve kırsal sektörler için sırası ile 116\$, 110\$ ve 90\$ dir.

Değişken maliyetler ise sektörlerin türüne ve acil çağrının cinsine göre değişiklik göstermektedir. Gönderilecek personelin niteliği ve çağrının acil olup olmamasına bağlıdır. Kalp krizi gibi acil bir çağrıda gönderilecek yardımcı sağlık personeli aynı zamanda hayat destek (kurtarma) sistemlerini ve ilaçlarını da kullanmaya yetkili olacaktır. Bir teknisyen ise sadece hastayı nakletmekle görevlidir. Bir teknisyen gerektiren çağrının maliyeti 100\$, müdahale için görevli gerektiren çağrılarının maliyeti ise 150\$'dır. Sektörlere göre bu görevlilerin oranları da farklıdır. Kentsel sektörlerde müdahale elemanı gerektiren çağrılarının, teknisyen gerektiren çağrılara oranı 9 a 1'dir. Karma sektörlerde 3 e 1 ve kırsal sektörlerde ise 1 e 3 tür.

Toplam değişken maliyet, saat başına çağrı geliş oranı λ_i ile 24 saat ve çağrı başına maliyet DM_i nin çarpımıdır. Ortalama değişken maliyet kentsel, karma ve kırsal sektörler için sırası ile 145\$, 135\$ ve 110\$ olarak belirlenmiştir.

2.Erişim Süresi: Daha öncede belirtildiği gibi 1974 yılında kabul edilen Acil Tıp Servisi Anlaşması ile kentsel alanlarda 10 dakika, kırsal alanlarda 30 dakika içinde çağrılarının %95'ine erişmek hedeflenmiştir. Bu gereksinimler için iki hedef kısıtının formülasyonu geliştirilmiştir. Birincisi istisnai sektörleri ikincisi bütün bölgeyi kapsayan formülasyonlardır. Ancak modelde bütünlük sağlamak için bütün sektörler için çağrılara erişim süresi 10 dakika olarak esas alınmıştır.

Herbir sektör için erişim süresine ait hedef kısıtları aşağıdaki gibi formüle edilmiştir:

$x_i > 1$ için,

$$P(W_{qi} \leq t_i) = [1 - P(W_{qi} = 0)] \cdot e^{-\lambda_i \mu_i (1 - \rho_i) t_i} + d_k^- - d_k^+ = 0.05 \quad (5.21)$$

$x = 1$ için

$$P(W_{qi} \leq t_i) = \rho_i \cdot e^{-\mu_i (1 - \rho_i) t_i} + d_k^- - d_k^+ = 0.05 \quad (5.22)$$

$t_i = 10 - T_i$;

T : Ortalama ulaşım süresi

T_i : Ortalama ulaşım süresi

μ_i : i'nci sektör için servis oranı

W_{qi} : Bir çağrının i'nci sektörde ambulansı bekleme süresi, sevk etme süresi

$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} =$ i'nci sektör için kullanım faktörü

$k=13,14,\dots,22$

$i=1,2,\dots,10$

T_i aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$T_i = \frac{C_i}{V_{oi}} \cdot (A_{oi})^{1/2} \quad i=1,2,\dots,10 \quad (5.23)$$

Larson ve Odoni tarafından tahmini ulaşım süresinin hesabı için geliştirilen bu formül, ulaşım süresini sektörün coğrafik karakteristikleri ve aracın hızı ile bağıntılı hale getirmektedir [58].

Tablo 5.9. Acil Tıp Servisi Ünitelerine Ait Sektör Bilgileri

1.Sektör	2.Tip	3. C_i	4.Tanım	5.Servis Süresi	6. A_{oi}	7. V_{oi}
1	Kentsel	0.50	Merkez/R<	40.71	77.7	32
2	Kentsel	0.50	Merkez/R<	40.71	64.7	32
3	Karma	0.38	Merkez/Euc	52.59	194.2	48
4	Karma	0.38	Merkez/R<	52.59	194.2	48
5	Karma	0.50	Merkez/Euc	52.59	155.4	40
6	Kırsal	0.38	Merkez/Euc	71.20	259.0	48
7	Kırsal	0.38	Merkez/Euc	71.20	259.0	48
8	Kırsal	0.38	Merkez/Euc	71.20	285.0	48
9	Kırsal	0.38	Merkez/Euc	71.20	336.7	48
10	Kırsal	0.38	Merkez/Euc	71.20	324.1	48

Tahmini ulaşım süresi T_i , bir sektörde işgören ambulans sayısından bağımsızdır. Ambulans merkezlerinin merkezi olarak yerleştirildikleri ve sabit oldukları varsayılmıştır. Genelde ambulanslar çağrılara erişirken kendi merkezlerinden kalkmaktadırlar. Bunun sonucu olarak da T_i , sadece sektörün C_i ile simgelenen coğrafik karakteristiklerine, hıza ve sektörün alanına bağlı olmaktadır.

' C_i ' değeri sektörün şekli ve ulaşım mesafesi ile orantılı bir kısıt olup sektörün tipine göre önceden hesaplanır. "Merkez" deyimi ile bütün acil tıp servisi ünitelerinin sektörün merkezine yerleştirildiği

kabul edilmektedir. " $R <$ " sembolü, kentsel sektörler veya bir yerleşim merkezi için dik açılı bir ulaşım yoluna sahip olduklarını gösterir. "Euc" veya Eucladian ölçü ise, kırsal sektörler için belirtilmiştir ve tali yolların veya otobanların yaygın olduğu bu alanlar için geçerlidir.

' A_{oi} ' sektörün kilometrekare cinsinden alanıdır. Herbir sektör için bu değerler Tablo 5.9'da Sütun 6'da gösterilmiştir.

' V_{oi} ' bir ambulansın ulaşım esnasındaki ortalama hızını kilometre olarak ifade eder. Kentsel alanlarda ulaşım süresi trafik yoğunluğu ve trafik ışıkları yüzünden daha düşüktür.

Yukarıdaki (5.21) ve (5.22) numaralı hedef kısıtı fonksiyonları standart çok kanallı kuyruk modeline dayalı tek bir hedef ölçütü olan ifadelerdir. Erişim süresi iki zaman bileşenini ihtiva etmektedir: Bir ambulansın sevki için gerekli süre ve ulaşım süresi. ' W_{qi} ', sevk etme süresidir ve gelen bir çağrının ambulans sevk edilmeden önce beklediği süredir. (5.21) ve (5.22) numaralı hedef kısıtları eşitlikleri her sektör için erişim süresi ölçütünü 10 dakika içinde başaracaktır. Bu erişim süresi Acil Tıp Servisi Yasası ile istenmektedir ve bunun hedef formülasyonu aşağıdaki gibidir:

$$P(W_q > t) = \left| 1 - P(W_q = 0) \right| \cdot e^{-\sum_{i=1}^{10} \lambda_i \mu (1-\rho)^t} + d_{23}^+ - d_{23}^- = 0.05 \quad (5.24)$$

Bu ifade uygulamanın yapıldığı bölgenin tümünü kapsayan genel bir ifadedir.

$t=10-T$

T : Bölge için ortalama ulaşım süresi

μ : Bölge için ortalama servis oranı

W_q : Bölgede gelen bir çağrının ambulans sevki için bekleme süresi

10

$\sum_{i=1} \lambda_i$ = Bölge için ortalama çağrı geliş oranı

$i=1$

$$\frac{\sum_{i=1}^{10} \lambda_i}{\sum_{i=1}^{10} (x_i)(\mu)} = \text{Bölge için ortalama kullanım alanı}$$

Ortalama servis oranı , her bir sektördeki ambulanslara ait servis oranlarının toplanarak bölgedeki toplam ambulans sayısına bölünmesi ile bulunur. Bölgede, gelen çağrılara %95 olasılık ve 10 dakika içinde erişebilmek için d_{23}^+ minimize edilmelidir.

3.Ambulans Kullanımı: Her bir sektörde kullanım faktörünün en azından 0.40 olması arzu edilmektedir. Bu amacı şu şekilde ifade edebiliriz:

$$\frac{\lambda_i}{(x_i) \cdot (\mu_i)} + d_1^- - d_1^+ = 0.40 \quad (5.25)$$

$i = 24, 25, \dots, 33$

λ_i : Bölgedeki her bir sektöre ait ortalama çağrı geliş oranı

μ_i : Bölgedeki her bir sektöre ait ortalama servis oranı

Bu amaca erişebilmek için negatif sapma değerleri, d_1^- değerleri minimize edilmelidir.

4.Amaç Fonksiyonu: En önemli iki öncelik hedefi, P_0 ' in sahip olduğu iki sistem kısıtıdır: Ambulansların tahsisi (5.18) ve sektörlerin kullanımı (5.19). Sonraki birinci öncelikli hedef P_1 (5.24) eşitliğinde belirtilen erişim süresinin başarılmasıdır. İkinci öncelikli hedef bütçe hedefinin başarılması (5.20), üçüncü öncelikli hedef her bir sektördeki erişim süresinin başarılması (5.21) ve (5.22), son öncelikli hedef ise (5.25) eşitliğinde belirtilmiş olan ambulans kullanım faktörünün başarılmasıdır.

$$\min \left\{ P_0 \left(d_1^+ + \sum_{j=2}^{11} d_j^+ \right), P_1 d_{23}^+, P_2 d_{12}^+, P_3 \sum_{k=13}^{22} d_k^+, P_4 \sum_{l=24}^{33} d_l^+ \right\} \quad (5.26)$$

5.2.2. Modelin Çözümü ve Sonuçlar

Modelin çözümü için INVOP yaklaşımı FORTRAN derleyicisinde kullanılmıştır. Kullanıcı bir FORTRAN alt programı hazırlayarak model eşitliklerini, sapmaları, bir giriş bilgileri dosyaları ile de problemin karakteristiklerini (değişken sayısı, hedeflerin öncelikleri gibi) belirtmiştir.

Başlangıç çözümü Tablo 5.10'da görülmektedir. Sütun2'de mevcut 20 ambulansın 10 sektöre atanması gösterilmiştir. Sütun 3'de ise gelen bir çağrıya 10 dakikanın üzerinde erişilme olasılığı belirtilmektedir. Sektörlerin beşinde bu olasılık 0.05' in altındadır veya eşittir. Diğerlerinde ise bu hedef başarılammaktadır. Bu tahsis için harcanan bütçe 46.804\$ dır ve ikinci hedef de başarılammıştır ($d_{12}^+ = 16.804\$$). Bölgenin tümü için ortalama ulaşım süresi 7.85 dakikadır. Erişim süresiyle ilgili hedef de başarılammıştır. Sütun 5'de gösterilen kullanım oranı sekiz sektörde başarılabilmiştir.

Tablo 5.10. Modelin Çözüm Sonuçları

(1)Sektör	(2)Ambulans x_i	(3) $P(W_{qi} > t_i)$	(4) T_i (dak.)	(5) λ_i/x_i μ_i
1	4	0.157	8.22	0.836
2	2	0.291	7.50	0.844
3	2	0.050	6.58	0.661
4	2	0.050	6.58	0.661
5	2	0.370	9.30	0.691
6	2	0.026	7.60	0.401
7	2	0.026	7.60	0.401
8	2	0.037	7.97	0.402
9	1	0.086	8.67	0.156
10	1	0.086	8.50	0.156

5.2.2.1. Alternatif Çözüm

Başlangıç örnek çözümün hedeflerin küçük bir kısmını başarabilmesi, birinci öncelikli hedef olan bölge için Acil Tıp Servisi Yasası'nın zorunlu tuttuğu erişim süresi ile ilgili hedefin başarılammaması nedeni ili daha tatmin edici bir çözüm için bazı değişiklikler yapılmıştır. Bütçe 49.000\$ a yükseltildi ve ambulans sayısı da 26 ya çıkarılarak

(5.18) ve (5.20) numaralı eşitlikler şu şekilde yeniden düzenlendi:

$$\sum_{i=1}^{10} x_i + d_i = 26 \quad (5.18-a)$$

$$\sum_{i=1}^{10} |(SM_i \cdot x_i) + (\lambda_i \cdot 24 \cdot DM_i)| + d_{12}^- - d_{12}^+ = 49.000\$ \quad (5.20-a)$$

Alternatif çözümün sonuçları Tablo 5.11'de verilmiştir. Bu tablodaki tahsis sonuçlarına göre birinci öncelikli hedef bölge genelinde baş-
arılmaktadır ($P=0.031$). Bütçe tahsisatı yeterlidir ($d_{12}^-=516\$$). Sek-
Törlere ait erişim süreleri hedefine sadece birinci ve beşinci sektör-
lerde ulaşılamamaktadır. Ambulans kullanım oranı ile ilgili dördüncü
hedef 6, 8, 9 ve 10 numaralı sektörlerde başarılamamıştır.

Alternatif çözümün daha tatmin edici olduğu görülmektedir. En önemli
iki hedef başarılmıştır.

Tablo 5.11. Alternatif Çözümün Sonuçları

1.Sektör i	2.Ambulans x_i	3. $P(W_q > t_i)$	4. $\lambda_i / x_i \mu_i$
1	4	0.157	0.386
2	3	0.005	0.562
3	2	0.050	0.661
4	2	0.050	0.661
5	2	0.370	0.691
6	3	0.001	0.267
7	2	0.025	0.401
8	3	0.002	0.268
9	2	0.002	0.078
10	3	0.000	0.052

5.3. HEDEF PROGRAMLAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK HEMŞİRELERİN PROGRAMLANMASI

Bu çalışmada bir hastane ünitesinde hemşirelerin programlanması için bir tek aşamalı (single-phase) hedef programlama algoritması takdim edilmektedir [56]. Hedefler, hastanenin hemşire programlama politikalarına ve hemşirelerin hafta sonlarında çalışma veya çalışmama tercihlerine göre belirlenmiştir. Onbir hemşireden oluşan bir hastahane ünitesinde sonuçlar başarılı bir şekilde programlanmıştır. Hedef programlama algoritmasının çözümünün bilgisayarda aldığı zaman oldukça makul ve kabuledilebilir düzeydeydi.

5.3.1. Sıfır-Bir Hedef Programlama Problemi

Bir sıfır-bir hedef programlama problemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m P_i (d_i^- + d_i^+) \quad (5.27)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (5.28)$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1 \quad \text{Her } j \text{ için} \quad (5.29)$$

$$d_i^-, d_i^+ = 0 \quad \text{Her } i \text{ için} \quad (5.30)$$

$$d_i^-, d_i^+ = 0 \quad \text{Her } i \text{ için} \quad (5.31)$$

Z: Amaç fonksiyonu

P_i : i'nci hedefe verilen öncelik

d_i^- : Negatif sapma

d_i^+ : Pozitif sapma

a_{ij} : j'inci karar değişkeninin i'nci hedefteki katsayısı

x_j : j'inci karar değişkeni

m: Hedef sayısı

n: Karar değişkeni sayısı

Sıfır-bir hedef programlama probleminin çözümü için Balas'ın toplamsal algoritmasına ve Garrod ve Moore'un prosedürüne dayalı sezgisel bir yöntem bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

5.3.2. Algoritmanın Tanımlanması

Sıfır-bir hedef programlama probleminin çözümü için tasarlanan sezgisel prosedür temel olarak iteratif arama prosedürüne dayalıdır. Her iterasyonda en geniş ağırlıkta sapma gösteren hedef seçilir ve bu hedefin sapmasının minimize etmek için bir deneme yapılır. Seçilen bu hedefte, mevcut çözüme giren veya çıkan bir değişken için arama işlemi devam ettirilerek hedefin erişme düzeyi geliştirilir. Seçilen değişkenin girişi veya çıkışı fonksiyonun başarılması hususunda istenmeyen etkilere neden olabilir. Buna engel olmak için bir Z değeri (Simpleks algoritmadaki azaltılmış maliyet gibi) hesaplanır. Z'nin pozitif değeri daha kötü bir çözüm tanımlayıp üretecektir. Negatif değeri ise daha iyi bir çözüm üretecektir (eğer minimize edilecek sapma mutlak değerli ise daha kötü çözüm üretir). Böylece Z'nin sadece negatif değerli olduğu değişkenler gözönüne alınır. A katsayılar matrisi ve $\underline{b}$ sağ taraf değerleri vektörü, giren (veya çıkan) değişken tanımlandıktan sonra güncelleştirilirler. Bu prosedür tekrarlanır. Aynı zamanda yeni çözümü her aşamada, daha önce sınanmış çözümlerle mukayese etmek gereklidir. Eğer bir çözüm tekrarlanırsa bu dal terkedilerek seçilen yeni bir değişken ile aynı işlemler tekrarlanır. Algoritmanın matematik ifadesi aşağıdadır:

5.3.3. Algoritma

Algoritmanın matematik olarak tanımlanmasında aşağıdaki ek notasyonlar kullanılacaktır:

- A^t : t'nci iterasyonda hedef katsayıları matrisi
- $\underline{b}^t$: t'nci iterasyonda hedef katsayılarının sağ taraf vektörü
- $\underline{D}$: Minimize edilecek sapmalar vektörü
- G^t : t'nci iterasyonda gözönüne alınacak hedeflerin kümesi
- R_i^t : V^t nin $a_{ij} \geq 0$ şartını sağlayan alt kümesi
- S^t : t'nci iterasyondaki çözümün değişkenlerinin kümesi

S^* : Bulunan en iyi çözümün değişkenlerinin kümesi

P^t : t'nci iterasyona kadar sınanmış çözümlerin kümesi

V^t : t'nci iterasyonda gözönüne alınacak değişkenlerin kümesi

$\underline{w}$: Farklı önceliklere tanımlanan bağıl ağırlıklar vektörü

ADIM I : Başlangıç değerleri

$$S^0 = 0$$

$$S^* = 0$$

$$Z^* = \underline{w} \cdot D$$

$$P^0 = 0$$

$$t = 1$$

ADIM II : Gözönüne alınacak değişkenlerin ve hedeflerin belirlenmesi

$$V^1 = x_1, x_2, \dots, x_n$$

$$G^1 = g_1, g_2, \dots, g_m$$

$$A^1 = A$$

$$\underline{b}^1 = \underline{b}$$

ADIM III: Gözönüne alınacak hedefi seç. Eğer $G^t = 0$ ise optimal çözüm ile sonuçlandır. Diğer halde,

$$D_i^* = \max_{i \in G^1} (\underline{w}_i \cdot D_i)$$

şartına bağlı g_i hedefi seç. En küçük i değerini seçerek bağlantıyı tamamla. Eğer $D_i^* = 0$ ise optimal çözüm ile sonuçlandır. Değil ise IV. adıma git.

ADIM IV : Eğer i^* (seçilen hedef) e ait minimize edilecek sapma negatif veya mutlak değerli ise ADIM IV-a'ya diğer durumda ADIM IV-b'ye git.

ADIM IV-a) Herhangi bir j için $a_{i^*j} = 0$ ise, V^t kümesinden j 'nci değişkeni al ve aşağıdaki kısıtlara uygun bir değişken seç:

$$e_{j^*} = \min_{j \in R_{i^*}^t} | b_{i^*}^t - a_{i^*j}^t | \quad \text{Eğer minimize edilecek sapma mutlak değerli ise}$$

$$e_{j*} = \min_{j \in R_{i*}^t} (b_{i*}^t - a_{i*j}^t) \quad \text{Eğer minimize edilecek sapma negatif ise}$$

ADIM IV-b) Herhangi bir j için $a_{i*j}^t = 0$ ise, V^t kümesinden j 'inci değişkeni çıkart ve aşağıdaki kısıta göre bir değişken seçerek çözüme dahil et:

$$e_{j*} = \max_{j \in R_{i*}^t} (b_{i*}^t - a_{i*j}^t)$$

Sonuç için ADIM IV-c'ye git. Aksi durumda ADIM IV-d'ye git.

ADIM IV-c) j^* değerini aşağıdaki kısıta göre seçerek bağlantıyı tamamla:

$$Z_{j*} = \max_{j \in T'} (Z_j = \sum_{i=1}^m Z_{ij})$$

T' kümesi V^t nin e_{j*} minimum değerlerini içeren alt kümesidir. Eğer minimize edilecek i 'nci sapma mutlak değere sahip bir sapma ise:

$$Z_{ij} = \begin{cases} |w_i \cdot a_{ij}^t| & \text{Eğer } b_i^t \neq 0 \text{ ise} \\ -w_i \cdot a_{ij}^t & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

Eğer minimize edilecek sapma, pozitif bir sapma ise

$$Z_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{Eğer } b_i^t \leq 0 \text{ ve } b_i^t - a_{ij}^t \leq 0 \text{ ise} \\ w_i \cdot a_{ij}^t & \text{Diğer durumlarda} \end{cases}$$

Eğer hala bağlantı (düğüm) varsa j 'nin en küçük değeri seçilerek düğüm tamamlanır. Eğer $Z_{j*} = 0$ ise ADIM IV'e diğer durumlarda ADIM IV-d'ye git.

ADIM IV-d) $S^t = S^{t-1} \cup x_{j*}$ yi kur. Eğer $x_{j*} \in S^{t-1}$ ise, x_{j*} çıkarılır diğer durumlarda S^{t-1} kümesine ilave edilir. S^t daha önce sıranmamış bir çözüm kümesi ise ADIM V'e diğer durumda $S^t = S^{t-1}$, $V^t = S^{t-1}$ yaparak ADIM VI'ya git.

ADIM V: Eğer g_{i*} hedefi ile ilgili sapma minimize edilecek mutlak değerli bir sapma ise ADIM IV-b'ye diğer durumlarda ADIM V-a'ya git.

ADIM V-a) a_{i*j*}^{t-1} değerini b_{i*}^{t-1} değerinden çıkart ve D_{i*}^t 'yi hesapla

Eğer $D_{i*} \leq D_{i*}^{t-1}$ ise ADIM VII'ye diğer durumlarda ADIM VI'ya git.

ADIM V-b) Eğer $|b_{i*}^{t-1} - a_{i*j*}^{t-1}| \leq b_{i*}^{t-1}$ ise ADIM VII'ye git. Diğer

durumlarda eğer $\sum_{j \in R} a_{i*j} \leq b_{i*}^* - |b_{i*}^{t-1} - a_{i*j*}^{t-1}|$ ve

$|a_{i*j*}| \leq b_{i*}^* + |b_{i*}^{t-1} - a_{i*j*}^{t-1}|$ kısıtı altında $j \in R^t$ varsa

ADIM VII'ye git. Diğer durumlarda ADIM VI'ya git.

ADIM VI: Bu adımda giriş için seçilen değişken bir gelişme göstermez. Değişkeni gözönüne alınan V^t kümesinden çıkarırız. Eğer $V^t \neq \emptyset$ ise ADIM IV'e dönülür. Eğer $V^t = \emptyset$ ise g_{i*} G^t kümesinden çıkartılır ve ADIM III'e dönülür.

ADIM VII: Eğer herhangi bir değişken girilemiyor ise optimal sonuç ile sonuçlandır. Diğer durumda

$$\begin{aligned} p^t &= p^{t-1} \cup s^t \\ b_{i*}^t &= b_{i*}^{t-1} - a_{j*}^t \\ a_{j*}^t &= -a_{j*}^t \end{aligned}$$

düzenlenmesini yap. Eğer herhangi bir i için $b_i^t < 0$ ise i değerini i' gibi bir değerle kontrol et. Bütün değerler için

$$\begin{aligned} b_{i'}^t &= -b_i^t \quad \text{düzenlemesini yap ve her } j \text{ değeri için,} \\ a_{i',j}^t &= -a_{ij}^t \quad \text{yap.} \end{aligned}$$

$Z = \underline{w} \cdot D^t$ değerini hesapla.

Eğer $Z < Z^*$ ise

$$S^* = S^t$$

$$\underline{b}^* = \underline{b}^t \quad \text{yap.}$$

5.3.3. Algoritmanın Kullanılarak Hemşirelerin Programlanması

Yukarıda tanımlanan sıfır-bir hedef programlama sezgisel prosedürü bir hastanenin 11 hemşirelik bir ünitesi için gūnaşırı (day-shift) olarak uygulanmıştır. İki haftalık bir periyot için program, hastahane yönetiminin aşağıdaki hedeflerini tatmin etmiştir:

- 1) Bütün hemşirelik personeli üyeleri anlaşmalı sürelerine göre programlanırlar.
- 2) Herbir sınıflandırmada minimum sayıda hemşire gereklidir.
(Tablo 5.12)
- 3) Önceden belirlenen miktarda hemşire hastaların bakımı için arzu edilir.
- 4) Tam gün çalışan hemşireler en azından bir hafta sonu izinlidirler. Eğer bu izin verilmez ise hemşireler hafta içinde iki gün izin alınırlar. Tam gün çalışmayan hemşireler üç veya daha çok gün izin alabilirler.

Tablo 5.12. Minimum ve Arzu Edilen Sayıda Hemşireler

<u>Hemşire Tipi</u>	<u>Minimum İhtiyaç</u>	<u>Arzu Edilen Miktar</u>
RN	1	3
LPN	1	2
NA	2	2

Tablo 5.13. Hemşirelerin Kontratlı Süreleri ve Haftasonu Tercihleri

<u>Hemşire No</u>	<u>Hemşire Tipi</u>	<u>Kontratlı Süre</u>	<u>Haftasonu Tercihi</u>
1	RN	10	2
2	RN	10	1
3	RN	8	1
4	LPN	6	2
5	LPN	10	1
6	NA	10	2
7	NA	10	2
8	NA	4	2
9	NA	10	1
10	NA	10	1
11	NA	2	2

5.3.4. Hedeflerin Formülasyonu

1) Kontratlı Süre: Bu hedeflerin amacı, her bir hemşireye kontratlı oldukları süre kadar iş temin etmektir. Birinci hemşire için bu hedef şu şekilde formüle edilir:

$$x_{1,1}^+ + x_{1,2}^+ + \dots + x_{1,14}^+ + d_1^- + d_1^+ = 10 \quad (5.32)$$

$x_{i,j}$; i'nci hemşirenin j'nci gün çalışmasını ifade eder. Benzer şekilde kalan on hemşire için hedefler yazılır.

2) Minimum Hemşire Sayısı: Bu hedefin tatmin edilmesi ile hergün en azından sayısı tam olarak bilinen miktarda hemşire her bir sınıftan bulunacaktır. Bir Bir RN hemşireliği için birinci günkü atamasının hedefi şu şekildedir:

$$x_{1,1}^+ + x_{2,1}^+ + x_{3,1}^+ + d_{12}^- - d_{12}^+ = 1 \quad (5.33)$$

Benzer şekilde RN sınıfı hemşireler için kalan 13 gün için de hedefler yazılabilir. LPN ve NA sınıfı hemşireler için de 14'er günlük programlar yapılır. Sonuçta bu kısımda 42 adet hedef olacaktır.

3) Hastaların Bakımı İçin Arzu Edilen Miktar: Bu hedeflerde bir önceki hedeflerle benzerlik gösterir. Örneğin bir RN sınıfı hemşireliğin birinci günü:

$$x_{1,1}^+ + x_{2,1}^+ + x_{3,1}^+ + d_{54}^- - d_{54}^+ = 13 \quad (5.34)$$

Bu kısımda da 42 hedef olacaktır.

4) Tam Gün Çalışan Hemşireler İçin Haftasonu İzni: Bu hedefin amacı, hemşirelere bir haftasonu izin temin etmektir. Eğer bu sağlanamaz ise hafta içinde iki gün izin verilmelidir. Tam gün çalışan birinci hemşire için bu hedef:

$$x_{1,1}^+ + x_{1,2}^+ + \dots + x_{1,7}^+ + d_{96}^- = d_{96}^+ = 5 \quad (5.35)$$

5) Tam Gün Çalışan Hemşirelerin Haftasonu Tercihi: Bu hedef tam gün çalışan hemşirelere istedikleri haftasonunu sağlamaktır. Birinci hemşire için hedef şu şekilde yazılabilir:

$$x_{1,13} + x_{1,14} + d_{103}^{-} - d_{103}^{+} = \quad (5.36)$$

6) Kısmi Zaman Çalışan Hemşirelere Haftasonu izni: Bu hedef şu şekilde formüle edilebilir:

$$x_{3,6} + x_{3,7} + d_{110}^{-} - d_{110}^{+} = 0 \quad (5.37)$$

Dört adet kısmi zaman çalışan hemşire olduğuna göre bu kısımda dört hedef olacaktır.

7) Birbirini İzleyen Üç Gün İzin: Tam zaman çalışmayan hemşireler için birbirini izleyen üç gün izin verilmesi amaçlanır. Birinci hemşire için:

$$x_{1,1} + x_{1,12} + d_{114}^{-} = d_{114}^{+} = s \quad (5.38)$$

Toplam yedi adet hedef gereklidir.

5.3.5 Amaç Fonksiyonunun Formülasyonu

Amaç fonksiyonunun formülasyonu farklı hedefler için öncelikler gerektirir. Programın geliştirilmesinde aşağıdaki öncelikler kullanılmıştır:

Öncelik 1: Kontratlı sürelerle ait hedeflere erişmek

Öncelik 2: Minimum sayıda hemşire hedefine erişmek

Öncelik 3: Tam gün çalışan hemşirelerin haftasonu iznini tatmin etmek veya hafta içinde iki gün izin vermek.
Arzu edilen sayıda hemşire hedefine erişmek.

Öncelik 4: Kısmi zaman çalışan hemşirelerin haftasonu iznini tatmin etmek.

Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z = & P_1 \sum_{i=1}^{11} (d_i^- + d_i^+) + P_2 \sum_{i=12}^{53} (d_i^- + d_i^+) \\ & + P_3 \sum_{i=54}^{109} (d_i^- + d_i^+) + P_4 \sum_{i=110}^{113} (d_i^- + d_i^+) \\ & + P_3 \sum_{i=114}^{120} (d_i^- + d_i^+) \end{aligned}$$

bu dört öncelik için ağırlıklar 9, 7, 5 ve 3 olarak alındı. Hedefler ağırlıklar ve minimize edilecek sapmalar Tablo 5.14'de toplu olarak gösterilmişlerdir. Yukarıda belirtilen algoritma ile 154 karar değişkeni 120 kısıtı olan bu problem UNIVAC 1100 bilgisayarında 28.3 saniyelik CPU ile çözülmüştür. İki haftalık bir program Tablo 5.15'de her hemşire için çalışma günleri de Tablo 5.16'da gösterilmiştir. İkinci ve sekizinci hemşireler hariç diğer hemşireler tercih ettikleri haftasonu iznini alabilmişlerdir. Arzu edilen miktar hedefine erişilememiş ancak minimum hemşire miktarı hedefine ulaşılmıştır.

Tablo 5.14. Hedefler, Öncelikler, Ağırlıklar ve Sapmalar

Hedef	Toplam Hedef Sayısı	Hedef Öncelik Seviyesi	Hedef Ağırlığı	Sapma
1) Kontratlı günler hedefi	11	1	9	Mutlak
2) Minimum hemşire hedefi	42	2	7	Negat.
3) Tam günlük hemşireler için haftasonu izni	7	3	5	Mutlak
4) Ardışık üçgün veya fazla izin vermeme	7	3	5	Mutlak
5) Tam gün hemşirelerin haftasonu tercihi	7	3	5	Mutlak
6) Arzu edilen hemşire miktarı hedefi	42	3	5	Negat.
7) Kısmi hemşirelerin izni	4	4	3	Mutlak

Tablo 5.15. Algoritma Kullanılarak İki Haftalık Program

Hemşire Tipi	Pt	S	Ç	P	C	Ct	P	Pt	S	Ç	P	C	Ct	P
RN	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
LPN	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
NA	4	5	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2

Tablo 5.16.İki Haftalık Dönemde Her Hemşirenin Çalışma Günleri

Hemşire	Pt	S	Ç	P	C	Ct	P	Pt	S	Ç	P	C	Ct	P
1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
2 ^a	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3 ^b	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
4	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
5	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
9	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
10	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

a Bu programa göre ikinci hemşire ikinci hafta izinlidir

b Bu programa göre üçüncü hemşire birinci hafta izinlidir

BÖLÜM 6

ALTINCI BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI

SAĞLIK HEDEFLERİNİN ETÜDÜ

1990-1994 yılları arasını kapsayan Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında sağlık alanında ulaşmak istenilen hedefler mevcut durum da dikkate alınarak bu bölümde etüt edilecektir.

Planlı dönemin başlaması ile birlikte uygulanmaya başlanan beşer yıllık kalkınma planları, kamu kuruluşları için emredici hükümler taşıması yanında özel sektör için de tavsiye edici ve özendirici hükümler taşımaktadırlar. Ayrıca ileriye dönük çalışmaların ve tahminlerin temelini oluşturması bakımından mevcut durumlarda sektörel bazlarda incelenmektedir. Bu yönleri ile mevcut durumun analizi bakımından bir kaynak oluşturmaktadırlar.

Planda yer alan sağlık ile ilgili hedefler aşağıda Tablo 6.1. ve bunu izleyen Tablo 6.2., Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.' de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. Yükseköğretimde Öğrenci Kontejanları

	Mevcut Durum	Mevcut Durum Payı (%)	Hedef Öğrenci Oranı (%)
Tıp	5202	7.8	9.4
Hemşirelik	508	0.8	1.3
Diş Hekimliği	876	1.3	1.6

Tablo 6.2. Sağlık Personeli İhtiyacı

<u>Meslek Dalları</u>	<u>1989</u>	<u>1994</u>
Tıp	45200	77000
Diş Hekimi	9700	17000
Hemşire, ebe	63800	154000
Diğer Sağlık Personeli	22000	38000

Tablo 6.3. Nüfusa Göre 1994 Yılı Hedefleri

1011	kişiye	1Doktor
3655	kişiye	1Eczacı
2838	kişiye	1Sağlık Memuru
4845	kişiye	1Dişhekimi
736	kişiye	1Hemşire ve ebe

Tablo 6.4. Plan Dönemine Ait Sağlık Hedefleri [59]

	1989 Yılı Tahmini	1994 Yılı Hedefi
1. Bağışıklama (%)	75.0	90.0
2. Yatak Sayısı	134000	153000
3. Yatak Başına Düşen Nüfus	409	401
4. Sağlık Ocağı	3250	4000
5. Sağlık Evi	10450	10450
6. Yatak Kullanım Oranı (%)	57.0	65.0
7. Hekim Sayısı	45200	60604
8. Bir hekime Düşen Nüfus	1213	1011
9. Pratisyen Hekim Oranı (%)	45.0	50.0
10. Diş Hekimi Sayısı	9750	11800
11. Bir Dişhekimine Düşen Nüfus	5626	4845
12. Eczacı Sayısı	14631	16000
13. Bir Eczacıya Düşen Nüfus	3750	3655
14. Sağlık Memuru, Teknisyen Sayısı	18589	21200
15. Bir Sağ. Mem. Ve Tek.'ne Düşen Nüf.	2951	2838
16. Hemşire ve Ebe Sayısı	63840	83276
17. Bir Hemşire ve Ebeye Düşen Nüfus	859	736

Model oluşturulurken yedi temel hedef esas alınmıştır. Bunlar:

1. Bağışıklanma
2. Yatak sayısını artırma
3. Hekim sayısını artırma
4. Diş hekimi sayısını artırma
5. Sağlık ocağı sayısını artırma
6. Sağlık memuru ve teknisyen sayısını artırma
7. Hemşire ve ebe sayısını artırma

Modeli sınırlayan kısıtlar ise kontenjan kısıtları ve mali kısıtlardır. Kontenjan kısıtları sağlık elemanı yetiştiren okulların herbirinin giren öğrenci sayısı ile o branşa ait başarı katsayısının çarpılmasından oluşmuştur [60]

Mali kısıtlar ise sağlık hizmetleri için genel devlet bütçesinden ayrılan paylardır. Bu payları iki ana gruba ayırabiliriz: personel harcamaları ve yatırım harcamaları. Esas olarak alınan kaynaklar, 1990 Yılı Yatırım

Programı ve 1990 Yılı Genel Bütçesidir [61][62]. Bütçeden sağlık hizmetlerine ayrılan payın aynı kalarak devam edeceği kabul edilmiştir. Personel harcamalarının %70 oranında sağlık hizmetlerine, %30 oranında idari ve hizmetler sınıfına ayrıldığı kabul edilmiştir. Sağlık Personelinin her bir sınıfına ait 1990 yılının ilk yarısındaki brüt ücretleri ise Kartal Devlet Hastanesi Başhekimliğinden temin edilmiştir.

Personel harcamaları kısıtının sağ taraf değeri oluşturulurken, kamuda çalışan sağlık personelinin planlı dönem içinde aldığı ücretler toplamı 1990 yılı personel harcamalarının beş katından çıkartılarak kalan miktar artırılması hedeflenen sağlık personeli sayısı ile herbir sınıftaki personelin bu dönemde alacağı ortalama ücret çarpımına eşitlenmiştir.

Yatırım harcamalarında esas olarak 1990 Yılı Yatırım Programı alınmış, buradaki bina maliyetleri güncelleştirilmiştir. Büyük ölçüde 1987 yılı birim fiyatlarına dayanan maliyetler 1989 yılı birim maliyetleri dikkate alınarak düzeltilmiştir. Sağlık ocakları için ev tipi bina birim metre-kare maliyetleri, yataklar için ise 50 yataklı hastaneler esas alınarak apartman tipi bina birim metre-kare maliyetleri göz önüne alınmıştır.

Yatırım Harcamaları kısıtının sağ taraf değeri olarak Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü ile Tedavi Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün yatırım harcamaları esas alınmış ve beş ile çarpılmıştır.

Bağışıklanma için en azından üç aşının yapılması koşulu ile bunların maliyetinin 4000TL ve sağ taraf değeri olarak da Ana ve Çocuk Sağlığı Genel Müdürlüğü'nün ilgili harcaması alınmıştır.

Model Lee S.M.(University of Nebraska-Lincoln) ve Shum Y.R.(Mississippi State University) tarafından geliştirilen Micro Manager Software ile çözülmüştür. XT Copatable EPSON PCe kişisel bilgisayar kullanılmıştır.

İkinci modelde ağırlıklar ve kontenjan kısıtları kaldırılarak sadece mali kısıtlara dayalı bir çözüm yapılmıştır. Birinci modele ait bilgisayar çıktıları EK-1'de ikinci modele ait çıktılar EK-2'de sunulmuştur.

Model 1:

Hedefler:

1. Bağışaklanma oranını %90'a çıkarmak

Mevcut durum %75

1989 yıl ortası tahmini nüfus

54859000

1994 yıl ortası tahmini nüfus

61394000

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = 16853000$$

2. Yatak sayısını 153000'e çıkarmak

Mevcut durum 134000

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 19000$$

3. Hekim sayısını 60600'e çıkarmak

Mevcut durum 45200

$$x_3 + d_3^- - d_3^+ = 15400$$

4. Dişhekimisi sayısını 11800'e yükseltmek

Mevcut durum 9750

$$x_4 + d_4^- - d_4^+ = 2050$$

5. Sağlık ocağı sayısını 4000'e çıkarmak

Mevcut durum 3250

$$x_5 + d_5^- - d_5^+ = 750$$

6. Sağlık memuru ve teknisyen sayısını 21200'e çıkarmak

Mevcut durum 18590

$$x_6 + d_6^- - d_6^+ = 2610$$

7. Hemşire ve ebe sayısını 83276'ya çıkarmak
Mevcut durum 63840

$$x_7 + d_7^- - d_7^+ = 19436$$

Kısıtlar:

Hekim kısıtı

$$x_3 + d_8^- - d_8^+ = 14300$$

Dişhekimisi kısıtı

$$x_4 + d_9^- - d_9^+ = 3320$$

Sağlık memuru ve teknisyen kısıtı

$$x_6 + d_{10}^- - d_{10}^+ = 4425$$

Hemşire ve ebe kısıtı

$$x_7 + d_{11}^- - d_{11}^+ = 4420$$

Personel harcamaları kısıtı

$$52.5x_3 + 48x_4 + 22.2x_6 + 25.2x_7 + d_{12}^- - d_{12}^+ = 1244000$$

Yatırım harcamaları kısıtı

$$29.5x_2 + 751.4x_4 + d_{13}^- - d_{13}^+ = 1050000$$

Bağışıklanma maliyeti kısıtı

$$4x_1 + d_{14}^- - d_{14}^+ = 37800000000$$

Amaç Denklemi

$$\begin{aligned} \text{Min } Z : & 8P_1(d_2^- + d_2^+) + 7P_2(d_3^- + d_3^+) + 6P_3(d_5^- + d_5^+) + 5P_4(d_7^- + d_7^+) \\ & + 4P_4(d_1^- + d_1^+) + 3P_5(d_6^- + d_6^+) + 2P_6(d_4^- + d_4^+) + P_7(d_8^- + d_8^+ + d_9^-) \end{aligned}$$

$$d_9^+ + d_{10}^- + d_{10}^+ + d_{11}^- + d_{11}^+ + d_{12}^- + d_{12}^+ + d_{13}^- + d_{13}^+ + d_{14}^- + d_{14}^+)$$

Sonuçlardan görülmektedir ki, hekim açığı 1100, hemşire ve ebe açığı 15016 kişidir. Bunun yanında dişhekimlerinde 1270 ve sağlık memuru ve teknisyenlerde 1815 kişilik fazlalık vardır.

Plan dönemine ait bütçe açığı ise 374 milyar 291 milyon 200 bin liradır. Yıllık yaklaşık 75 milyar lira tutarında ek ödenek gerekmektedir.

Model 2:

Okulların kontenjan kısıtları çıkartılmakta ve amaç denklemi ağırlıksız olarak yeni biçimde yazılmaktadır:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z: & P_1(d_2^- + d_2^+) + P_2(d_3^- + d_3^+) + P_3(d_5^- + d_5^+) + P_4(d_1^- + d_1^+) + P_5(d_7^- + d_7^+) \\ & P_6(d_4^- + d_4^+) + P_7(d_6^- + d_6^+) + P_8(d_8^- + d_8^+ + d_9^- + d_9^+ + d_{10}^- + d_{10}^+) \end{aligned}$$

Bu modelde bütün sağlık personeli istihdam edilmiştir. Personel fazlası veya açığı yoktur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlık sistemlerinde çok amaçlı karar verme konusunda uluslararası literatürde sınırlı sayıda da olsa örnekler ve uygulamalar olmasına rağmen ülkemizde maalesef bu konuda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bulabildiğimiz örnekler teorik olarak yapılmış ve yöneylem araştırması teknikleri ile ilgilidir. Sağlık alanında planlamalar Sağlık Bakanlığı tarafından yapılmakta ve genellikle makro düzeyde olmaktadır. Sağlık kuruluşları kendi yönetim politikalarını üretmemekte ve en küçük ihtiyaçlarında dahi bürokratik işlemlere tabi olmaktadır. Bu durum etkenliklerini ve verimliliklerini düşürmektedir.

Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilen Temel Sağlık Hizmetleri Yasası bir an önce çıkartılarak uygulamaya konursa faydalı sonuçlar getireceği inancındayız. Bu yasada sağlık kurumları birer işletme olarak kabul edilmekte ve kendi mali politikalarını üretmeleri istenmektedir. Merkeze bağımlılığın azalması karar verme sürecini daha kısa hale getireceği için bu uygulamaya bir an önce geçilmelidir.

Eksikliğini gördüğümüz bir diğer önemli husus, ülkemizde sağlık kurumlarını yönetecek profesyonel yöneticilerin olmamasıdır. İşletmecilik bilgilerine sahip yöneticiler tıbbi terimlerde zorlanmakta ve tıbbi gereklilikleri kavrayamamaktadırlar. Ülkemizde ise bunun tam tersi bir sistem uygulanarak kendi branşlarında en yüksek düzeye gelmiş uzman hekimler sağlık kurumlarına başhekim yapılarak idari sorumluluk altına sokulmakta ve mesleki verimlilikleri ellerinden alınmaktadır.

Sağlık kurumlarında işletmenin yönetimini üstlenecek ve başhekime eşdeğer bir statüde olacak yönetici kadroları oluşturulmalıdır. Bu kadrolar başhekimin de tavsiyeleri ile kurumlara ait kararları alabilecek formasyonda olmalıdır.

Başlangıçta işletmecilik ve endüstri mühendisliği eğitimi veren kurumlarda aen azında yüksek lisans programlarına konu ile ilgili dersler konularak bu kadrolar yetiştirilebilir. Zamanla yüksek lisans programları açılması ve dört yıllık sağlık yüksek okullarında ilgili bölümler açılması faydalı olacaktır inancındayız.

Profesyonel sağlık kurumları yöneticileri ile gerek yöneylem araştırması ve endüstri mühendisliği gerekse çok ölçütlü karar verme teknikleri ile uygulamalar yapılacak ve ülkemizde de yaygınlaşacaktır.



EK 1

Goal Programming

PUT DATA ENTERED *****

4 P 4 dn 1 + 4 P 4 dp 1 + 8 P 1 dn 2 + 8 P 1 dp 2 + 7 P 2 dn 3
2 dp 3 + 2 P 6 dn 4 + 2 P 6 dp 4 + 6 P 3 dn 5 + 6 P 3 dp 5 +
6 + 3 P 5 dp 6 + 5 P 4 dn 7 + 5 P 4 dp 7 + P 7 dn 8 + P 7 dp 8
n 9 +
+ P 7 dn 10 + P 7 dp 10 + P 7 dn 11 + P 7 dp 11 + P 7 dn 12 + P 7
+ P 7 dn 13 + P 7 dp 13 + P 7 dn 14 + P 7 dp 14

to:

x 1 + dn 1 - dp 1 = 1.6853E+07
x 2 + dn 2 - dp 2 = 19000
x 3 + dn 3 - dp 3 = 15400
x 4 + dn 4 - dp 4 = 2050
x 5 + dn 5 - dp 5 = 750
x 6 + dn 6 - dp 6 = 2610
x 7 + dn 7 - dp 7 = 19436
x 3 + dn 8 - dp 8 = 14300
x 4 + dn 9 - dp 9 = 3320
1 x 6 + dn 10 - dp 10 = 4425
1 x 7 + dn 11 - dp 11 = 4420
52.5 x 3 + 48 x 4 + 22.2 x 6 + 25.2 x 7 + dn 12 - dp 12 = 1244000
29.5 x 2 + 751.4 x 5 + dn 13 - dp 13 = 1050000
4 x 1 + dn 14 - dp 14 = 3.78E+07

PROGRAM OUTPUT *****

tableau

Ch	Basis	Bi
4P 4	d 1	%168530000.00
8P 1	-d 2	19000.00
7P 2	-d 3	15400.00
2P 6	-d 4	2050.00
6P 3	-d 5	750.00
3P 5	-d 6	2610.00
5P 4	-d 7	19436.00
1P 7	-d 8	14300.00
1P 7	-d 9	3320.00
1P 7	-d 10	4425.00
1P 7	-d 11	4420.00
1P 7	-d 12	1244000.00
1P 7	-d 13	1050000.00
1P 7	-d 14	%37800000.00

j	1P 7 +d12	1P 7 +d13	1P 7 +d14	0 x 1	0 x 2	0 x 3
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.50
	0.00	-1.00	0.00	0.00	29.50	0.00
	0.00	0.00	-1.00	4.00	0.00	0.00
	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	29.50	53.50
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
j	0 x 4	0 x 5	0 x 6	0 x 7		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	1.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	1.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	1.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	1.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	1.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	1.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	1.00		
	48.00	0.00	22.20	25.20		
	0.00	751.40	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	49.00	751.40	23.20	26.20		
	2.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	3.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	5.00		
	0.00	6.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		
	0.00	0.00	0.00	0.00		

nal tableau (iteration 12)

Cb	Basis	Bi
1P 7	+d 14	%29612000.00
0	x 2	19000.00
1P 7	+d 8	1100.00
0	x 4	2050.00
1P 7	+d 13	74050.01
0	x 6	2610.00
1P 7	+d 12	210629.20
0	x 3	15400.00
1P 7	-d 9	1270.00
1P 7	-d 10	1815.00
0	x 7	19436.00
1P 7	+d 11	15016.00
0	x 5	750.00
0	x 1	%16853000.00

Cj	4P 4 -d 1	8P 1 -d 2	7P 2 -d 3	2P 6 -d 4	6P 3 -d 5	3P 5 -d 6
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	29.50	0.00	0.00	751.40	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	0.00	0.00	52.50	48.00	0.00	22.20
	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	29.50	53.50	47.00	751.40	21.20
	0.00	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.00	0.00
	0.00	0.00	-7.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	-8.00	0.00	0.00	0.00	0.00

j	5P 4 -d 7	1P 7 -d 8	1P 7 -d 9	1P 7 -d10	1P 7 -d11	1P 7 -d12
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25.20	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	26.20	-2.00	0.00	0.00	-2.00	-2.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
j	1P 7 -d13	1P 7 -d14	8P 1 +d 2	7P 2 +d 3	2P 6 +d 4	6P 3 +d 5
	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	-1.00	0.00	-29.50	0.00	0.00	-751.40
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	-52.50	-48.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-2.00	-2.00	-29.50	-53.50	-47.00	-751.40
	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.00
	0.00	0.00	0.00	-7.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	-8.00	0.00	0.00	0.00

[illegible]

\Cj	0	0	0	0
#	x 4	x 5	x 6	x 7
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	1.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	1.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	1.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00

analysis of deviations

Constraint	RHS Value	d+	d-
C 1	16853000.00	0.00	0.00
C 2	19000.00	0.00	0.00
C 3	15400.00	0.00	0.00
C 4	2050.00	0.00	0.00
C 5	750.00	0.00	0.00
C 6	2610.00	0.00	0.00
C 7	19436.00	0.00	0.00
C 8	14300.00	1100.00	0.00
C 9	3320.00	0.00	1270.00
C10	4425.00	0.00	1815.00
C11	4420.00	15016.00	0.00
C12	1244000.00	210629.20	0.00
C13	1050000.00	74050.01	0.00
C14	37800000.00	29612000.00	0.00

EK 2

AM: Goal Programming

INPUT DATA ENTERED *****

$$Z = P_4 \text{ dn } 1 + P_4 \text{ dp } 1 + P_1 \text{ dn } 2 + P_1 \text{ dp } 2 + P_2 \text{ dn } 3 + P_2 \text{ dp } 3 + P_6 \text{ dn } 4 + P_6 \text{ dp } 1 + P_3 \text{ dn } 5 + P_3 \text{ dp } 5 + P_7 \text{ dn } 6 + P_7 \text{ dp } 6 + P_5 \text{ dn } 7 + P_5 \text{ dp } 7 + P_8 \text{ dn } 8 + P_8 \text{ dp } 8 + P_8 \text{ dn } 9 + P_8 \text{ dp } 9 + P_8 \text{ dn } 10 + P_8 \text{ dp } 10$$

st to:

$$\begin{aligned} 1 \times 1 + \text{dn } 1 - \text{dp } 1 &= 1.6853\text{E}+07 \\ 1 \times 2 + \text{dn } 2 - \text{dp } 2 &= 19000 \\ 1 \times 3 + \text{dn } 3 - \text{dp } 3 &= 15400 \\ 1 \times 4 + \text{dn } 4 - \text{dp } 4 &= 2050 \\ 1 \times 5 + \text{dn } 5 - \text{dp } 5 &= 750 \\ 1 \times 6 + \text{dn } 6 - \text{dp } 6 &= 2610 \\ 1 \times 7 + \text{dn } 7 - \text{dp } 7 &= 19436 \\ 52.5 \times 3 + 48 \times 4 + 22.2 \times 6 + 25.2 \times 7 + \text{dn } 8 - \text{dp } 8 &= 1244000 \\ 29.5 \times 2 + 751.4 \times 5 + \text{dn } 9 - \text{dp } 9 &= 1050000 \\ 4 \times 1 + \text{dn } 10 - \text{dp } 10 &= 3.78\text{E}+07 \end{aligned}$$

PROGRAM OUTPUT *****

al tableau

Cb	Basis	Bi
1P 4	-d 1	%16853000.00
1P 1	-d 2	19000.00
1P 2	-d 3	15400.00
1P 6	-d 4	2050.00
1P 3	-d 5	750.00
1P 7	-d 6	2610.00
1P 5	-d 7	19436.00
1P 8	-d 8	1244000.00
1P 8	-d 9	1050000.00
1P 8	-d 10	%37800000.00

j	0 x 5	0 x 6	0 x 7
	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	0.00
	0.00	0.00	1.00
	0.00	22.20	25.20
751.40	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
751.40	22.20	25.20	
0.00	1.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	1.00	
0.00	0.00	0.00	
1.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	
0.00	0.00	0.00	

l tableau (iteration 10)

Cb	Basis	Bi
1P 8	+d 10	%29612000.00
0	x 2	19000.00
0	x 3	15400.00
0	x 4	2050.00
1P 8	+d 9	74050.01
0	x 6	2610.00
1P 8	+d 8	210629.20
0	x 7	19436.00
0	x 5	750.00
0	x 1	%16853000.00

1j	1P 4 -d 1	1P 1 -d 2	1P 2 -d 3	1P 6 -d 4	1P 3 -d 5	1P 7 -d 6
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	0.00	29.50	0.00	0.00	751.40	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	0.00	0.00	52.50	48.00	0.00	22.20
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	29.50	52.50	48.00	751.40	22.20
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1j	1P 5 -d 7	1P 8 -d 8	1P 8 -d 9	1P 8 -d10	1P 6 +d 1	1P 1 +d 2
	0.00	0.00	0.00	-1.00	-4.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	-29.50
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25.20	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	25.20	-2.00	-2.00	-2.00	-4.00	-29.50
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00

\Cj	0 x 5	0 x 6	0 x 7
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	1.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	1.00
9	1.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00

alysis of deviations

Constraint	RHS Value	d+	d-
C 1	16853000.00	0.00	0.00
C 2	19000.00	0.00	0.00
C 3	15400.00	0.00	0.00
C 4	2050.00	0.00	0.00
C 5	750.00	0.00	0.00
C 6	2610.00	0.00	0.00
C 7	19436.00	0.00	0.00
C 8	1244000.00	210629.20	0.00
C 9	1050000.00	74050.01	0.00
C10	37800000.00	29612000.00	0.00

KAYNAKLAR

- [1] Ackoff R.L., Emery F.E., On Purposeful Systems, Aldine-Adherton, New York, 1972
- [2] Blair R.N., Whitston C.W., Elements of Industrial System Engineering, Prentice-Hall Inc. New Jersey, 1971
- [3] Çınar Ü., Sağlık Sistemlerinde Yöneylem Araştırması, ODTÜ , Ankara 1971
- [4] Feldstein M.S., Hospital Bed Scarcity, Economica, 27, 1965
- [5] Howland D., A Hospital System Model, Nursing Research, 14, 4, 1963
- [6] Griffith J.R., Quantative Techniques for Hospital Planning and Control, Lexington Books, Mass., 1972
- [7] Akın Ü., Aksoy S., Sağlık Hizmetlerine Verimlilik Açısından Bir Yaklaşım, MPM Yayınları, Ankara, 1985
- [8] SSYB , Yataklı Tedavi Kurumları 1983 Yılı Bülteni, Ankara, 1984
- [9] Manheim M.L., Hall F., Abstract Representation of Goals, Proceedings of the Sesquicentennial Forum, NY Academy of Sciences ASME New York, 1967
- [10] Keeney R.L., Raiffa H., Decisions with Multiple Objectives Preferences and Value Tradeoffs, John Wiley and Sons, New York, 1976
- [11] Karpak B., Zionts S., Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers, Springer-Verlag, Berlin Heilderberg, 1989
- [12] Roy B., Partial Preference Analysis and Decision Aid: The Fuzzy Criterion Concept, Conflicting Objectives in Desicion, International Series on Applied Systems Analysis, John Wiley and Sons, 1977
- [13] Charnes A., Cooper W.W., Management Models And Industrial Applications of Linear Programming, John Wiley and Sons, New York, 1961
- [14] Evans J.P., Stuer R.E., Generating Efficient Extrem Points in Linear Multiple Objective Programming, in Cochrane ve Zeleny, Multiple Criteria Decision Making, University of SC Press, 1973
- [15] Yu.P.L., Zeleny M., The Set of All Nondominated Solutions in the Linear Cases and a Multicriteria Simplex Method, Journal of Mathematical Analysis and Aplications, 49, 1975

- [16] Ijiri Y., Managements Goals and Accouting for Control, North-Holland Publishing, Amsterdam, 1965
- [17] Lee S.M., Goal Programming for Decision Analysis, Auerbach, Phila. 1972
- [18] Charnes A., Lewis K.A., Niehaus R.J., A Multiobjective Model for Planning Equal Employment Opportunities, in Zeleny M (ed.), Multiple Criteria Decision Making: Kyoto 1975, Springer-Verlag, New York, 1976
- [19] Lee S., Lerro A.J., Optimizing the Portfoilo Selection for Mutual Funds, Journal of Finance, uol.28, no.5, 1973
- [20] Goodman D.A., A Goal Programming Approach to Aggregate Planning of Production and Workforce, Management Science, vol.24, no.12, 1974
- [21] Mc Kenna C.K., Quantitative Methods for Public Decision Making, Mc Graw-Hill, New York, 1980
- [22] Lin W.T., A Survey of Goal Programming Applications, Omega, Vol. 8, no. 1, 1980
- [23] Kornbluth J.S.H., A Survey of Goal Programming, Omega, Vol.1,no.2, 1973
- [24] Hwang C.L., Masud A., Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications, Springer-verlag, New York, 1979
- [25] Ignizio J.P., Goal Programming and Extensions, Lexington Books, Heath, Lexington, Mass., 1976
- [26] Lee S.M., Morris R.L., Integer Goal Programming Methods, in Starr M.K. ve Zeleny (eds.) Multiple Criteria Decision Making, TIMS Studies in the Management Sciences, vol.6, Nort-Holland Publishing Amsterdam, 1977
- [27] Arthur J.L., Ravidran A., An Efficient Goal Programming Algorithm Using Constraint Partitioninig and Variable Elimination, Management Science, Vol. 24, no. 8, 1978
- [28] Krueger R.J., Dauer J.p., An Iterative Approach to Goal Programming Operational Research Quarterly, vol. 28, no.3, 1977
- [29] Monarchi D.E., Weber J.E. ve Duckstein L., An interactive Multiple Objective Decision Making Aid Using Nonlinear Goal Programming, bk. M. Zeleny (ed) Multiple Criteria Desicion Making: Kyoto 1975, Springer-Verlag, NY 1976
- [30] Nijkamp P. ve Spronk J., Interactive Multiple Goal Programming, Centre for Research in Business Economics Rep. 7803/A, Erasmus University, Rotterdam, 1978
- [31] Contini B. A Stochastic Approach to Goal Programming, Operations Research, vol.16, no.3, 1968

- [32] Zeleny M. ve Cochrane J.L., A Priori and Posteriori Goals in Macroeconomic Policy Making, bk. Cochrane-Zeleny (eds), Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, Columbia, 1973
- [33] Hannan E.L. Efficiency in Goal Programming, Working Pap. AES-7809, Union College. Schenectady, NY, 1978
- [34] Harrauld J., Leotta J., Wallace W.A. ve Wendel R.E., A Note on the Limitations of Goal Programming as Observed in Resource Allocation for Marine Environmental Protection, Naval Research Logistic Quarterly, vol.25, no.4, 1978
- [35] Karwan K.R. ve Wallace W.A., A Comparative Evaluation of Conjoint Measurement and Goal Programming as Aid in Decision Making For Marine Environmental Protection, bk. Fandel-Gal (eds) Multiple Criteria Decision Making Theory and Application, Springer-Verlag, New York, 1980
- [36] Zeleny M., Multiple Criteria Decision Making, Mc Graw-Hill, New York, 1982
- [37] Charnes A. ve Cooper W.W., Goal Programming and Multiple Objective Optimization, EJOR, 1, 1977
- [38] Wierbicki A.P., The Use of Reference Objectives in Multiobjective Optimization, bk. Multiple Criteria Decision Making Theory and Applications, Springer-Verlag, New York, 1980
- [39] Zionts S. ve Wallenius J., An Interactive Programming Method for Solving The Multiple Criteria Problem, Management Science, 22, 1976
- [40] Zionts S. ve Wallenius J., An Interactive Multiple Objective Linear Programming Method for a Class of Underlying Nonlinear Utility Functions, Management Science, 29, 1983
- [41] Zionts S., Integer Linear Programming with Multiple Objectives, Annals of Discrete Mathematics, 1, 1977
- [42] Villereal B., Multicriteria Integer Linear Programming, Doctoral Dissertation, State University of New York at Buffalo, 1979
- [43] Ramesh R., Multicriteria Integer Programming, Doctoral Dissertation, State University of NY at Buffalo, 1985
- [44] Korhonen P., Wallenius J. ve Zionts S., Solving the Discrete Multiple Criteria Problem Using Convex Cones, Management Science, 30, 11, 1984
- [45] Wallenius H., Wallenius J. ve Vartia P., An Approach to Solving Multiple Criteria Macroeconomic Policy Problems and Applications, Management Science, 24, 1978
- [46] Korhonen P.J. ve Laakso J., A Visual Interactive Method for Solving the Multiple Criteria Problem, EJOR, 24, 1986

- [47] Korhonen P.J. ve Wallenius J., A Pareto Race, Yayınlanmamış Çalışma, Helsinki School of Economics, 1987
- [48] Korhonen P.J., Wallenius J. ve Zionts S., Solving the Discrete Multiple Criteria Problem Using Convex Cones, Management Science 30, 11, 1984
- [49] Koksalan M., Karwan M. ve Zionts S., An Improved Method for Solving Multicriteria Problems Involving Discrete Alternatives, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 14, 1, 1984
- [50] Jehring J.J., Increasing Productivity in Hospitals, Center for the Productivity Motivation, 1966
- [51] Shuman L.J., Wolfe H. ve Speas R.D., The Role of Operations Research in Regional Health Planning, Operations Research, 22, 2, 1974
- [52] Boldy D.P. ve O'Kane P.C., Health Operational Research, EJOR, 10, 1982
- [53] McLaughlin C.P., Health OR and Systems Analysis Literature, Systems and Medical Care, MIT Press, Mass., 1970
- [54] Fetter R.B. ve Thompson J.D., A Planning Model for Delivery of Health Services, Health Care Delivery Planning, Gordon and Breach Science Publishers, N.Y. 1973
- [55] Joiner C., Drake A.E., Governmental Planning and Budgeting with Multiple Objective Models, OMEGA, 11, 1, 1983
- [56] Musa A.A. ve Saxena U., Scheduling Nurses Using Goal-Programming Techniques, IIE Transactions, V.16, N.3, 1984
- [57] Baker J.r., Clayton E.R. ve Taylor B.W., A Non-Linear Multi-criteria Programming Approach for Determining County Emergency Medical Service Ambulance Allocations, JORS, V.40, N.5, 1989
- [58] Larson R.C. ve Odoni A.R., Urban Operations Research, Printice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1981
- [59] Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 20217, 6.07.1989, Başbakanlık Basımevi, Ankara
- [60] 1989 Yılı İstatistik Cep Yıllığı, Devlet İstatistik Enstitüsü 1989, Ankara
- [61] 1990 Yılı Genel Bütçesi
- [62] 1990 Yılı Yatırım Programı

ÖZGEÇMİŞ

End. Müh. Yaşar Saadettin PEKTUT 1964 yılında İstanbul' da doğdu. 1981 yılında İstanbul Ataköy Lisesini bitirerek aynı yıl İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü' ne girdi. 1987 yılında bu bölümü bitirip İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Programı' nda yüksek lisans çalışmasına başladı.İngilizce bilmektedir.

