

ÜNİVERSİTE BÜTÇELERİNİN UZUN DÖNEMLİ PLANLAMASI

İÇİN ŞEBEKE ANALİZİ YAKLAŞIMI

DOKTORA TEZİ

Yük.Müh.Mehmet Mutlu YENİSEY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3 Ekim 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Ocak 1997

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Ataç SOYSAL

7.3.1997

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Gündüz ULUSOY

Prof.Yaşar Baki CENGİZ

7.3.1997

Prof.Dr.M.Nahit SERARSLAN

7.3.1997

Doç.Dr.Fusun ÜLENGİN

7.3.1997

OCAK 1997

ÖNSÖZ

Günümüzde planlama problemlerinin çözümü giderek önem kazanmaktadır. Problemin uygun tanımlanması, modele tam yansıtılması ve uygun yöntem ve algoritma ile hatasız bir şekilde sonuç alınması çözüm sürecinin aşamalarıdır. Problemleri etkileyen unsurlar çoğalmakta, bunun sonucunda kısıtlar artmakta ve problemler daha kapsamlı hale gelmektedir. Bunun neticesinde ise problemler daha detaylı algoritmalar ile çözülebilir olmuştur. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, bu algoritmalar kullanılarak yazılmış programların hızlı çalışmalarını sağlamışsa da, çözüm sürelerinin uzun olması, algoritmalarda da gelişme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca algoritmaların karmaşık hale gelmesi bilgisayarların hızlandırılma çalışmalarını özendirici bir unsurdur.

Nakit akışlarının planlanması problemlerinin, paranın sahip olduğu değerden dolayı, özel bir önemi vardır. Amacın kar etmek olduğu kuruluşlarda nakit akışı planlaması titizlikle uygulanmaktadır. Ancak üniversite gibi kurumlarda da, özellikle ülkemiz gibi kaynakların kısıtlı olmasının yanında büyük mücadelelerle paylaşılabildiği ortamlarda, bu titizliğin gösterilmesi gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında nakit akışı planlamasında bilimsel yöntemlerin uygulanmasının kaçınılmaz olduğu açıktır. Bu tez çerçevesinde, nakit akışlarının şebeke analizi ile planlaması incelenecek ve üniversiteler için örnek bir uygulaması verilecektir. Elde edilen sonuçlar bu alandaki çalışmalara ışık tutarsa, tezin hazırlayanı ve yöneteninin duyacağı mutluluk büyük olacaktır.

1984 yılı Ekim ayından beri benimle uğraşmaktan bıkmayan ve bilimsel evrimim yanında düşünsel evrimimde de büyük emeği olan çok sevgili hocam Prof.Dr.Ataç Soysal'a en derin şükranlarımı sunuyorum. Geçen Dönem Bölüm Başkanımız Prof.Dr.Haluk Erkut ve şu andaki Bölüm Başkanımız Prof.Dr.Ahmet F.Özok'a bana verdikleri destek ve Ahmet Hocam'a laboratuarda sağladığı imkanlar için ayrıca teşekkür ediyorum. Teyzem, her zaman aldığım kararlarda bana güvenerek destek oldu. Bugün bir meslek sahibi olup, mesleğimde iyi olmanın mücadelesini verebiliyorsam, onun desteğini ve güvenini gözardı edemem. Teşekkür ederim. Sevgili dostlarım Melih İlter ve Ertuğrul Karsak. Katkılarınızı, hele Melih'in yoğun temposu arasında bana ayırdığı günleri unutamam. "Mehmet'in çalışmasının şurasında benim de katkım oldu." diyebilen tüm dostlarıma da teşekkür ediyorum.

2 Ekim 1996

Mehmet Mutlu YENİSEY

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM.1.GİRİŞ	1
BÖLÜM.2.ŞEBEKE ANALİZİ KAVRAMI	4
2.1.Temel Kavramlar	5
2.2.Akış Modelleri	6
2.2.1.Temel Terminoloji ve Notasyon	7
2.2.2.Uygulamalar	11
2.2.2.1.Bina Boşaltma Problemi	12
2.2.2.2.Personel Planlama Uygulamaları	14
2.2.3.Şebeke Analizinin Avantajları	23
BÖLÜM.3.NAKİT AKIŞI KAVRAMI VE ŞEBEKE ANALİZİ İLE MODELLENMESİ	24
3.1.Golden, Liberatore ve Lieberman'ın Çalışması	25
3.2.Crum ve Nye'nin Çalışması	29
3.3.Sinuany-Stern'in Çalışması	38
3.4.Karsak ve Yenisey'in Çalışması	44
BÖLÜM.4.ÜNİVERSİTE PLANLAMASI ÇALIŞMALARI	50
4.1.Schroeder'in Çalışması	50
4.2.Massy'nin Çalışması	54
4.3.Soyibo ve Lee'nin Çalışması	56
4.4.Oliver ve Hopkins'in Çalışması	59
4.5.Sinuany-Stern'in Çalışması	62
BÖLÜM.5.ÇOK BİLEŞENLİ VE UZUN DÖNEMLİ ÜNİVERSİTE PLANLAMASI İÇİN EK KISITLI GENELLEŞTİRİLMİŞ BİR AKIŞ ŞEBEKESİ MODELİ	67
5.1.Öğrenci Alt Şebekesi	71
5.2.Akademik Personel Alt Şebekesi	74

5.3.Okutman Alt Şebekesi.....	80
5.4.İdari Personel Alt Şebekesi	83
5.5.Nakit Akışı Alt Şebekesi	86
BÖLÜM.6.MODELİN UYGULAMASI	94
BÖLÜM.7.SONUÇ VE ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	106



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil.1.1. Modelleme Aşamaları	2
Şekil.2.1. Königsburg Köprüleri	4
Şekil.2.2. Bir Örnek Çizge	5
Şekil.2.3. Şebekedeki Bir Bağ ve Parametreleri	7
Şekil.2.4. Karışım Süreci	11
Şekil.2.5. Ayrıştırma Süreci	11
Şekil.2.6. Bağ Kapasitelerinin Kişi Sayısına Göre Değişimi	13
Şekil.2.7. Tek Katlı ve Tek Çıkışlı Bir Bina: (a) Grafik Gösterim, (b) Statik Şebeke İfadesi, (c) Dinamik Şebeke İfadesi.....	13
Şekil.2.8. Üç Kademeli ve İki Sınıflı Sistem	14
Şekil.2.9. Hedef Programlama İşgücü Probleminin Şebeke Formülasyonu	15
Şekil.2.10. Hedef Programlama Formülasyonunun İfadesi	16
Şekil.2.11. Deniz Kuvvetleri Personel Planlama Şebekesi	22
Şekil.3.1. Üç Dönemli Nakit Akışları Şebekesi	25
Şekil.3.2. Temel Şebeke	27
Şekil.3.3. Sigorta Portföyü İşlemleri	33
Şekil.3.4. Yatırım Portföyü Şebekesi	35
Şekil.3.5. Dış Para Kaynakları	39
Şekil.3.6. Bütçeleme Sistemi Akış Şeması	41
Şekil.3.7. Hiyerarşik Sistemin Şebekesi.....	42
Şekil.3.8. Karışım Sürecinin Taksitli Borçlanmaya Uygulanması	45

Şekil.3.9. Ayrıştırma Sürecinin Taksitli Borç Almaya Uygulanması	46
Şekil.3.10. Karsak ve Yenisey'in Modeli.....	47
Şekil.4.1. Sekiz Öğrenci Kategorisi Olan Modelin Şebekesi	60
Şekil.4.2. Modelin Hiyerarşik Yapısı	63
Şekil.5.1. Öğrenci Alt Şebekesi	72
Şekil.5.2. Akademik Personel Alt Şebekesi	75
Şekil.5.3. Okutman Alt Şebekesi	81
Şekil.5.4. İdari Personel Alt Şebekesi	84
Şekil.5.5. Nakit Akışı Alt Şebekesi	89



TABLO LİSTESİ

Tablo.2.1. Şebeke Elemanlarının Anlamları	6
Tablo.2.2. Zenios'un Algoritma Çözüm Sürelerini Karşılaştırması	23
Tablo.3.1. Karsak ve Yenisey'in Modelinin Nakit Akışları	47
Tablo.3.2. Nakit Akışlarının Şebeke Analizi ile Modellenmesi Çalışmalarının Mukayesesi	49
Tablo.4.1. Üniversite Planlama Çalışmalarının Mukayesesi	66
Tablo.6.1. Çözümde Öngörülen Parametreler ve Değişimleri	95
Tablo.6.2. Öğrenci ve Personel Değişimleri	96
Tablo.6.3. Parasal Göstergeler	97

ÖZET

Üniversitelerde uzun dönemli planlama çalışmaları özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde üzerinde ciddiyetle durulması gereken bir sorundur. Zira kısıtlı olan kaynakların en verimli şekilde kullanılması önemlidir. Bir başka husus ise, bir bilim yuvası olan üniversitelerde bilimsel çalışmaların artırılması ve bu çalışmaların sonuçlarının hızla ülkenin kalkınması için kullanılmasının gerektiğidir. Ayrıca, bu kurumlardan yetişecek daha nitelikli elemanların katkısı da gözardı edilemez.

Yöneylem Araştırması alanında üniversite planlaması üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmalar bir üniversitenin çok az bileşenini kapsar. Zira bir üniversitenin bütün yönlerini kapsayan modeller oldukça büyüktürler ve çözümleri zor olmaktadır.

Bu çalışmada üniversite planlamasına Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Analizi (Embedded Generalized Networks) tekniği uygulanmıştır. Şebeke analizi tekniği daha hızlı sonuç veren ve büyük kapsamlı problemlerin çözümüne imkan tanıyan bir tekniktir. Ancak üniversite gibi geniş kapsamlı bir kurumun modellenmesi için Salt Şebeke Modelleri (Pure Networks) ve Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri (Generalized Networks) yeterli olmamaktadır. Çünkü gözönüne alınan bileşenler arasındaki ilişkiler sadece akışların korunumu ve dağıtılması ile sınırlı değildir. Bir bileşenin başka bir bileşenle ilişkisi olabilir. Bu durumda bağlardaki akışların birbirleriyle olan oransal ilişkilerini ifade etmeye yarayan ek kısıtların da tanımlanması gerekir. Ayrıca burada verilen şebeke modelleri akış şebekeleridir (Flow Networks). Zira literatürde faaliyet şebeke modelleri içerisinde mütalaa edilen ve yine genelleştirilmiş şebeke modelleri olarak adlandırılan modeller de vardır. Bu tez çerçevesinde incelenen şebeke modellerinde bağlar akışları, diğer şebeke modellerinde ise bağlar faaliyetleri ifade eder.

Üniversite planlaması için kurulan model devlet üniversitelerini esas almış olup sayısal uygulama için İstanbul Teknik Üniversitesi'nin değerleri kullanılmıştır. Geliştirilen modelde, üniversitenin, 5 tanesi kişilerle, 17 tanesi harcama kalemleriyle ve 5 tanesi de gelir kalemleriyle ilgili olmak üzere toplam 27 bileşeni gözönüne alınmıştır. Amaç öğrenci/araştırma görevlisi, öğrenci/öğretim üyesi gibi oranlar ile araştırma faaliyetlerine ayrılan payları yükseltmek ve hazine yardımı miktarını en küçüklemeaktır. Bununla ilgili çeşitli senaryolar model aracılığıyla denenmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

SUMMARY

NETWORK ANALYSIS APPROACH FOR THE LONG TERM PLANNING OF UNIVERSITY BUDGETS

Today, planning problems are solved by using several methods of Operations Research. Apart from this, recent developments in operations research, algorithms and computer technology provide the solutions for more and more complex problems.

Mathematical modelling is the process of expressing and interpreting the real life events by several mathematical symbols. The use of the mathematical models increases rapidly. This is the result of the system analysis, the computer technology and the algorithms. The steps of expressing an event by using mathematics are as follows:

- i) Definition of the problem
- ii) Mathematical formulation
- iii) Mathematical analysis
- iv) Interpretation of the analysis to obtain the solution

Of course, the most important step is the first one. Because, any mistake made at this step will cause the miss-expression of the real event. Thus, the solution will be wrong.

The optimization is the process of finding the best solution for the problem. Mathematically, to find the maxima or minima of the function $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ with n variables according to the objective. This function can be subject to some constraints such as $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_i, i = 1, 2, \dots, m$. Although, the optimization is used by statistics and applied mathematics, it is also an important topic of operations research. But this difference must be emphasized. Operations research asks what to do. Namely, there is a decision making function.

Network analysis depends on the graph theory. The beginning of the graph theory is Euler's famous paper titled "Bridges of Koenigsburg" which was published in 1736. Euler proved that it was impossible a tour among the bridges of Koenigsburg by visiting a bridge only once. But, after the paper, there was no more research made until the 1st World War.

A graph consists of the set of nodes, and the set of arcs which connect them. If the

directions for the arcs are defined, then the graph is called a “directed” or an “oriented graph”. Furthermore, if some functions are defined on the arcs, then this graph becomes a network. The network problems are divided into three categories as follows:

- 1) Distance networks: The distances between nodes are important. For example, the distances between the cities of a country.
- 2) Activity networks: In the activity network, jobs to be made and the sequence of them are important. For example, project planning networks so what CPM.
- 3) Flow networks: The flows within arcs and the costs of flows are important. For example, the distribution of goods for consumer demand.

In network analysis, it is very easy to understand the relations between events. Because it is a very powerful visual tool to express the relations. Many events in real life can be imagined as flow networks. For example, the flow of water in pipes, the flow of traffic in roads, the flow of electricity in wires, or the flow of the money in time and events.

The elements of a network are:

- 1) Flow: The quantity of the elements which flow in the arcs. This is the decision variable.
- 2) Upper bound: The maximum quantity that an arc can carry.
- 3) Lower bound: The minimum flow quantity that is allowed for an arc.
- 4) Cost: The carrying cost per unit flow. The optimization is performed according to this cost.
- 5) External flows: The flow entering to (or exiting from) the network at nodes. This means the extra flows.
- 6) The conservation of flow at nodes: The main philosophy of the network analysis is the conservation of flow at nodes. All constraints, except those for bounds, are written according to this law.

Flow networks are classified in three groups:

- 1) Pure networks: In pure a network there is no arc gain or loss. Namely, a flow at the beginning of an arc is equal to the flow at the end of that arc.
- 2) Generalized networks: In generalized networks, arc gains or losses are defined. Flows at the beginning and the end of arcs are not equal. For example, the pressure loss of water in a pipe.
- 3) Embedded generalized networks: If some side constraint are defined for a

generalized network, it becomes embedded generalized network.

The main approach for this Ph.D. thesis is the last one. The mathematical formulation of the embedded generalized network is as follows:

$$\min c'x$$

subject to

$$Ax \leq b$$

$$Sx \leq d$$

where

$$x \geq 0$$

There are many applications of network models in operations research literature. For example, allocation land for sectors, air-traffic control, building evacuation problem, project selection, manpower planning, operations planning in air cargo transportation, and so on.

The input or the output of money to or from a system or an event is called cash flow. Engineering Economics is interested in cash flows. According to engineering economics, the time value of money is important. The time value of the money is defined as the equivalence of money at the one moment in time and at another moment in time. The relation between these two time points is the equivalence. This equivalence is examined by the techniques such as present (or future) value analysis and internal rate of return analysis.

But the money has a special importance. Thus, the researchers in the field of operations research study for the planning of financial problems. Many successful research studies have been done.

Cash flow problems can be modeled by network analysis as well as other techniques. Especially, Generalized Network Models quite fit to the cash flow models. But sometimes, financial events do not occur within only one arc. More than one arc is required to express the event. For example, to loan with periodic instalments requires more than one arc, i.e. one is for the money input and others for the repayments. And some ratios must be defined on the arcs depending on the first arc. This is accomplished by using the side constraints within the network structure. The network formulation with side constraints is called "Embedded Generalized Networks".

In formulation of financial problems by network modelling, the events and the time points are expressed by nodes and the transfer of money is represented by the arcs connecting these nodes. Furthermore, other network elements such as upper or lower bound can be added to the model.

The planning of the universities' cash flow is an interesting research area. The results

of several studies can be found. Generally, these research studies depend on the techniques other than network analysis such as goal programming, equilibrium models etc. Apart from this, the models developed did not include all the components of a university. In this thesis, Embedded Generalized Network Approach is used for the modelling of the university cash flow problem. The advantages of using network analysis is as follows:

- 1) The network algorithms are faster than other techniques. Thus, larger models can be developed and solved.
- 2) The schematic representation of the network modelling enables the decision maker to express and understand the problem clearly.
- 3) Network analysis is not used for the university planning frequently. There are only a few research studies in the literature. But these research studies either require pre-works, or include only a few components of a university.

The model which is developed for this thesis has the following advantages:

- 1) The models including all components of a university are quite large. Furthermore, the proportional relations among the flows can be expressed by using side constraints. Thus, this requires the usage of Embedded Generalized Network formulation. This model is developed by this technique.
- 2) The model which is developed provides long-term planning. The only requirement is that the equations must be written as long as the planning horizon.

The dimension of the model and the number of planning periods only depend on the capacity of the computer hardware and the solver software that the solution procedure will be performed.

The model is solved by using the real data obtained from İstanbul Technical University's activity report and budget law to show the applicability. The main purpose is not to solve İstanbul Technical University's budgeting problem. The main aim is to show the applicability of the technique and to provide a supplement to the universal science. The results of the solution prove that the model is very successful to solve university budgeting problems.

The model consists of seventeen components of a university. These are i) related to people including students, academic people and managerial staff, ii) related to expenses, and iii) related to incomes. The starting point of the model is the number of student. Because, the first objective of a university is to provide qualified professional persons to the market. The second objective is the supplement to the science.

The problem is formulated by five sub-networks in the model:

- 1) Student sub-network: The enrollment is calculated by number of graduates, and number of admissions. The results are passed to other sub-networks.

- 2) Academic staff sub-network: the professors and the research assistants are planned within this sub-network.
- 3) Lecturer sub-network: Lecturers are for lessons other than professional ones. The number of the lecturers are computed in this sub-network.
- 4) Managerial staff sub-network: The managerial people of a university is planned in this sub-network.
- 5) Cash flow network: The financial side of all components are planned in this sub-network according to the incomes.

This model is solved for three periods of planning horizon. The results are discussed in Chapter 6. And suggestions for further research are given in Chapter.7.



BÖLÜM 1.GİRİŞ

Günümüzde planlama sorunları, Yöneylem Araştırmasının çeşitli yöntemleri kullanılarak çözülmektedir. İyi bir modelleme aşamasının ardından uygulanacak iyi bir algoritma ve şüphesiz bu algoritmanın çalıştırıldığı iyi bir bilgisayar programının sonucunda sorun ne olursa olsun kalıcı çözümlere ulaşılması mümkün hale gelecektir. Yöneylem Araştırmasında modellerin sınıflandırılmasına bakıldığında şöyle bir tablo ile karşılaşılır (Wilson (1985)).

Şekil ve içerik açısından sınıflandırıldığında,

- a) Kuyruk Problemleri
- b) Envanter Problemleri
- c) Atama Problemleri
- d) İş Sıralama ve Rotalama Problemleri
- e) Yenileme ve Bakım Problemleri
- f) Arama Problemleri
- g) Rekabet Problemleri

olarak ifade edilen sınıflarla karşılaşılır.

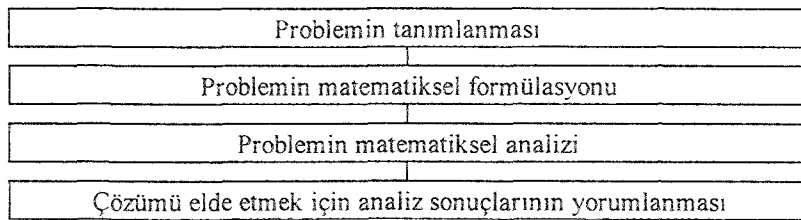
Problemin formülasyonundaki zorluk açısından bakıldığında ise,

- a) Yapısı, ifade edilmesi ve çözümü basit problemler,
 - b) Yapısı basit ancak sembolik ifadesi açık olmayan problemler,
 - c) Yapısı basit olmayan ancak veri analizi sonucunda yapısının kurulması mümkün olan problemler,
 - d) Bireysel değişkenlerinin ifade edilmesinin mümkün olmadığı ve uzmanlık gerektiren problemler,
 - e) Yeterli verinin olmadığı ve denemeler yapmanın gerekli olduğu problemler,
- şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Şüphesiz ikinci sınıflandırma gerçek hayattaki problemlerin gelişmesine paralel olarak ortaya çıkmıştır. Zira problemlerin üretildiği organizasyonların büyüklüğü ve yapısı değişmiş ve karmaşıklaşmıştır. Şurası kesinlikle söylenebilir ki, günümüzün karmaşık organizasyonlarının problemleri Yöneylem Araştırması'nın ilk defa ortaya çıktığı II.Dünya Savaşı'nın askeri kaynaklarının operasyonlara atanması probleminden çok daha fazla karışıktır.

Ancak Yöneylem Araştırması ve bilgisayar teknolojisindeki son gelişmeler karmaşıklığı artan problemlerin çözümüne olanak sağlamaktadır. Gün geçtikçe daha hızlı algoritmalar geliştirilmekte ve hızlanan bilgisayarlar ise bu algoritmaların daha hızlı çalışmalarına imkan tanımaktadırlar.

Matematik Modelleme ise, gerçek hayattaki problemlerin bir takım matematik semboller aracılığıyla ifade edilmesi ve yorumlanması sürecidir. Gerçek hayattaki problemlerin çözümünde matematik kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Bu, sistem yaklaşımının daha fazla uygulanmasının, bilgisayar teknolojisi ve çözüm yöntemlerindeki gelişmenin bir sonucudur. Şekil 1.1. gerçek hayattaki problemlerin çözümünde matematiğin kullanım adımlarını göstermektedir. Bu adımların içerisinde en önemli adım şüphesiz gerçek olayın matematiksel dile tercüme aşaması olan matematiksel formülasyon aşamasıdır. Bu aşama hatasız olarak geçildikten sonra uygun bir yöntemle analiz yapılarak problem çözülebilir. Önemli olan nokta, matematiksel ifadenin gerçek problemi tam ve doğru bir şekilde ifade ediyor olmasıdır (Murthy, Page ve Rodin, 1990, s.3-8).



Şekil.1.1.Modelleme Aşamaları

Optimizasyon ise, problemin en iyi çözümünü bulma sürecidir. Matematiksel olarak n değişkenli $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ şeklindeki bir fonksiyonun maksimum veya minimumunu

bulmaktır. Bu fonksiyon kısıtsız olabileceği gibi $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_i$, $i = 1, \dots, m$ şeklinde kısıtlara bağlı olabilir. Optimizasyon, uygulamalı matematik ve istatistiğin çeşitli dalları tarafından kullanılmasına rağmen Yöneylem Araştırması'nın da önemli bir konusudur. Ancak şu ayırımı net olarak vurgulamak yararlı olacaktır. Yöneylem Araştırması ne yapılması gerektiğini sorgular. Yani, bir karar verme söz konusudur (Beale, 1988, s.1-3).

Bu tezin konusu olarak seçilmiş olan kar amacı gütmeyen devlet üniversitelerindeki uzun dönemli planlama problemlerinin çözümü için literatürde çeşitli çözüm teknikleri önerilmiştir. Bu tez kapsamı içerisinde ise, önerilen tekniklerden bazıları incelenerek, problem Ek Kısıtlı Şebeke Analizi ile formüle edilmiş ve İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ait veriler kullanılarak çözülmüştür.

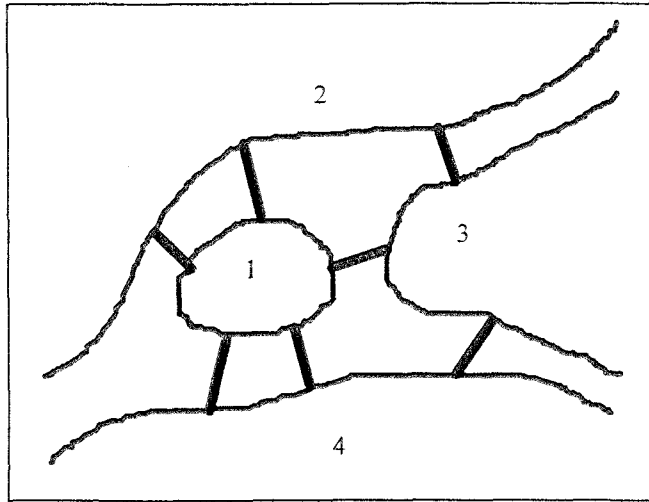
Şebeke formülasyonu şematik gösterimi ile kolaylıkla yorumlanıp anlaşılmaktadır. Ayrıca, Şebeke Çözüm Algoritmaları daha hızlı çalışmakta ve sonuç vermektedir. (McBride, 1985)

Çalışmanın yapısına bakıldığında; Bölüm.2.'de Şebeke Analizi teorisi incelenmiştir ve üç farklı çeşit akış şebekesi verilmiştir. Bölüm.3.'de ise Nakit Akışları incelenerek, yapılmış çalışmalar verilmiş ve mukayese edilmiştir. Üniversite planlanması ile ilgili çalışmalar Bölüm.4.'de irdelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucu geliştirilen orijinal model Bölüm.5.'de verilmiştir. Geliştirilen modelin sayısal uygulaması ise Bölüm.6.'da anlatılmıştır.

BÖLÜM 2.ŞEBEKE ANALİZİ KAVRAMI

Şebeke Analizi elektrik mühendisliğinde önemli bir rol oynamıştır. Ancak son zamanlarda pek çok başka alanda da önem kazanmaktadır. Bilişim teorisi, sibernetik, sosyal grup yapıları gibi alanlar örnek olarak verilebilir. Şebeke ifadesi, Yöneylem Araştırmacılarının sıklıkla ilgilendiği karmaşık sistemlerin elemanları arasındaki ilişkilerin gösterilmesinde güçlü bir yardımcıdır (Hillier ve Lieberman, 1986, s.295).

Şebeke Analizi, Çizge Kuramına (Graph Theory) dayanmaktadır. Çizge kuramının gelişmesine bakıldığında ise başlangıcın Euler'in 1736 yılında yayımladığı 'Königsburg Köprüsü Problemi' isimli makalesine kadar uzandığı görülmektedir. Euler bu makalesinde, Şekil.2.1.'de görülen Königsburg köprülerinden, her köprüden sadece bir defa geçilmek şartıyla, tüm şehrin dolaşılıp dolaşılmayacağını incelemiş ve bunun mümkün olamayacağını göstermiştir. Daha sonra uzun yıllar bu konuda çalışma olmamıştır. 1.Dünya Savaşı sonrasında ise Çizge Kuramı üzerine çalışmalar başlamıştır (Price, 1971, s.1-5).



Şekil.2.1.Königsburg Köprüleri

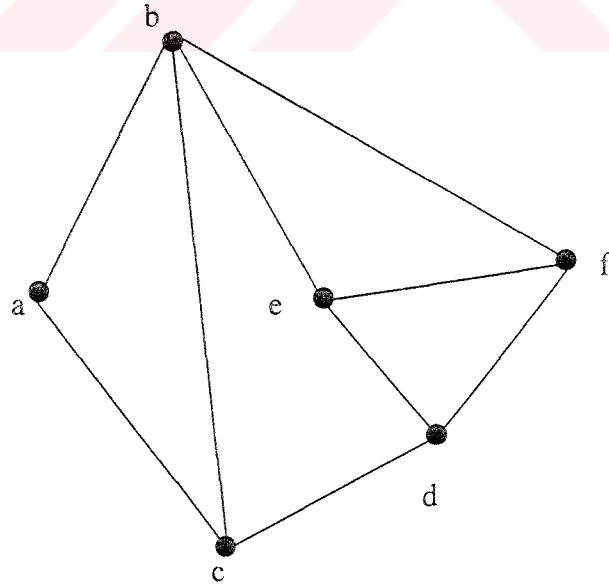
2.1. TEMEL KAVRAMLAR

Bir çizge (graph), düğümler (nodes) kümesi ile bu düğümleri bağlayan bağların (arcs) kümesinden oluşur. Şöyle ki, Şekil.2.2.'de görülen çizgeye bakıldığında;

$N = \{a, b, c, d, e, f\}$ düğümler, $A = \{ab, ac, bc, be, bf, ef, ed, cd, df\}$ ise bağlar kümesi olmak üzere G çizgesi $G(N, A)$ şeklinde gösterilir.

i ve j düğümleri arasındaki zincir (chain) bu iki düğümü birleştiren düğümlerin sırasıdır. Örnek olarak ab , be ve ed bir zincirdir. Eğer zincir içerisinde yön tayin edilmişse bu defa yol (path) adı verilir. Bir düğümü yine kendisine bağlayan zincire ise döngü (cycle) adı verilir. Örnek çizgede ab , bc ve ca bir döngüdür.

Eğer bir çizgenin tüm düğümlerini bağlayan bir zincir varsa bu çizge bir bağlı çizgedir (connected graph). Örnekteki çizge bir bağlı çizgedir. Ancak ab ve ac bağları kaldırılırsa bu özelliği ortadan kalkar. Eğer bir çizge bağlı çizge olup döngü yok ise buna ağaç (tree) adı verilir. n düğümlü bir çizgenin $(n-1)$ bağı varsa ve çizgede döngü yoksa (yani çizge bir ağaç ise) buna yayılma ağacı (spanning tree) adı verilir.



Şekil.2.2. Bir Örnek Çizge

Bir çizgedeki bağlarda yön tanımlanmışsa, yani bir bağı başlangıç ve bitiş düğümleri tanımlanmışsa buna yönlü çizge (directed or oriented graph) adı verilir. Eğer bir yönlü çizgenin bağları bir işleve sahip ise buna şebeke adı verilir.

Şebeke problemleri, uzaklık şebekeleri, akış şebekeleri ve faaliyet şebekeleri olmak üzere temel olarak üçe ayrılabilir. Uzaklık şebekelerinde düğümler arasındaki mesafeler önemlidir. Akış şebekelerinde bağlardaki akışlar ve bunların maliyetleri söz konusudur. Faaliyet şebekelerinde ise, yapılması gereken işler yani faaliyetler ile bunların öncelik ilişkileri söz konusudur. Tablo.2.1.'de şebeke elemanlarının problem tipine göre anlamları gösterilmiştir.

Tablo.2.1.Şebeke Elemanlarının Anlamları

	Uzaklık Şebekeleri	Faaliyet Şebekeleri	Akış Şebekeleri
Düğüm	Şehirler	Zaman Noktaları	Tüketim veya üretim noktaları
Bağlar	Yollar	Yapılacak işler	Bir noktadaki varlığın başka noktaya taşınması
Maliyet	Şehirlerarası mesafeler	İşlerin süreleri	Taşıma maliyeti

Bu tez çerçevesinde akış şebekelerinin modellenmesi incelenerek üniversitelerin uzun dönemli planlaması problemi için uygulaması verilecektir.

2.2.AKIŞ MODELLERİ

Daha önce de ifade edildiği gibi, bir şebeke düğüm ve bağların bir kümesidir. Olaylar arasındaki bağlantıların anlaşılmasında değerli bir görsel araçtır. Envanter sistemleri, dağıtım sistemleri, akış diyagramları ve organizasyon şemaları gibi günlük yaşamdaki pek çok olay birer şebeke olarak düşünülebilir.

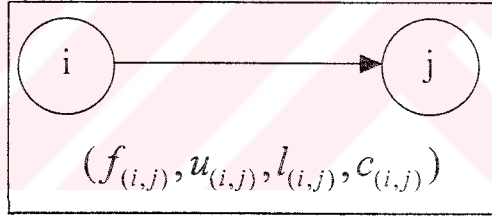
Akış özelliği olan olayların çoğu, akış şebekesi şeklinde ifade edilebilir. Örneğin bir boru hattındaki sıvıların akışı, bir şehrin yollarındaki trafiğin akışı, bir dağıtım

şebekesinde ürünlerin akışı, baraj ve nehirlerden oluşan bir hidroelektrik üretim şebekesinde suyun akışı veya zaman içerisinde paranın bir olaydan başka bir olaya akışı gibi. Bu tezin konusu olarak ele alınan problem ise son örnekte olduğu gibi zaman içinde paranın bir olaydan başka bir olaya akışının modellenmesidir.

2.2.1. Temel Terminoloji ve Notasyon

Şebeke Akış Modelleri'ne bakıldığında en temel olarak, sadece düğüm ve bağlar ile bu bağlardaki akışın sözkonusu olduğu Salt Şebeke Modeli (Pure Flow Network) ile karşılaşılır.

$N = \{1, 2, \dots, n\}$, düğümlerin kümesi olmak üzere (i, j) , i düğümünde başlayıp j düğümünde sona eren bir bağı gösterirse, bir bağı parametreleri Şekil.2.3.'deki gibi tanımlanır. Burada $A = \{(i, j) | i, j \in N\}$ bağlar kümesi olarak tanımlandığında $G(N, A)$ şebekeyi oluşturur.



Şekil.2.3.Şebekedeki Bir Bağ ve Parametreleri

Buradaki parametrelerin anlamları ise şöyledir.

Akış, fiziksel olarak bağdan akan elemanın miktarı olup $f_{(i,j)}$ ile gösterilir. Ancak burada anlatılan tek cinsli akıştır. Yani şebeke içinde tek cins eleman akmaktadır.

Üst Sınır (Kapasite), bir bağda akabilecek en fazla miktar olarak tanımlanan bir parametredir ve $u_{(i,j)}$ sembolü ile gösterilir. Bir bağdaki akış üst sınırı geçemeyeceğine göre $f_{(i,j)} \leq u_{(i,j)}$ olmalıdır.

Alt Sınır, bir bağdan akabilecek en az miktarı belirler ve $l_{(i,j)}$ simgesiyle gösterilir. Dolayısıyla $f_{(i,j)} \geq l_{(i,j)}$ şartı sağlanmalıdır. Ayrıca bir bağdaki alt sınırın 0'dan küçük olamayacağı açıktır.

Maliyet, bağdaki bir birim elemanın akışının maliyetidir ve $c_{(i,j)}$ ile gösterilir. Maliyet sadece (i,j) bağındaki akışın bir fonksiyonudur ve diğer bağlardaki akışlardan bağımsızdır. Amaç bu maliyetlerin toplamını en küçükmektir.

Toplam maliyet ise şöyle tanımlanır,

$$C = \sum c_{(i,j)} f_{(i,j)} , \quad (i,j) \in A \quad (2.1)$$

Dikkat edilirse, Salt Şebeke Modelinde, bağ üzerindeki akışın kaybı veya kazancı yoktur. Yani, gerçek hayattan örnek verilirse, borudaki sıvının basıncının sabit kaldığı kabul edilmektedir. Oysa durum böyle değildir. Özellikle tez çerçevesinde ele alınmaya çalışılan nakit akışı problemlerinde uzun dönemli analiz yapıldığında paranın zaman değerinin mutlaka göz önüne alınması gerekir. Böylece Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri (Generalized Network Models) ortaya çıkar. Genelleştirilmiş şebekelerde her bağ için bir de $a_{(i,j)}$ kazanç parametresi tanımlanmıştır (Brown ve McBride, 1984).

Buna göre, (i,j) bağının başındaki akış $f_{(i,j)}$, sonundaki akış $f'_{(i,j)}$ ve bağ üzerindeki kazanç parametresi $a_{(i,j)}$ ise $f'_{(i,j)} = a_{(i,j)} f_{(i,j)}$ dır. $a_{(i,j)}$ kazanç parametreleri 1'e eşit olduğunda Genelleştirilmiş Şebeke Modeli, Salt Şebeke Modeli haline gelmektedir.

Dış Akışlar, her hangi bir düğümden dışarıya veya dışarıdan içeriye olan akışlardır. $b_i > 0$ ise dışarıdan şebekeye, $b_i < 0$ ise şebekeden dışarıya akış söz konusudur.

Akışın temel özelliği, düğümlerde korunmasıdır. Yani bir düğüme giren akışların

toplamı o düğümden çıkan akışların toplamına eşittir. Bu özellik Akışın Korunumu olarak adlandırılır. Akışın korunumu kuralı aşağıdaki şekilde ifade edilir. Ancak daha önce, bir düğümden önceki ve sonraki düğümleri tanımlayacak önceki ve sonraki düğümler kümelerinin tanımlanması gerekir.

$\delta_i^+ = \{j | (i, j) \in A\}$ i düğümünden çıkan bağların bitiş düğümleri kümesi ve
 $\delta_i^- = \{j | (j, i) \in A\}$ i düğümüne gelen bağların başlangıç düğümleri kümesi,
şeklinde δ_i^+ ve δ_i^- kümeleri tanımlandığında aşağıda ifade edilen korunum denklemi yazılabilir.

Düğümünden çıkan akışların toplamı - Düğüme gelen akışların toplamı = Düğümdeki dış akış

$$\sum_{j \in \delta_i^+} f_{(i,j)} - \sum_{k \in \delta_i^-} a_{(k,i)} f_{(k,i)} = b_i \quad i \in N \text{ olarak korunum denklemi de yazıldığında,}$$

Genelleştirilmiş Şebeke Modeli ifade edilmiş olur.

Buna göre, bağdaki akış $f_{(i,j)}$ karar değişkeni olmak üzere, genelleştirilmiş şebeke için Doğrusal Programlama modeli şöyle yazılır.

$$\text{Amaç denklemi:} \quad \text{Min } C = \sum c_{(i,j)} f_{(i,j)}, \quad (i, j) \in A$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in \delta_i^+} f_{(i,j)} - \sum_{k \in \delta_i^-} a_{(k,i)} f_{(k,i)} = b_i \quad i \in N \quad (2.2)$$

$$l_{(i,j)} \leq f_{(i,j)} \leq u_{(i,j)} \quad (i, j) \in A \quad (2.3)$$

olur.

Yukarıdaki modelde maliyet denklemi akışın bir fonksiyonu olarak, gerçek değerli ve sürekli olarak türevi alınabilir konveks bir fonksiyon olarak da tanımlanabilir. Bu

durumda Lineer Olmayan Genelleştirilmiş Şebeke Modeli halini alır. (Dembo ve diğerleri, 1989 ile Boland ve diğerleri, 1992).

Buraya kadar salt şebeke modelleri ile genelleştirilmiş şebeke modelleri verilmiştir. Bu şebeke modellerinin temel özelliği bir bağdaki akış miktarının diğer bağlardan bağımsız olmasıdır. Yani bir bağdaki akış ile o bağın bağlandığı düğüme giren veya çıkan diğer düğümlerdeki akışlar arasında bir oransal bağlantı yoktur. Halbuki bazı durumlarda bir bağdaki akışın aynı düğümde başlayan veya biten diğer düğümlerdeki akışlara göre belli bir oranda olması istenebilir. Böyle olaylar yukarıda bahsedilen şebeke modelleriyle çözülemez. Zira, akış miktarının diğer bir bir akışın belli bir oranında olması şeklindeki kısıtlar genelleştirilmiş şebeke özelliğini bozar. Akışlar arasındaki oransal ilişkilerin de modele katılabilmesini sağlamak üzere, Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri geliştirilmiştir. Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri'nde faaliyetler üzerine diğer faaliyetlerle olan oransal bağlantıları ifade eden ek kısıtlar yerleştirilir. Vektör notasyonu ile bir ek kısıtlı şebeke modeli şöyle ifade edilir (Price ve Gravel, 1984).

Amaç denklemi

$$\min c'x \quad (2.4)$$

Kısıtlar

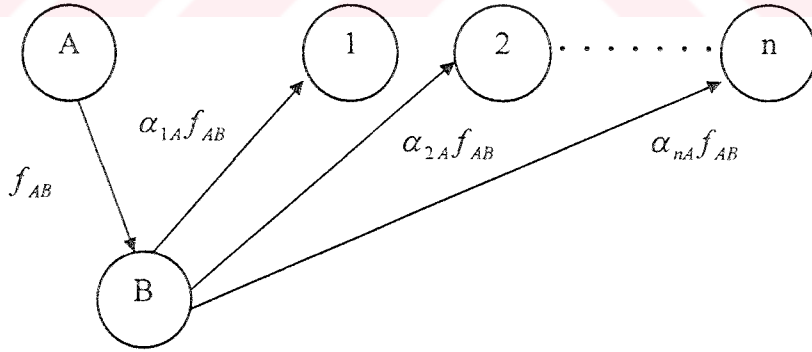
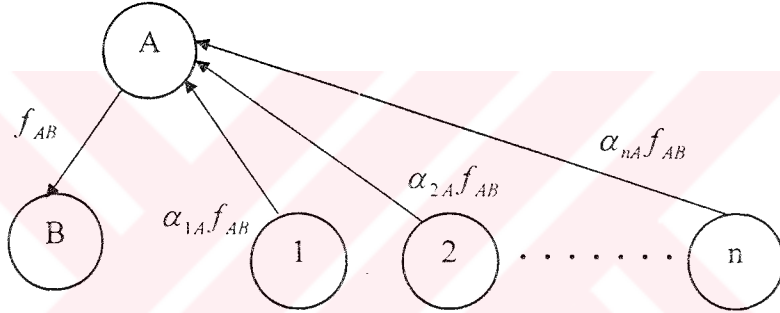
$$Ax \leq b, \quad (2.5)$$

$$Sx \leq d, \quad (2.6)$$

$$x \geq 0 \quad (2.7)$$

Ek kısıtlı şebeke modellerinde akışlar arasında özel bir yeri olan iki tip oransal ilişki vardır. Bunlardan birincisi karışım sürecidir. Karışım sürecinde bir düğüme gelen bir akışın başka düğümlerden çıkan akışların belli oranlarla karışmasından oluşması istenir. Örneğin, bir eve gelen suyun çeşitli kaynaklardan çıkan suların belli oranlarda karıştırılmasıyla hazırlanması istenebilir. Şekil.2.4.'de görülen karışım sürecinde

(AB) akışı 1,2,...,n düğümlerinden gelen akışların $\alpha_{1A}, \alpha_{2A}, \dots, \alpha_{nA}$ oranlarında karışmasından oluşmaktadır. Burada $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ olduğu açıkça görülmektedir. Ek kısıtlı şebeke modellerinde bulunan ikinci oransal ilişki ise ayrıştırma sürecidir. Ayrıştırma sürecinde, karışım sürecinin tersi olarak bir düğümden çıkan bir akışın diğer düğümlere belli oranlarda ayrışması istenmektedir. Yukarıdaki örnek ele alındığında bir kaynaktan çıkan bir suyun belli oranlarda ayrılarak diğer düğümlere gitmesi istenebilir. Ayrıştırma sürecini gösteren bir alt şebeke Şekil.2.5.'de görülmektedir. Burada ise (AB) akışı 1,2,...,n düğümlerine $\alpha_{1A}, \alpha_{2A}, \dots, \alpha_{nA}$ oranlarında ayrışmaktadır. Yine $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ şartı burada da geçerlidir.



2.2.2. Uygulamalar

Literatürde şebeke analizinin çeşitli konularda uygulamaları vardır. Bunlar arasında, sektörlere arazi tahsisi, hava trafik kontrolü, binaların boşaltılması problemi, proje

seçimi, işgücü planlaması, deniz kuvvetlerinde personel planlaması, hava kargo taşımacılığında iş sıralama, akaryakıt ve gaz yatırım programları, hidroelektrik enerji üretiminde kazançların en büyüklenmesi sayılabilir. Aşağıda, şebeke yaklaşımının uygulandığı üç örnek çalışma verilmiştir. Bu çalışmalar, şebeke analizinin çok ilginç alanlarda uygulanmasının mümkün olduğunu göstermek amacıyla seçilmiştir.

2.2.2.1.Bina Boşaltma Problemi

Şebeke Analizinin ilginç bir uygulaması bina boşaltma problemidir. Bu konuda çeşitli uygulamalar vardır. Choi ve diğerlerinin (1988) yaptığı çalışmada, binanın mimari tasarımı şebeke yapısı olarak ifade edilmiştir. Modelde çalışma alanları, koridorlar ve merdiven boşlukları düğümler ve bunların bağlantıları da bağlar olarak ele alınmıştır. Verilen bir bağlantıda birim zamanda geçebilen insan sayısını ifade eden bağ kapasiteleri ise belli bir anda belli bir yerde bulunan insan sayısının bir fonksiyonu olarak alınmıştır. Bu akışa bağlı kapasite koşulu, şebeke modelini Ek Kısıtlı Şebeke Modeli'ne dönüştürmektedir.

V düğümlerin kümesi ve E bağların kümesi olmak üzere $G = (V, E)$ binanın şebekesini ifade eder. G bir statik şebekedir. Zira $e \in E$ olmak üzere, $\tau(e)$ şeklinde geçiş zamanı tanımlanır.

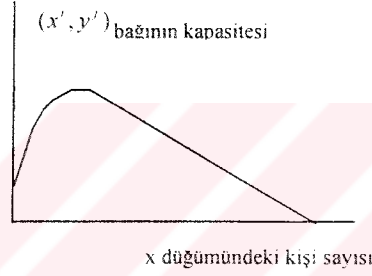
Oysa yukarıda da bahsedildiği gibi akış kapasitesi, düğümlerde bulunan insan sayısının ve dolayısıyla zamanın bir fonksiyonudur. Bu durum gözönüne alındığında aşağıdaki şekilde, $G = (V, E)$ şebekesinden, $G_T = (V_T, E_T)$ dinamik şebekesi tanımlanmalıdır.

$$V_T = \{x' : x \in V, 0 \leq i \leq T\} \quad (2.8)$$

Burada x' , $x \in V$ düğümünün i .inci zamandaki kopyasıdır. Benzer şekilde E_T bağ kümesi şöyle tanımlanır.

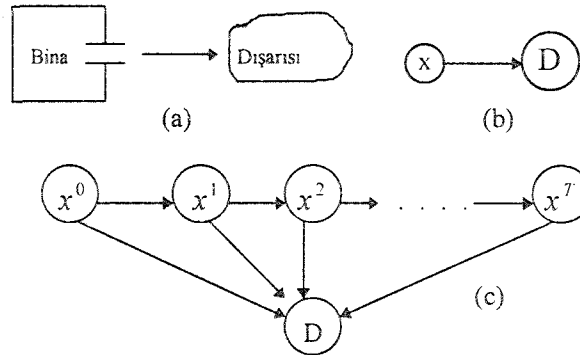
$$E_T = \{(x', y') : e = (x, y) \in E, j = i + \tau(e) \leq T, i = 1, 2, \dots, T\} \\ \cup \{(x', x^{i+1}) : x \in V, i = 0, 1, 2, \dots\} \quad (2.9)$$

$(x', x^{i+1}) : x \in E_T$ bağları x düğümünde kalan insan sayısını, (x', y') bağları ise bir düğümünden diğer bir düğüme olan insan hareketini ifade eder. Bu hareket i anında x düğümünden başlar ve j anında y düğümünde biter. (x', x^{i+1}) bağının sabit bir bulundurma kapasitesi, (x', y') bağının ise insan yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak taşıma kapasitesi vardır. Bu kapasitenin değişimi Şekil.2.6.'da görüldüğü gibidir.



Şekil.2.6. Bağ Kapasitelerinin Kişi Sayısına Göre Değişimi

Yukarıda anlatılanlar ışığında tek katlı ve tek çıkışlı bir binanın grafik ifadesi ile statik ve dinamik şebekeleri Şekil.2.7.'de verilmiştir.

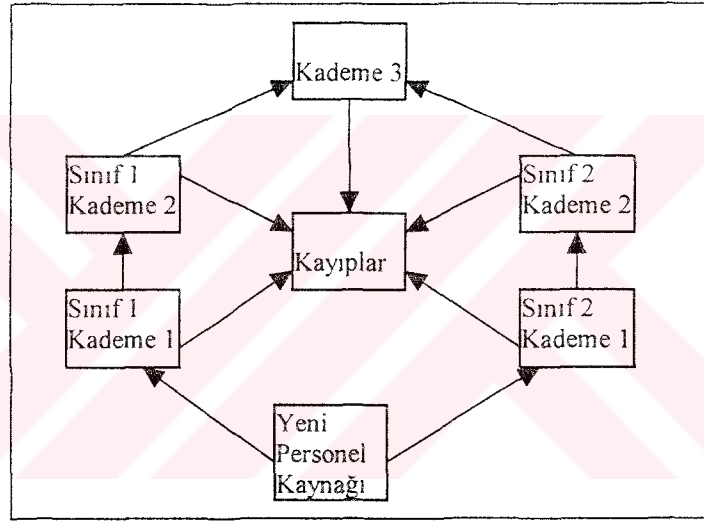


Şekil.2.7. Tek Katlı ve Tek Çıkışlı Bir Bina: (a) Grafik Gösterim, (b) Statik Şebeke İfadesi, (c) Dinamik Şebeke İfadesi

2.2.2.2. Personel Planlama Uygulamaları

Literatürde, Şebeke Analizi'nin, personel planlama konusunda da ilginç uygulamalarına rastlanmaktadır. Burada ise temel konu, hiyerarşik kademeler ve zaman içerisinde bu kademelere olan kişi akışıdır.

Personel planlama konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi Price ve Gravel (1984)'in çalışmasıdır. Bu çalışmada Price ve Gravel, hedef programlama yaklaşımından hareket ederek şebeke analizini uygulamıştır. Şekil.2.8.'de basit bir üç kademe ve iki meslek sınıflı bir iş gücü planlama sisteminin durum uzayı diyagramı görülmektedir.



Şekil.2.8.Üç Kademeli ve İki Sınıflı Sistem

Basit bir işgücü modelinin formülasyonu ise şöyledir.

Değişkenler:

i : kademe seviyesi

j : mesleki sınıflandırma

t : zaman dönemi

$x_{ij}(t)$: t dönemi sonunda, i kademesi j sınıfının miktarı

$y_{ij}(t)$: t dönemi boyunca j sınıfında i kademesinden $i+1$ kademesine olan terfi sayısı

ϕ_{ij} : $x_{ij}(t)$ nin alt sınırı

Φ_{ij} : $x_{ij}(t)$ nin üst sınırı

γ_{ij} : $y_{ij}(t)$ nin alt sınırı

Γ_{ij} : $y_{ij}(t)$ nin üst sınırı

$a_{ij}(t)$: t döneminde j sınıfının i kademesinden ayrılan kişi sayısı

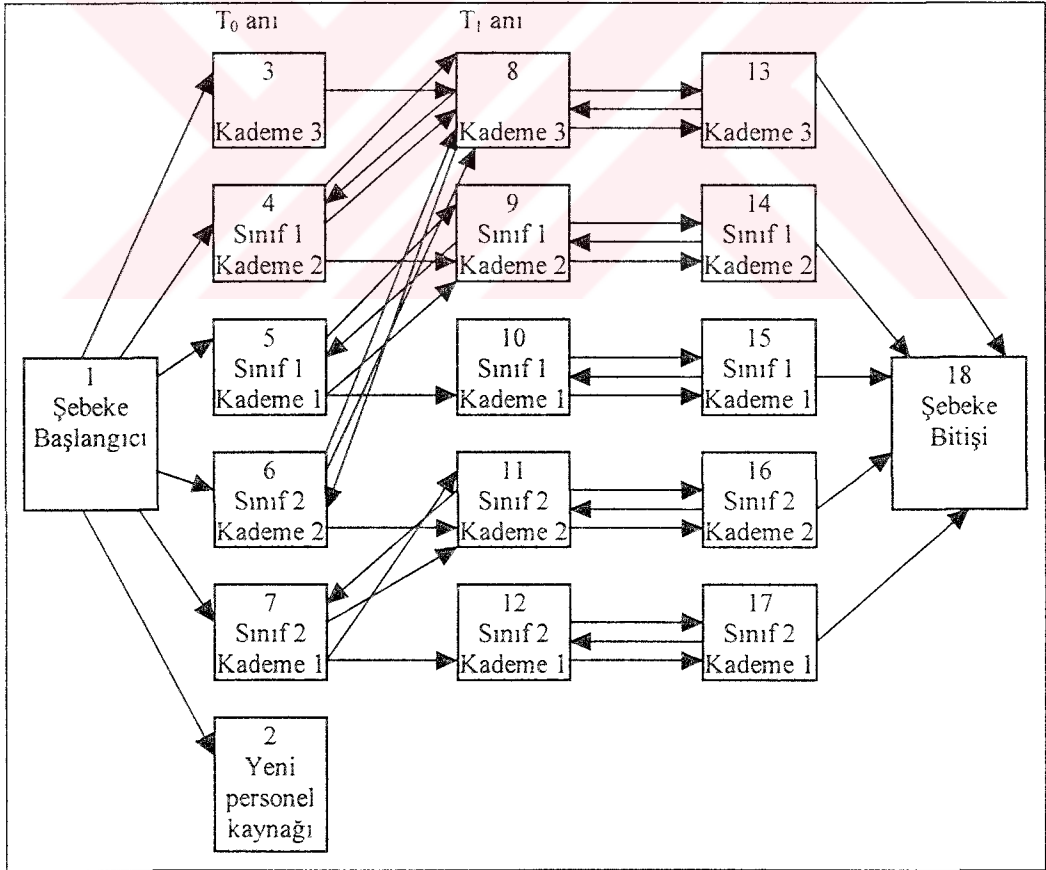
Kısıtlar:

$$\phi_{ij} \leq x_{ij}(t) \leq \Phi_{ij} \quad : \text{Personel seviyesi kısıtı} \quad (2.10)$$

$$\gamma_{ij} \leq y_{ij}(t) \leq \Gamma_{ij} \quad : \text{Terfi kısıtı} \quad (2.11)$$

$$x_{ij}(t-1) - a_{ij}(t) - y_{ij}(t) + y_{i-1,j}(t) = x_{ij}(t) \quad : \text{Denge kısıtı} \quad (2.12)$$

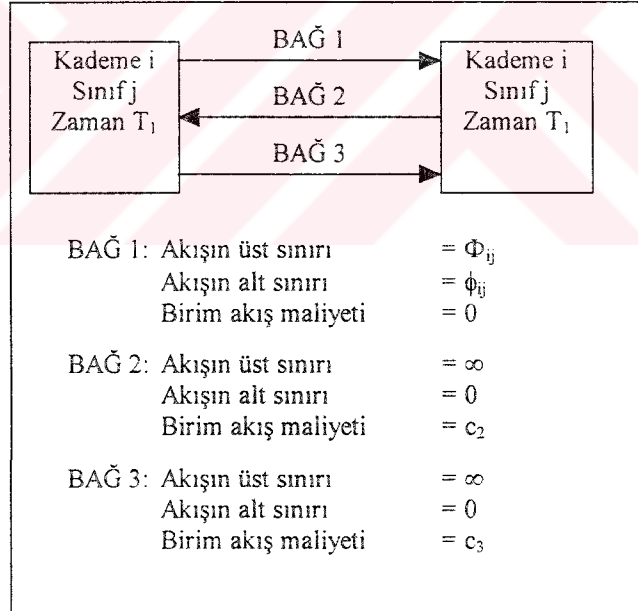
Bu problemin şebeke olarak fomülasyonu ise Şekil.2.9.'da görülmektedir.



Şekil.2.9.Hedef Programlama İşgücü Probleminin Şebeke Formülasyonu

Burada şebeke başlangıç düğümünden ilk sıradaki düğümlere olan bağlar, başlangıçtaki işgücü miktarının durumunu ifade eder. Bu miktarlar ayrılmalar çıktıktan sonra gözlenen miktarlardır. Birinci sıradaki düğümler ile ikinci sıradaki düğümler arasındaki bağlar, yeni işe alınanlar ile terfi edenlerin kontrolü içindir. İkinci sıradaki düğümler ile üçüncü sıradaki düğümler arasındaki bağlar ise nihai işgücü miktarının kontrol edilmesi için konulmuştur.

Düğüm çiftleri arasındaki üçlü bağlar hedef programlama yaklaşımının bir neticesidir. Şekil.2.10.'da daha açık olarak görülen bu bağlardan en üstteki bağ, istenen sınırlar içerisinde akışı maliyetsiz olarak sağlar. İkinci bağ, kapsamlı hedeflerin karşılanması için taşınması gereken fazlalıkları, c_2 birim taşıma maliyeti ile taşır. İkincisine zıt yönde olan üçüncü bağ ise, birinci bağdaki alt sınırı dengelemek için ihtiyaç duyulabilecek akışı, c_3 birim taşıma maliyetiyle taşımak içindir. Bu maliyetler, sadece kapsamlı bir hedef ve ceza yapısı söz konusu olduğunda sıfırdan farklı olacaktır.



Şekil.2.10.Hedef Programlama Formülasyonu'nun İfadesi

Ancak, işgücü planlama problemlerinde bazı ek kısıtlara da ihtiyaç vardır. Bunlardan bir tanesi istifa veya emeklilik gibi işten ayrılma kısıtıdır. Tek dönemli problemlerde veya çok dönemli problemlerin ilk döneminde bu kısıt ihmal edilebilir. Fakat bunun dışında modele katılmalıdır. İşten ayrılma kısıtı bir düğümden dışarıya olan akışların

bir oranı olarak, o düğümden çıkan ayrı bir bağ olarak ifade edilebilir. Böylece şebeke yapısı bozulmuş olur. p , çalışmaya devam edenlerin yüzdesi olarak işten ayrılma oranı ve $x_{ij}(t)$ ile $x_{ik}(t)$ sırasıyla ayrılanlar ve kalanlar olmak üzere, işten ayrılma kısıtının ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$x_{ij}(t) = px_{ik}(t) \quad (2.13)$$

Bir başka kısıt ise, ödenebilecek ücretle ilgili bütçe kısıtıdır. $S(t)$, t döneminde ayrılan toplam para miktarı, $s_{ij}(t)$ t döneminde ij kategorisi için ödenen ücret ve H , t dönemindeki işgücünü ifade eden bağların kümesi olmak üzere bütçe kısıtı şöyle ifade edilir:

$$\sum_{ij \in H} x_{ij}(t)s_{ij}(t) \leq S(t) \quad (2.14)$$

Tek başına bu kısıt da şebeke formülasyonunu bozmaktadır. Ancak Ek Kısıtlı Şebeke Modelleri kullanılarak, bu kısıtların da gözönüne alındığı şebeke problemleri çözülebilmektedir.

Personel planlamanın bir başka uygulamasında ise Krass ve diğerleri (1994), Amerikan Deniz Kuvvetleri'nde personelin hazır tutulması problemini şebeke analizi ile çözmeyi önermişlerdir. Problem, savaş birimlerine askeri personelin, eğitim, rütbe, sınıf ve öngörülen personel seviyesi göz önüne alınarak atanması problemidir. Amaç, “doğru kişinin, doğru yeteneklerle, doğru işe, doğru zamanda” atanmasıdır.

Çalışmada temel olarak alınan donanmada çeşitli savaş birimlerinden oluşan çeşitli sınıflar bulunmaktadır. Savaş birimleri içinde ise ayrıca görev alanları tanımlanmıştır. Bir savaş biriminin hazırlık seviyesi o birimde tanımlanmış olan çalışma alanlarındaki personel sayısına dayanmaktadır. Her görev alanı için M-rating adı verilen hazırlık ölçüleri tanımlanmıştır. Bir savaş biriminin hazırlık ölçüsüne ise C-rating adı verilir ve bu, sahip olduğu görev alanlarının hazırlık ölçülerinin en küçüğüne eşittir.

Bir görev alanı, farklı özellikte personele ihtiyaç duyar. Personelin özellikleri ise yetenek ve deneyimle belirlenir. Yeteneğin sayısal ifadesi sicil sıralaması ve deneyimin sayısal ifadesi ise rütbedir. Görevli eksikliği, o görev alanının ve dolayısıyla bağlı bulunduğu savaş biriminin hazırlık seviyesini düşürür. Amaç, donanmanın global hazırlık seviyesini enbüyüklenme için çeşitli özellikteki personel sayısının belirlenmesidir.

Personel iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan birincisi halen görev yapmakta olan mevcutlardır. Mevcutlar içindeki görevliler sadece o anda görev yaptıkları sınıftaki bir başka göreve atanabilirler. Bu sınıflar ise deniz, denizaltı ve kara olmak üzere üç tanedir. Askeri okullardan yeni mezun olup henüz atanmamışlar ise, adaylar adı verilen ikinci bir grubu oluşturmaktadırlar. Adaylar ise yetenek ve deneyimlerine göre sınıf ayırımı yapılmaksızın herhangi bir göreve getirilebilirler.

Aşağıdaki kabuller altında sicil sıralaması ve rütbe özellikleri bir birimin hazırlık seviyesini etkiler:

(1) Deniz kuvvetlerinde belirli bir sicildeki kişi sadece belirli birimlerdeki görevlere gelebilir. Bunun dışında, mevcutlar sadece o anda görev yaptıkları sınıftan görevlere getirilebilir.

(2) Rütbe, hazırlık seviyesini etkiler. Temel olarak yüksek ve düşük rütbe olmak üzere iki rütbe kategorisi tanımlanmıştır. Rütbe seviyeleri E1, E2,.....,E9 dur. E1 en düşük, E9 en yüksek seviyedir. E5-E9 yüksek rütbe kategorisini, E3-E4 ise düşük rütbe kategorisini oluşturur. Yüksek rütbe kategorisinden bir kişi, bulunduğu savaş biriminin hazırlık seviyesini yükseltir.

(3) Belirli bir birime atanan bir kişi aynı anda başka birimlerin hazırlık seviyesini de etkileyebilir. Örneğin bir birime teknisyen olarak atanan birisi aynı zamanda bu birimin başka bir görev alanının ihtiyacını da karşılayabilir.

Belirli bir u biriminin m görevinin personel hazırlık ölçüsü, o görevdeki yüksek

rütbeli görevlilerin oranı x , hem yüksek hem de düşük rütbeli görevlilerin oranı y olmak üzere aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$R_{um} = 10 - \frac{\min[(x+5), y, 100]}{10} \quad (2.15)$$

Yüksek rütbeli görevlilerin hazırlık seviyesi üzerindeki etkileri daha güçlüdür. Küçük R_{um} değerleri yüksek hazırlık seviyesini gösterir. Bir birimin hazırlık seviyesi, sahip olduğu görevlerin hazırlık seviyelerinin en küçüğüne eşit olduğu için birimin hazırlık seviyesi, M_u u birimindeki tüm görevlerin kümesi olmak üzere,

$$R_u = \max_{m \in M_u} R_{um} \quad (2.16)$$

şeklinde hesaplanır.

Problemin formülasyonu şöyledir:

İndisler:

- r : Sicil sıralaması indisi
- p : Rütbe indisi $p \in \{1,2\}$ $p = 1$ ise yüksek rütbe, $p = 2$ ise düşük rütbe
- c : Sınıf indisi, $c = 1$ ise deniz, $c = 2$ ise kara ve $c = 3$ ise denizaltı sınıfı
- u : Savaş birimi indisi
- m : Görev alanı indisi, $m \in \{1, \dots, 19\}$

Kümeler:

- U : Tüm savaş birimleri
- U_c : c sınıfının tüm savaş birimleri

Parametreler:

- M_{rpc} : r sicil sıralamasında, p rütbesinde bulunup c sınıfındaki göreve atanabilecek mevcut sayısı
- N_{rp} : r sicil sıralamasında, p rütbesinde bulunup herhangi bir sınıftaki göreve atanabilecek aday sayısı
- $c_{urm} \in \{0,1\}$: çeşitli m görevleri ile ilgili olarak, u biriminin m görev alanına r sicil sıralaması ile atanan kişinin uygunluk göstergesi, $c_{urm} = 1$ ise r sicil sıralamasına sahip kişi m görev alanı içinde sayılır, aksi takdirde sayılmaz
- B_{um}^1 : u biriminin m görev alanında yüksek rütbeliler için olan işler
- B_{um}^2 : u biriminin m görev alanında karışık rütbeliler (E3-E9 arasındaki rütbe seviyesi) için olan işler
- PB_{um}^1 : u biriminin m görev alanında halen görevli olan yüksek rütbeli personel
- PB_{um}^2 : u biriminin m görev alanında halen görevli bulunan karışık rütbeli (E3-E9 arasındaki rütbe seviyesi) personel

Değişkenler:

- x_{rpcu} : c sınıfının u birimi için atanacak r sicil sıralaması ve p rütbesindeki mevcutların sayısı
- y_{rpu} : u birimi için atanacak r sicil sıralaması ve p rütbesindeki adayların sayısı

Halen c sınıfındaki bir birimde görev yapan bir kişi sadece bulunduğu sınıftaki bir başka birimde görevlendirilir şartı için ise,

$$x_{rpcu} = 0, \quad u \notin U_c \quad (2.17)$$

ifadesi yazılır.

Kısıtlar:

Mevcutlar ve adaylar için üst sınırlar aşağıdaki gibi yazılır:

$$M_{rpc} \geq \sum_u x_{rpcu} \quad (2.18)$$

$$N_{rp} \geq \sum_u y_{rpu} \quad (2.19)$$

Amaç denklemi:

Amaç denklemini elde etmek için öncelikle, u biriminin m görev alanında sayılan yüksek rütbeli personelin sayısı E_{um}^1 ve benzer şekilde u biriminin m görev alanında sayılan karışık rütbeli personelin sayısı E_{um}^2 aşağıdaki şekilde tanımlanmalıdır:

$$E_{um}^1 = \sum_r c_{urm}(x_{r1cu} + y_{r1u}) \quad (2.20)$$

$$E_{um}^2 = \sum_r c_{urm}(x_{r1cu} + x_{r2cu} + y_{r1u} + y_{r2u}) \quad (2.21)$$

Bundan sonra u biriminin personel hazırlık katsayısı R_u tanımlanır.

$$R_u = 10 \left(1 - \min_m \left(\min \left(\frac{E_{um}^1 + PB_{um}^1}{B_{um}^1} + 0.05, \frac{E_{um}^2 + PB_{um}^2}{B_{um}^2} \right) \right) \right) \quad (2.22)$$

Küçük R_u değerleri u biriminin yüksek hazırlık seviyesini gösterir. Buna göre filonun personel hazırlık seviyesinin eniyilenmesi problemi şu şekilde ifade edilir:

$$\min R \quad (2.23)$$

$$R = \max_u R_u \quad (2.24)$$

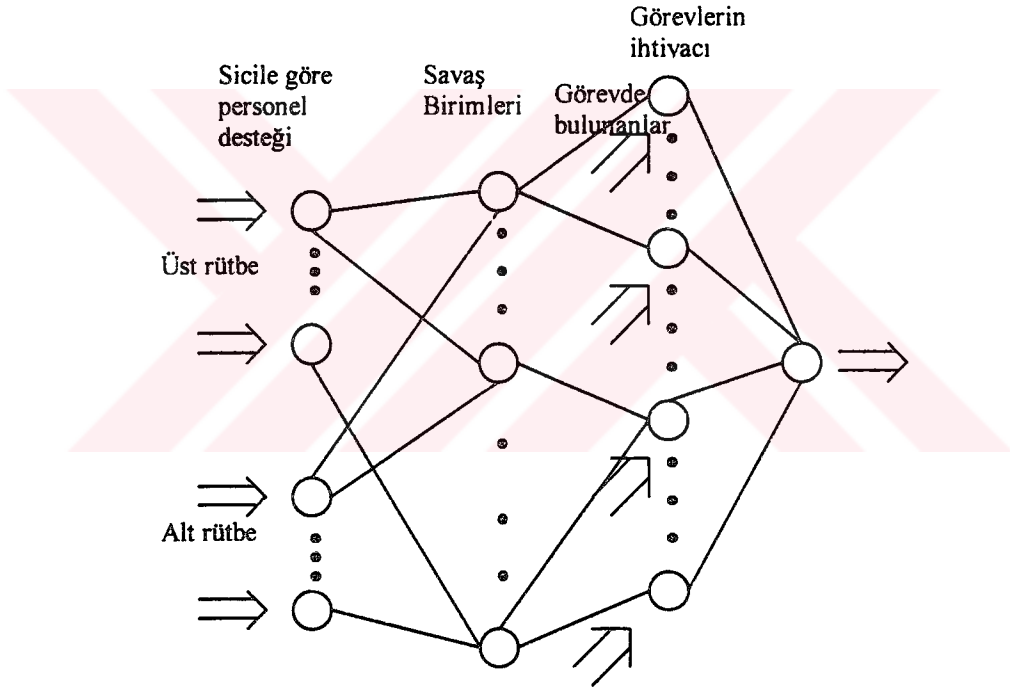
Problemin şebekesi ise Şekil.2.11.'de görülmektedir. Bu şebekede üç kısım vardır. Bunlara sırayla bakıldığında şunlar görülür:

1.Kısım: Bu kısım personel kategorilerini ifade eder. Bu sınıflandırma sicil ve rütbe ile mevcut ve aday olma özelliklerine göredir.

2.Kısım: Savaş birimlerinin ifade edildiği kısımdır. Her birim için bir düğüm vardır. Bu düğümlerde herhangi bir dış akış sözkonusu değildir.

3.Kısım: Görev alanlarının tanımlandığı kısımdır. Her görev için bir düğüm vardır. Halen görevli personel sayısı kadar bir dış akış sözkonusudur.

Son olarak 3.kısımdaki tüm düğümler, talebin toplam personel kaynağına eşit olduğu bir bitiş düğümüne bağlanmıştır.



Şekil.2.11.Deniz Kuvvetleri Personel Planlama Şebekesi

Şebeke Modelleri'nin uygulama alanları bunlarla sınırlı değildir. Daha pek çok alanda uygulanabilirler. Örneğin, Verwijmeren ve Tilanus (1993) çalışmalarında hava kargo taşımacılığındaki operasyonların planlanması için şebeke analizini kullanmışlardır. Gelen ve giden kargo yükleri özel bir yükleme aparatı ile yükleme merkezlerine taşınmakta ve buralardan ilgili yerlere aktarılmaktadır. Yükleme merkezlerinin temel görevi gelen kargoları ayırıp dağıtmak, giden kargoları ise

gidecekleri yere göre bir araya toplamaktır. Ancak bu işlemler sırasında depolama alanları, işgücü ve uçakların kalkış ve iniş zamanları önemli kısıtlardır.

Bir başka ilginç örnek ise, Zenios'un (1991) hava trafik akışını şebeke analizi ile modellediği çalışmasıdır. Bu çalışmada hava alanları arasındaki uçuş koridorları, yüksekliklerine göre bir şebeke olarak ele alınmıştır. Uçuş süreleri, gecikmeler, uçuş rotaları, yakıt tüketimleri, hava alanlarının yolcu kapasiteleri gibi çeşitli parametreler göz önüne alınarak modellenmiştir.

2.2. 3.Şebeke Analizinin Avantajları

Şebeke algoritmaları diğer algoritmalara göre oldukça hızlı sonuç vermektedirler. Zenios'un (1991) çalışmasında test etme amacıyla, iki ayrı problem iki ayrı şekilde çözülmüştür. Bunlara ait çözüm süreleri Tablo.2.2.'de verilmiştir.

Tablo.2.2.Zenios'un Algoritma Çözüm Sürelerini Karşılaştırması

Modelin Adı	Büyüklüğü		Çözüm Süreleri	
	Düğüm	Bağ	MINOS	NLPNETG
TEST	28	65	15.22 saniye	1.24 saniye
Indianapolis örneği	1295	2873	31 saat	15 dakika

Verilen çalışmalardan da görüldüğü gibi, pek çok problem şebeke şeklinde grafik olarak ifade edilebilmektedir. Grafik olarak ifade tarzı, problemi kolay anlaşılır hale getirir. Ayrıca modelleme süreci basitleşir ve model aslına daha fazla benzer. (Forster ve Mevert, 1994)

BÖLÜM 3.NAKİT AKIŞI KAVRAMI VE ŞEBEKE ANALİZİ İLE MODELLENMESİ

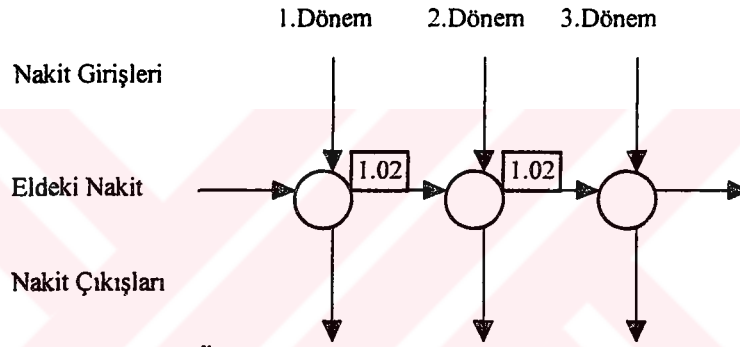
Bir sisteme veya olaya her hangi bir zaman anında olan para giriş veya çıkışına nakit akışı adı verilir. Nakit Akışı Yönetimi ise bir kurumun nakit akışlarının planlanması ve kontrolüdür (Jorjani ve Lamar, 1994). Mühendislik Ekonomisi'nin temel uğraş alanı olan nakit akışlarının zaman içindeki değeri önem kazanmaktadır. Günlük hayatta, bir malın değerinin (fiyatının) zaman içerisinde değişmesi, aslında çeşitli sebeplerle paranın zaman değerinin değişmesine bağlı olarak gerçekleşmesidir. Paranın zaman değerinden bahsedildiğinde, bir andaki para miktarının bir başka andaki denkliğinden, başka bir deyişle bu iki değer arasında bir bağlantıdan da söz edilmelidir. Denge, mühendislik ekonomisi analizinde önemli bir faktördür. Mühendislik Ekonomisi'nde kullanılan Şimdiki (Gelecek) Değer Analizi, Verim Analizi gibi tekniklerle bu denklik incelenir ve problemler çözülür (Tolga, 1984, s.10-16).

Ancak para, sahip olduğu kıymet sebebiyle Endüstri Mühendisliği'nin bir başka çalışma alanı olan Yöneylem Araştırması'nın da ilgi alanı olmuştur. Yöneylem Araştırması ile ilgilenenler ise para akışını matematik modellerle incelemişler ve çözmeye çalışmışlardır. Literatürde bununla ilgili çalışma örnekleri vardır. Burada, Şebeke Analizi Yöntemleri ile yapılmış olan çalışmalar verilecektir.

Nakit Akışı problemleri, Şebeke Analizi ile modellenabilmektedir. Özellikle Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri, nakit akışı problemlerinin formülasyonuna çok uygundur. Ancak, ileride de görüleceği gibi, tek bir faaliyetle ifade edilemeyen akışlar için Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri'nin kullanılması gerekmektedir. Finansal probleme Şebeke Analizi ile yaklaşıldığında, bir finansal

olaydan başka bir finansal olaya veya bir zaman noktasından başka bir zaman noktasına olan para transferi bağlar ve bağlardaki akışlar olarak, finansal olaylar ve zaman noktaları düğümler olarak ifade edilir. Bunun yanısıra, ihtiyaç duyulduğunda, diğer şebeke parametreleri de problemde kullanılır. Örneğin, bir düğüme aktarılacak paranın miktarında herhangi bir nedenle bir kısıtlama varsa bu kısıt formülasyona üst sınır olarak katılır.

En temel olarak, üç dönemden oluşan bir nakit akışları şebekesi Şekil.3.1.'de görülmektedir. Burada, nakit giriş ve çıkışları ile dönemden döneme aktarılan paralar bağları ve zaman noktaları düğümleri oluşturmaktadır (Glover ve diğerleri, 1992, s.151-153).



Şekil.3.1.Üç Dönemli Nakit Akışları Şebekesi

Düğümleri yatay olarak birleştiren bağlar üzerindeki 1.02 sayısı ise, dönem boyunca %2 lik iskonto oranı ile bu paranın takip eden döneme aktarıldığını gösterir. Dikkat edilirse bunun, genelleştirilmiş şebekedeki bağ kazancını veya kaybını ifade eden parametre olduğu açıkça görülür.

Literatürde, nakit akışı problemlerinin Şebeke Analizi ile çözümünü öneren çeşitli çalışmalar vardır. Bunlardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

3.1.GOLDEN, LIBERATORE VE LIEBERMAN'IN ÇALIŞMASI

Golden ve diğerleri (1979), nakit akışlarını şebeke akış problemi olarak formüle ettikleri çalışmalarında kesikli zamanlı ve deterministik bir model önermişlerdir.

Amaç, uzunlukları farklı n dönem boyunca farklı likiditeye sahip varlıklara yatırım yaparak, son planlama döneminde en fazla getiriye elde etmektir. x ve y olmak üzere iki ayrı varlık gözönüne alınmıştır. x varlığı paradır ve likiditesi daha yüksektir. x ve y varlıkları pozitif bir dönüştürme maliyetiyle birbirlerine kolayca dönüştürülebilmektedir. Tüm talepler sadece x varlığı cinsinden karşılanmaktadır ve her dönemdeki talep ile kaynak belirlidir. x varlığının elde tutma veya fırsat maliyeti y varlığınınkinden yüksektir. y varlığının başlangıçtaki miktarı y_0 'dır ve bilinmektedir. Tüm işlemler dönem başında, dönüşler ise dönem sonunda olmaktadır.

Modelin değişkenleri ve parametreleri şöyledir:

α	: x varlığı için geçerli faiz oranı
β	: y varlığı için geçerli faiz oranı
c_{xy}	: x varlığından y varlığına dönüştürme birim maliyeti
c_{yx}	: y varlığından x varlığına dönüştürme birim maliyeti
$X(t)$	: t dönemi başında, dönüştürme işlemleri tamamlandıktan sonra x varlığında kalan miktar
$Y(t)$	: t dönemi başında, dönüştürme işlemleri tamamlandıktan sonra y varlığında kalan miktar
$S(t)$	: t döneminde x varlığının kaynağı
$D(t)$	: t döneminde x varlığının talebi

Eğer faiz oranlarının dönemlere göre değişken olduğu kabul edilirse, t dönemi için x ve y varlıklarının faiz oranları sırasıyla $\alpha(t)$ ve $\beta(t)$ olarak yazılabilir.

$G = (N, A, W)$ şebekesi ise N düğümler kümesi, A bağlar kümesi ve $W = [w(i, j)]$ matrisi ile verilen bağ ağırlığı veya çarpanlarından oluşur. Şekil.3.2.'de problemle ilgili örnek bir şebeke verilmiştir. Bu şebekedeki S düğümü kaynak ve T düğümü bir bitiş düğümüdür. Z düğümü ise buna gelen akışların enbüyüklemenin amaçlandığı hedef düğümüdür. t ve $\bar{t}$ düğümleri ise sırasıyla x ve y varlıkları için t döneminin başlangıç anını ifade ederler.

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in N^-} f(i, j) - \sum_{j \in N^-} g(j, i) = \begin{cases} S(i) - D(i), & i = 1, 2, \dots, n \\ y_0, & i = \bar{1} \\ 0, & i = \bar{2}, \bar{3}, \dots, \bar{n} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$f(i, j) \geq 0, \quad i \in N^-, \quad j \in N^- \text{ ve } (i, j) \in A, \quad (3.4)$$

$N^- = N - S - T$ olmak üzere.

(3.1) eşitliği, (3.2) ve (3.3) eşitliklerinde yerine konursa problem sadece $f(i, j)$, karar değişkenine sahip olur. $w(i, j)$ çarpanları ise bağlardaki faiz ve dönüşüm giderlerine bağlı olarak oluşan kazanç ve kayıpları ifade eder. Şekil.3.2. incelendiğinde bu parametrelerin aşağıdaki şekilde olduğu görülür:

$$w(i, j) = \begin{cases} 1 + \alpha, & (i, j) = (t, t+1) \text{ veya } (n, Z) \\ 1 + \beta, & (i, j) = (\bar{t}, \bar{t}+1) \text{ veya } (\bar{n}, Z) \\ 1 - c_{xy}, & (i, j) = (t, \bar{t}) \\ 1 - c_{yx}, & (i, j) = (\bar{t}, t) \\ 1, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.5)$$

Böylece nakit akışı problemi, Genelleştirilmiş Şebeke Formülasyonu kullanılarak modellenmiş olur. Ancak bu temel modelde herhangi bir minimum nakit dengesinden bahsedilmemektedir. Örneğin bazı durumlarda banka, hesapta bulunacak paranın belli bir miktarın altına düşmemesini isteyebilir. Veya bu istek firmanın finansal politikasının bir sonucu olabilir. Ayrıca dikkat edilirse modelde borçlanmayla ilgili bir olay yoktur. Bazen firmanın kısa dönemli borç alması gerekebilir. Bu hususlar gözönüne alındığında aşağıdaki özelliklerin modele katılması gerekir.

Herhangi bir $(t, t+1)$ bağının $f(t, t+1)$ nakit akışındaki minimum nakit dengesi o akışa bir m alt sınırının konulması ile sağlanır. Kısa dönemli borçlanma ise $(t+1, t)$ şeklindeki ters yönlü bağlar şebekeye katılarak ifade edilir. Borçlanma faizi γ ise $(t+1, t)$ bağının $w(t+1, t)$ bağ çarpanı şöyle hesaplanır:

$$w(t+1, t) = \frac{1}{1+\gamma} \quad (3.6)$$

Benzer şekilde $g(t+1, t)$ akışına alınabilecek maksimum borç miktarını ifade etmek üzere bir u üst sınırı konulur. Bu kısıtlar da modele katıldığında, genişletilmiş modelin formülasyonu (3.2), (3.3) ve (3.4) eşitlikleriyle birlikte aşağıdaki eşitliklerden oluşur.

$$\left. \begin{array}{l} f(t, t+1) \geq m \\ \frac{1}{\gamma} f(t+1, t) \leq u \end{array} \right\} t = 1, 2, \dots, n-1 \quad \text{ için} \quad (3.7)$$

(3.8)

$$f(n, Z) \geq m \quad (3.9)$$

3.2. CRUM VE NYE'NİN ÇALIŞMASI

Crum ve Nye (1981) ise sigorta şirketlerinin nakit akışları için bir genelleştirilmiş şebeke akış modeli geliştirmişlerdir.

Sigorta şirketlerinin nakit akışlarının yönetilmesinin temel iki boyutu vardır. Birincisi sigorta portföyünün yönetilmesi, ikincisi ise şirketin yatırım portföyünün yönetilmesidir. Genel etkinliğin sağlanabilmesi için bu iki boyutun bir arada ele alınıp koordinasyonunun gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu amaca ulaşabilmek için çeşitli yöntemler önerilmiştir. İlk akla gelen, yargıya dayalı sezgisel yöntemlerdir. Örneğin, nakit oluştuğunda, o andaki en iyi alternatifte yatır gibi bir yöntem uygulanabilir. Ancak, sezgisel yöntemler her zaman etkin sonuç vermezler.

Doğrusal programlama, hedef programlama gibi yöntemler optimal sonuçlar verirler. Ancak, bu yöntemlerin, hakkında yeterli ön bilgiye sahip olmayan yöneticiler tarafından anlaşılması güçtür. Ayrıca bazı durumlarda hesaplama açısından sınırlamalar söz konusu olabilir. Şebeke Modelleri ise anlaşılabilirlik ve çözüm zamanı açısından daha üstündürler.

Sigorta şirketi probleminde nakit akışlarının temeli sigorta satışlarıdır. m adet sigorta kaleminin ve n adet planlama döneminin olduğu bir problemde, INS_{ij} i sigorta kaleminden j döneminde yapılan satışlardır. MV_{ij} ise yine i sigorta kaleminden j döneminde yapılabilecek en fazla sigorta miktarıdır. Bu durumda $CR_{ij} = MV_{ij} - INS_{ij}$ i sigorta kaleminden j döneminde fazladan satılabilecek sigorta miktarını gösterir. Bazı sigortalama masrafları sözkonusu olacağı için, UE_{ij} , j döneminde i sigorta kaleminin INS_{ij} 'ye göre masraf oranı olmak üzere, sigorta satışlarından elde edilecek gerçek gelir $INS_{ij}[1 - UE_{ij}]$ dir.

Ayrıca, yürürlükte bulunan sigorta anlaşmaları sonucunda bazı tazminat ödemeleri, dolayısıyla nakit çıkışı sözkonusudur. j döneminde i sigorta kalemi için ödenecek en fazla tazminat miktarı CL_{ij} , LR_{ij} kayıp oranı olmak üzere $CL_{ij} = MV_{ij}[LR_{ij}]$ şeklinde tanımlanır. Ancak, INS_{ij} 'nin MV_{ij} 'den küçük olması durumunda CL_{ij} 'den $CR_{ij}[LR_{ij}]$ kadar bir tenzilat yapılmalıdır.

Her dönemde i sigorta kaleminden elde edilecek sigortalama karı, kayıp oranı ile sigortalama masraflarının toplamının bir fonksiyonudur. $LR_{ij} + UE_{ij} < 1$ (%100) ise, j döneminde i sigorta kaleminden bir kazanç, aksi takdirde bir kayıp sözkonusudur.

Tazminat ödemeleriyle ilgili bir başka husus ise, zamanında ödenmeyen tazminatlar için sözkonusu olan ceza maliyetidir. Bu maliyet enflasyon vb. nedenlerle olabilir. CP_{ijk} i sigorta kaleminin, k döneminde oluşan tazminat talepleri için, $k \leq j$ olmak üzere, j döneminde ödenen para miktarını göstermektedir. Ancak bu para, i , j ve k yukarıdaki gibi olmak üzere, LP_{ijk} ceza maliyeti ile azaltılabilir. Yani, tazminatı karşılamak için elde bulunacak gerçek para miktarı $CP_{ijk}[1 - LP_{ijk}]$ dir. Dolayısıyla, gecikme arttıkça ihtiyaç duyulan para miktarı da artmaktadır.

Ayrıca modelin geliştirilmesinden önce satılıp halen yürürlükte olan sigortaların

tazminat taleplerinin de gözönüne alınması gerekir. i sigorta kalemi için sözkonusu olan bu tip taleplerin miktarı PC_i ile ifade edilir. PC_i tazminatı için j döneminde yapılan ödeme ise PPC_{ij} ile gösterilir. Bu ödemeler için de bir ceza maliyeti sözkonusu olabilir. Bu durumda etkin ödeme $PPC_{ijk}[1 - LP_{ij}]$ olur.

Buraya kadar sadece sigorta satışlarından elde edilen gelir ile tazminat ödemeleri için yapılan harcamalar göz önüne alınmıştır. ICB_j , j döneminde herhangi bir işlem yapılmadan önceki şirket nakit dengesini gösterir. $CB_{j-1,j}$ ise bir önceki dönemden aktarılan para miktarını ifade eder. Arzu edilen bir enaz nakit miktarı için bu akış üzerine bir alt sınır konulabilir. Benzer şekilde $CB_{j,j+1}$ bir sonraki döneme aktarılacak paradır. Nakit akışlarının toplanabilmesi ve planlama ufkunun ifade edilebilmesi amacıyla bir ana düğüm kullanılmıştır.

Sırasıyla nakit akışı düğümleri, sigortalama düğümleri, varolan tazminat düğümleri ve yeni sigorta işlemleri için denklemler şöyledir:

$$\sum_{i=1}^m INS_{ij} [1 - UE_{ij}] - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n CP_{ijk} - \sum_{i=1}^m PPC_{ij} + CB_{j-1,j} - CB_{j,j+1} = ICB_j, \quad j = 1, \dots, n+1, \quad k = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

$$-INS_{ij} - CR_{ij} = -MV_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.11)$$

$$\sum_{j=1}^n PPC_{ij} [1 - LP_{ij}] = PC_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.12)$$

$$\sum_{k=1}^n CP_{ijk} [1 - LP_{ijk}] + CR_{ij} [LR_{ij}] = CL_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.13)$$

Şekil.3.3.'de iki sigorta kalemine sahip üç dönemli bir modelin sigorta portföy kısmını gösteren bir şebeke görülmektedir.

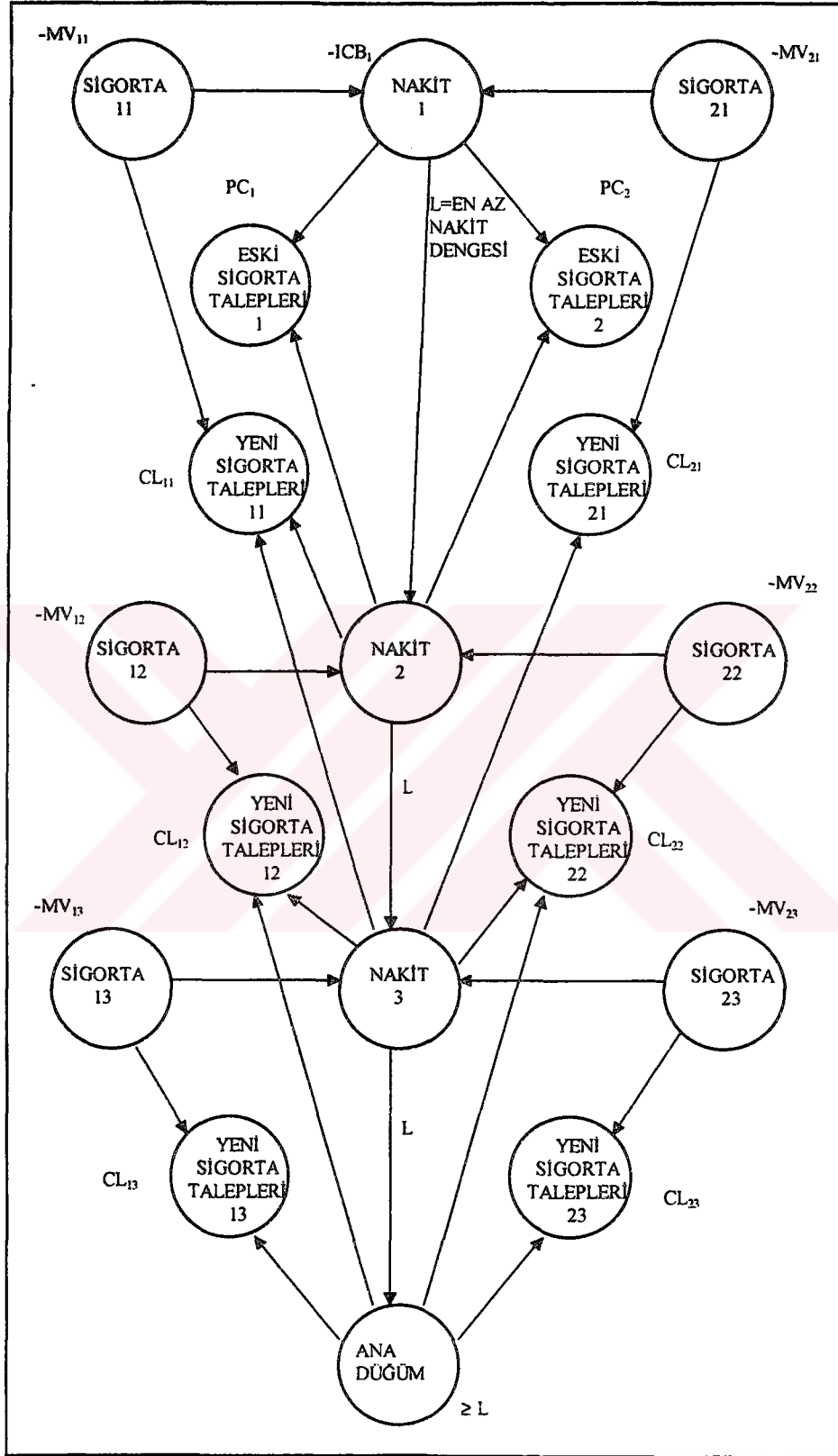
Bir sigorta şirketinin parasal işlemleri sadece sigorta satışları ile tazminat ödemelerinden oluşmaz. Şirket bunların dışında bazı yatırımları da yapmalıdır. Şirket faaliyetlerinin yatırım bölümü P farklı tip uzun vadeli varlıklar ile Z farklı yapıdaki kısa vadeli finansal varlıklardan oluşur.

Uzun dönemli p varlığına başlangıç yatırımı olarak IVL_p ayrılıp, daha sonra ise j döneminde LTI_{jp} fonu eklenerek devam edilebilir. Ancak alım işlemleri için komisyon vb. olarak, TCL_{jp} masrafı sözkonusu olacağından gerçek yatırım $LTI_{jp}[1 - TCL_{jp}]$ olacaktır.

Ayrıca, uzun dönemli yatırımlar, yatırılan para miktarını azaltmak suretiyle sermaye kaynağı olarak da kullanılabilir. Bunun temel iki yolu vardır. Birincisi, yatırımdan faiz veya kar payı olarak elde edilen ROI_{jp} geliridir. Ancak, bu durumda anaparadan fon transferini önlemek için bu akış üzerine, yatırımın beklenen gelirine eşit bir üst sınır konulması gerekebilir. Zira anaparadan fon transferi, ikinci yol olan yatırım varlığının satışlarıdır. Menkul kıymetin satışından RLT_{jp} fonu elde edilir. Ancak satış işlemi için komisyon vb. olarak LCL_{jp} harcamasının yapılması gerekir. Dolayısıyla elde edilecek net gelir $RLT_{jp}[1 - LCL_{jp}]$ olur.

Uzun dönemli finansal varlıkta son olasılık ise, paranın daha fazla gelir elde etmek amacıyla yatırım aracında bırakılmasıdır. Bu durumda p varlığında j döneminden bir sonraki döneme aktarılacak para $LTP_{j,j+1,p}$ ve buna uygulanacak faiz oranı ise $LIN_{j,j+1,p}$ ile ifade edilir. Dolayısıyla, bir sonraki dönemde elde edilecek para, anapara ve faiz toplamı olarak $LTP_{j,j+1,p}[1 + LIN_{j,j+1,p}]$ olur.

Benzer şekilde, Z farklı tipte kısa dönemli finansal varlık da modele katılabilir. Kısa dönemli z varlığına yapılmış olan başlangıç yatırımı IVS_z , j döneminde yapılan ek yatırım STI_{jz} ve bu ek yatırım için yapılacak işlem harcamalarında TCS_{jz} ile ifade edilir.



Şekil.3.3.Sigorta Portföyü İşlemleri

RST_{jk} , $k \leq j$ olmak koşuluyla, j döneminde geri dönmek üzere k döneminde z varlığına yapılan yatırımın miktarını, SIN_{jk} ise buna uygulanacak faiz oranını gösterir. Bu durumda söz konusu yatırımdan j döneminde elde edilecek nakit akışı $RST_{jk} [1 + SIN_{jk}]$ olur.

Bunların yanısıra şirketin amortisman, bakım, personel ücretleri gibi, varlığını devam ettirebilmesi için yapmak zorunda olduğu harcamaları vardır. j dönemindeki tüm bu sabit işletme masraflarının toplamı FOC_j ile gösterilir.

Uzun dönemli yatırımlar, kısa dönemli yatırımlar ve sabit işletme masrafları ile ilgili denklemler şöyledir:

$$LTI_{jp} [1 - TCL_{jp}] + LTP_{j-1,j,p} [1 + LIN_{j-1,j,p}] - ROI_{j,p} - RLT_{j,p} - LTP_{j,j+1,p} = IVL_j$$

$$p = 1, \dots, P, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.14)$$

$$STI_{j,z} [1 - TCS_{j,z}] - \sum_{k=1}^{j-1} RST_{j,k,z} = IVS_j, \quad z = 1, \dots, Z, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15)$$

$$CC_j = FOC_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.16)$$

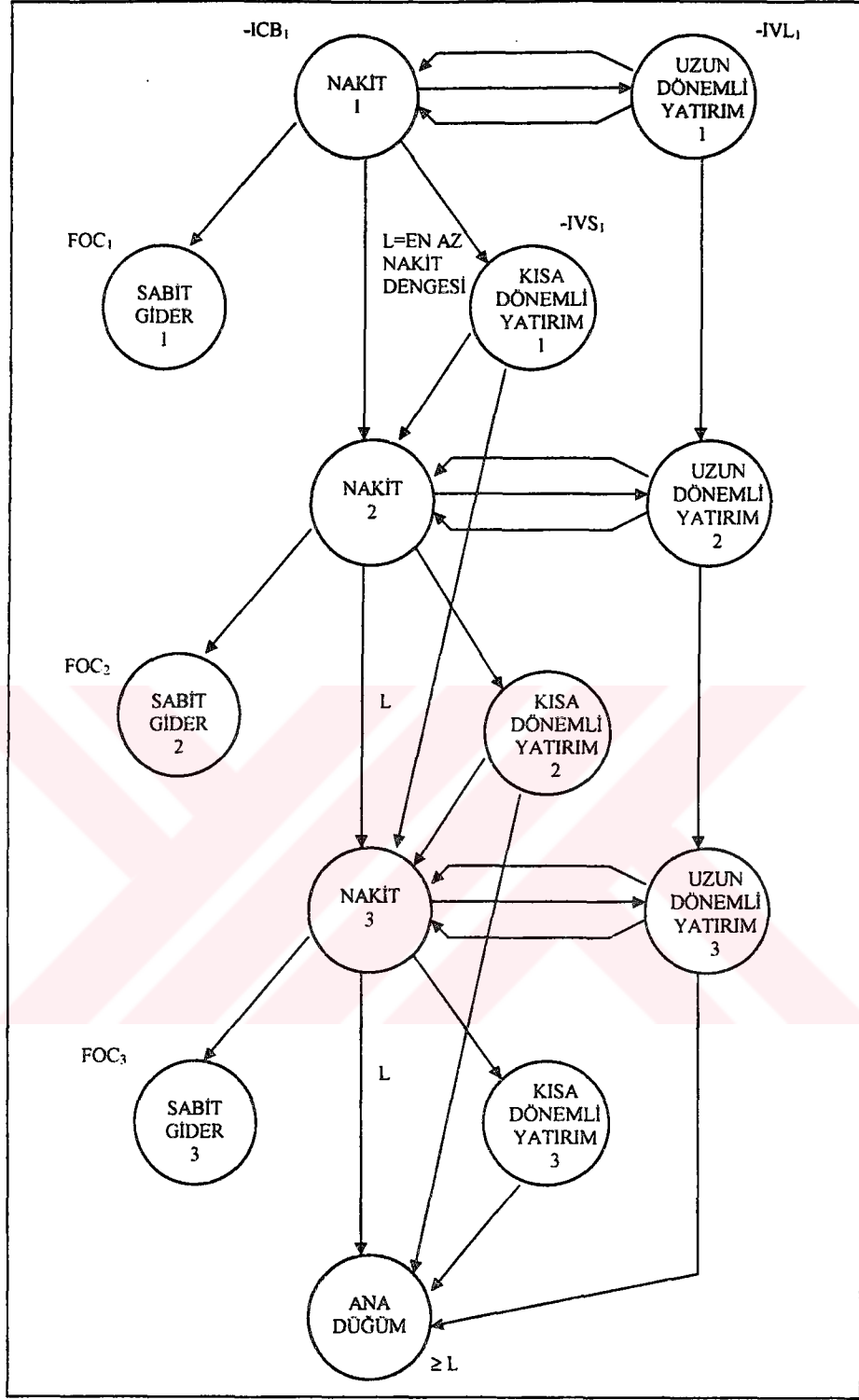
Ayrıca, (3.10)'da verilen nakit düğümü ile ilgili denklem yatırım portföyünü de içermek üzere aşağıdaki şekilde genişletilir.

$$\sum_{p=1}^P ROI_{j,p} + \sum_{p=1}^P RLT_{j,p} [1 - LCL_{j,p}] + \sum_{z=1}^Z \sum_{k=1}^{j-1} RST_{j,k,z} [1 + SIN_{j,k,z}]$$

$$- \sum_{p=1}^P LTI_{j,p} - \sum_{z=1}^Z STI_{j,z} - CC_j$$

$$+ [\text{sigorta portföyü denklemleri}] = ICB_j, \quad j = 1, \dots, n+1 \quad (3.10a)$$

Bir uzun dönemli ve bir de kısa dönemli yatırım alternatifi içeren bir örneğin şebekesi Şekil.3.4.'de verilmiştir.



Şekil.3.4. Yatırım Portföyü Şebekesi

Bazan sigorta satışları ile yatırımlardan elde edilen gelir, şirketin finansmanı için yeterli olmayabilir. Bu durumda dışarıdan bir nakit akışı olmalıdır. Bu nakit akışı ise borçlanma veya menkul kıymet arzı ile sağlanır. Borçlanma yönü şu şekilde

incelenebilir; T farklı borçlanma kaynağı sözkonusudur. BL_j , j döneminde t alternatifinden alınabilecek en fazla borç miktarını ve IBL_j ise bu alternatif için geçerli dönem faizini göstermektedir. Eğer bu paranın tümü borçlanılırsa, $j+1$ döneminde geri ödenecek para, faiz ve anapara toplamı olarak, $BR_{t,j+1}$ dir ve $BR_{t,j+1} = BL_j [1 + IBL_j]$ şeklinde hesaplanır.

Ancak şirket BL_j miktarından daha az (veya sıfır) borçlanmayı isteyebilir. Bu durumda ABB_j gerçek borç alınan miktarı, ANB_j ise, borç alınmayan miktarı göstermek üzere $ANB_j = BL_j - ABB_j$ olur.

Ancak tüm borçlanmaların vadesi tek dönemdir. Her dönemde dönemsel faiz ödenmelidir. Aksi takdirde Genelleştirilmiş Şebeke Modeli yapısı bozulmuş olur. $ARB_{t,j+1}$, j döneminde t kaynağından alınan borç için $j+1$ döneminde yapılacak ödemeyi gösterir.

$$ARB_{t,j+1} = ABB_j [1 + IBL_j]$$

ABB_j , BL_j den daha küçük olabileceği için $ARB_{t,j+1}$ de $BR_{t,j+1}$ den daha küçük olabilir. Ancak,

$$BR_{t,j+1} = ABB_j [1 + IBL_j] + ANB_j [1 + IBL_j] \text{ dir.}$$

İkinci terim ödenmesi gereken en fazla paradan elde edilecek tenzilatı gösterir.

Bir başka dış para kaynağı ise, menkul değer pazarıdır. Hisse senetleri genelde büyük partiler halinde ihraç edilirler. Bir başka unsur ise sabit ihraç maliyetidir. Bir 0-1 tamsayı değişken kullanılarak bu sabit maliyet modele katılabilir.

j döneminde S farklı sayıda ihraç hacmi sözkonusudur. SK_{sj} , j döneminde s

menkul kıymetinden ihracın mümkün olduğunu -1 değeri ile gösterir. STK_{sj} ise bu menkul değerın satılıp satılmadığını gösteren 0-1 tamsayı değişkendir. Bu bağ üzerindeki çarpan ise satıştan elde edilmesi hesaplanan gelir olan NPR_{sj} dir. Ancak, satıştan elde edilecek gelir, satışın gerçekleşmesi gözönüne alındığında, $STK_{sj} [NPR_{sj}]$ ile ifade edilir.

Adi hisse senetleri sürekli olduğu için, şirketin dağıtılması dışında yatırımcılara anapara ödemesi olmaz. Ancak, modelleme açısından yatırımcı için beklenen bir kazancın ödenmesi şebekeye eklenmelidir. Bu beklenen gelir toplamı DR_{sj} dir.

STK_{sj} nin sıfır olması, yani menkul değer satışının olmaması halinde talebin karşılanabilmesi için bir DUM_{sj} boş değişkeni gereklidir. DUM_{sj} değişkeninin değeri $1 - STK_{sj}$ ye eşittir. Dolayısıyla bu değişken de bir 0-1 tamsayılı değişkendir. DUM_{sj} değişkeninin çarpanı ise, DSK_{sj} dir ve sayısal olarak DR_{sj} ye eşittir.

Eğer STK_{sj} bire eşitse, yani menkul değer ihraç edilmişse,

$$DUM_{sj} [DSK_{sj}] = 0$$

olur. Bu durumda menkul kıymet için kar payı ödemeleri gözönüne alınmalıdır. $r > j$ olmak üzere j döneminde ihraç edilen s hisse senedi için r döneminde ödenecek kar payı DIV_{sjr} ve bunun üst sınırı $UDIV_{sjr}$ dir.

Menkul değerlerin ihracı ile kar payı ödemelerinin denklemleri şöyledir:

$$-STK_{sj} - DSK_{sj} = -SK_{sj} , \quad s = 1, \dots, S, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.17)$$

$$DSK_{sj} (DUM_{sj}) + \sum_{r=j+1}^{n+1} DIV_{sjr} = DR_{sj} , \quad s = 1, \dots, S, \quad j = 1, \dots, n+1 \quad (3.18)$$

$$DIV_{sjr} \leq UDIV_{sjr} \quad (3.19)$$

$STK_{sj}, DSK_{sj} = (0,1)$ tamsayı

Kredi kullanımı ve geri ödemeleri ile ilgili denklemler ise şu şekilde yazılır:

$$-ABB_{jt} - ANB_{jt} = -BL_{jt}, \quad t = 1, \dots, T, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.20)$$

$$ANB_{tk}(1 - IBL_{tk}) + ARB_{jk} = BR_{jt}, \\ t = 1, \dots, T, \quad j = 2, \dots, n+1, \quad k = j-1 \quad (3.21)$$

Nihai genişletilmiş nakit düğümü denklemi ise şöyle yazılır:

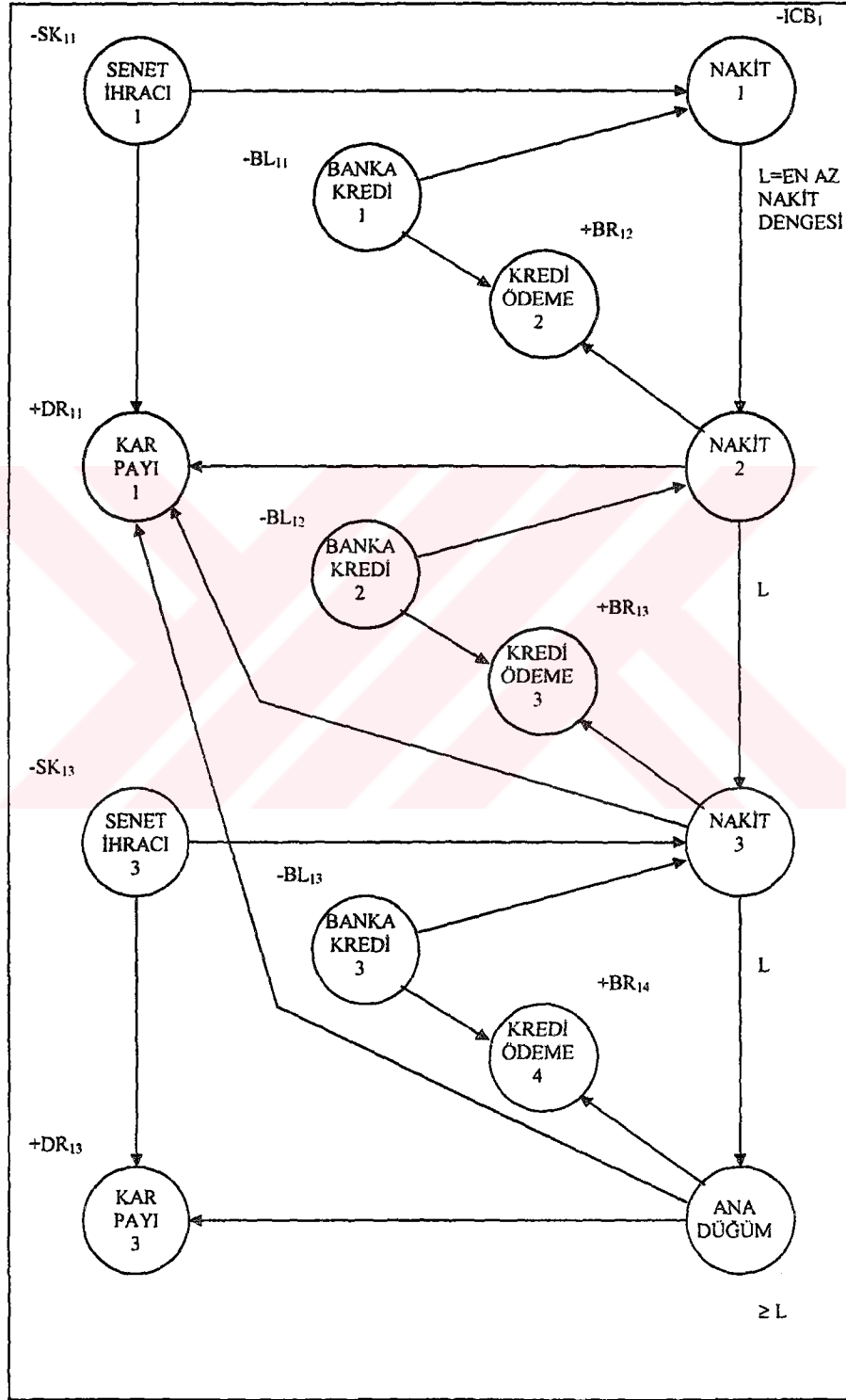
$$\sum_{s=1}^S STK_{sj}(NPR_{sj}) + \sum_{t=1}^T ABB_{jt} - \sum_{s=1}^S \sum_{r=0}^J DIV_{sjr} - \sum_{t=1}^T ARB_{tjk} \\ + (\text{sigorta portföyü bağıntıları}) + (\text{yatırım portföyü bağıntıları}) = ICB_j \\ j = 1, \dots, n+1, \quad (3.10b)$$

Bir kredi alternatifi ile, bir hisse senedi ihracı alternatifi olan örnek bir problemin şebekesi Şekil.3.5.'de görülmektedir.

3.3.SINUANY-STERN'İN ÇALIŞMASI

Sinuany-Stern (1993), çalışmasında hiyerarşik bir yapı önermiş ve şebeke analizi ile modellemiştir. Bütçe hazırlamanın iki ana kısmı vardır; 1) İşletme bütçesi, 2) Sermaye bütçesi. Sermaye bütçeleme problemine sıklıkla proje seçimi adı da verilmektedir. İşletme bütçesi ise üretimle ilgili olan ve olmayan faaliyetleri içerir. Üretimle ilgili faaliyetlerde üretim seviyesi ve bu seviye için ihtiyaç duyulan para miktarı belirlenerek bütçe yapılır. Literatürde iki tip bütçeleme çalışması örneklerine sıkça rastlanır. Birincisi, tahmin edilen üretim seviyesine göre maliyet analizi yapılması, ikincisi ise eldeki paraya ve bütçe kısıtlarına göre optimizasyon modelleri kullanarak optimal üretim seviyesinin belirlenmesidir. Üretimle ilgili olmayan alanlar AR-GE, pazarlama, bakım, kontrol, mühendislik, hizmetler, yönetim ve finansman

gibi faaliyetlerden oluşur. Bu faaliyetlerin çıktısı direkt olarak ölçülemez. Literatürde Sıfır Tabanlı Bütçeleme, Program Planlama Bütçeleme Sistemi, Artışlı Bütçeleme gibi matematiksel modellemeye dayanmayan, ancak bütçeyi üretimsel olmayan faaliyetlere tahsis etme esasıyla problemi çözen yöntemler vardır.



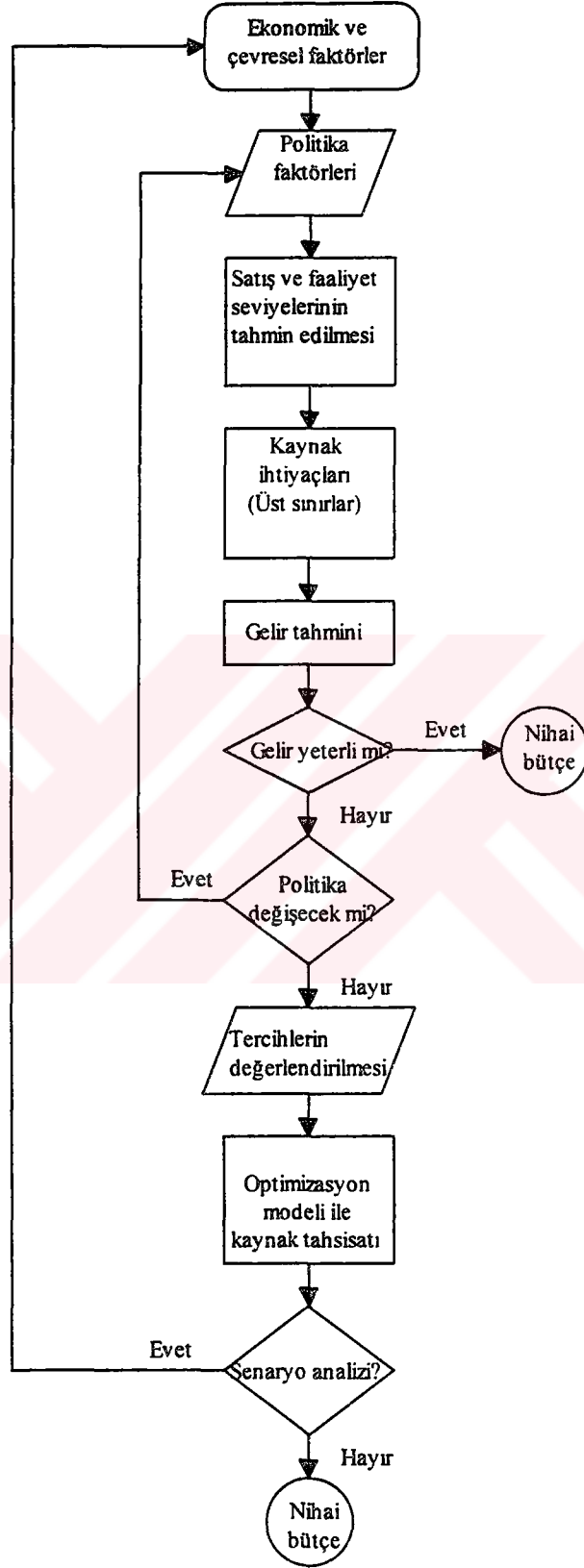
Şekil.3.5.Dış Para Kaynakları

Önerilen Şebeke Optimizasyon Modeli çok seviyeli bir hiyerarşik sistemin bütçelenmesi için geliştirilmiştir. Üretimsel olan ve olmayan faaliyetlerin yanısıra proje seçimini de içermektedir. Çok amaçlı amaç fonksiyonuna ve çok dönemli planlama ufkuna sahiptir. Bütçe tahsisatları şebeke içerisindeki akışlarla ifade edilmektedir. Sistemdeki her elemanın (bağların) alt ve üst sınırları vardır. Alt sınır, o elemanın işleyebilmesi için gerekli olan en az para miktarını, üst sınır ise, bütçe talebi veya maliyet analizi ile belirlenen en fazla para miktarını gösterir. Amaçlar ise en fazla kar, gelir ve satış, yeni ürün ve pazar oluşturma, en az risk vb. olabilir. Amaçlar ölçülebilir olabilir veya olmayabilir. Hiyerarşik seviyeler ise kuruluş, bölümler, fabrikalar, operasyonel birimler, bunların faaliyetleri veya projelerden oluşabilir.

Bütçe, planlama sürecinin bir ürünüdür ve temel olarak kaynak ihtiyacı ve kaynak tahsisatı olmak üzere iki elemanı vardır. Kaynak ihtiyacı, kuruluşun her biriminin faaliyetini devam ettirebilmesi için ihtiyaç duyduğu paranın ifadesidir. Kaynak tahsisatı ise bu birimlere aktarılabilen gerçek para miktarıdır. Tahsisat, ihtiyacı tam olarak veya kısmen karşılar.

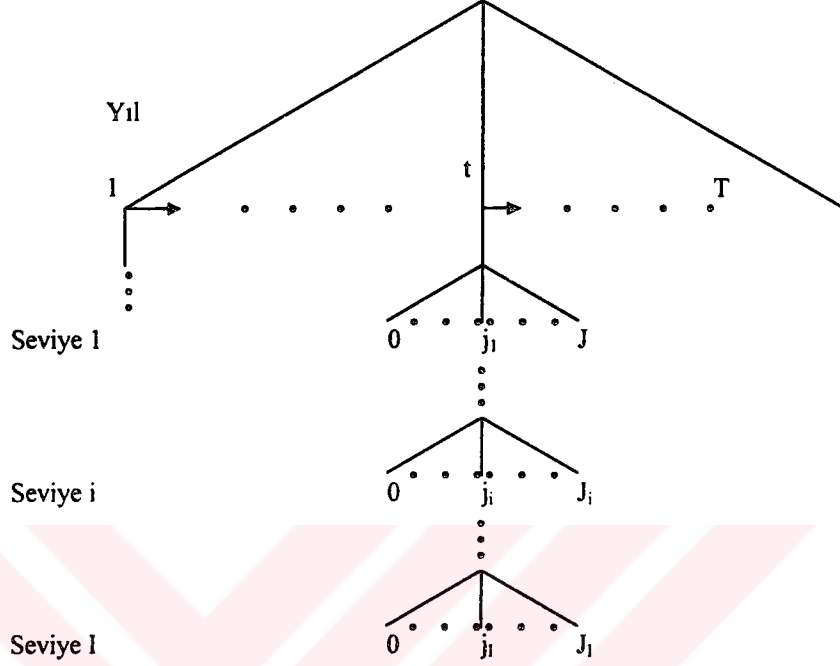
Kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesinde temel iki yaklaşım vardır: 1) Bütçe taleplerinin alınması, 2) Maliyet simülasyonu veya maliyet analizi yapılması. Eldeki fonların ihtiyaçları karşılamaması durumunda ise ya ihtiyaçlar gözden geçirilerek belirlenir, ya da öncelikler belirlenerek fonlar tahsis edilir. Planlama sisteminin akışı Şekil.3.6.'da verilmiştir.

Şekil.3.6.'da görüldüğü gibi gelecekteki gelir ve kaynak ihtiyaçlarının kestirilmesi için tahminler yapılmaktadır. Beklenen gelir ihtiyaçları karşılırsa nihai bütçe tamamlanmış demektir. Aksi takdirde Karar Verici, ya politikaları revize ederek ya da öncelik optimizasyonu modeli kullanarak kısıtlı fonları tahsis edecektir. İhtiyaç duyulan en az para miktarları alt sınırlar olarak tanımlanabilir. Uygulamada genellikle önceki yılın tahsisatı alt sınır olarak kullanılır. Farklı senaryoların denendiği duyarlılık analizi çalışmaları da yapılabilir. Böylece kuruluşun kontrolü altında olmayan enflasyon, faiz oranları gibi dışsal koşullara bağlı faktörlerin etkisi de incelenebilir.



Şekil.3.6.Bütçeleme Sistemi Akış Şeması

Sistemin hiyerarşik yapısı Şekil.3.7.'de verilmiştir. Şebeke ifadesi yönetime basit görsel bir anlatım sunar. Ayrıca, tablo şeklindeki ifadelere ek olarak birimler ve olaylar arasındaki ilişkileri de gösterir.



Şekil.3.7. Hiyerarşik Sistemin Şebekesi

Modelde I adet hiyerarşik seviyeye sahip bir sistem ele alınmıştır. Ancak, zaman boyutunu da modele katmak için $I+1$ adet seviyeye sahip bir yönlü şebeke geliştirilmiştir. En üstte bulunan seviye tüm kuruluşun yıllık toplam tahsisatını, geriye kalan seviyeler ise sistemin hiyerarşik yapısını temsil eder. Bütçe tahsisatları şebekenin içindeki akışlardır. Her birimin (bağın) alt ve üst sınırları vardır. Yıllık toplam tahsisat ise tahmini gelir ile kısıtlıdır. Artan fonlar bir sonraki yıla aktarılmaktadır. Bu fonlar ile r_t kar oranına sahip varlığa yatırım yapıldığı kabul edilmektedir. r_t iskonto oranı bir yatırımın verim oranı olabileceği gibi, herhangi bir menkul yatırım aracının faiz oranı da olabilir. j_i , i seviyesinin bir alt birimini ifade etmek üzere modelin değişken ve parametreleri aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$X_{tj_i, j_i}$$

: t döneminde bir birime tahsis edilen bütçe

$W_{tj_1 \dots j_i}$	: t döneminde bir birimin önceliği (ağırlığı)
$L_{tj_1 \dots j_i}, U_{tj_1 \dots j_i}$	: t döneminde bir birime tahsis edilen bütçenin alt ve üst sınırı
I_t	: t dönemindeki tahmin edilen gelir
a_i	: i hiyerarşi kademesinin ağırlığı
S_t	: t döneminden $t + 1$ dönemine aktarılan fon
r_t	: S_t yatırımı için geçerli verim oranı
T	: Planlama ufku (Dönem sayısı)
J_i	: i hiyerarşi kademesinde bulunan birim sayısı
I	: Hiyerarşik kademe sayısı

Amaç fonksiyonu $\forall j_i$ için optimal tahsisat $X_{tj_1 \dots j_i}$ karar değişkeni olmak üzere:

$$Z = maks \left\{ a_0 \sum_{t=1}^T W_t X_t + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I a_i \sum_{j_1=0}^{J_1} \dots \sum_{j_i=0}^{J_i} W_{tj_1 \dots j_i} X_{tj_1 \dots j_i} \right\} \quad (3.22)$$

Kısıtlar:

(a) Tüm kuruluş seviyeleri için denge kısıtları:

$$X_t = \sum_{j_1=0}^{J_1} X_{tj_1}, \quad \forall t = 1 \dots T \quad (3.23)$$

$$X_{tj_1 \dots j_i} = \sum_{j_{i+1}=0}^{J_{i+1}} X_{tj_1 \dots j_{i+1}}, \quad \forall t = 1 \dots T, i = 1 \dots I$$

$$\forall j_1 = 0 \dots J_1, \dots, j_i = 0 \dots J_i \quad (3.24)$$

(b) Gelir Kısıtları:

$$X_t + S_t = (1 + r_{t-1})S_{t-1} + I_t \quad \forall t = 1 \dots T \quad (3.25)$$

(c) Alt ve Üst Sınırlar:

$$L_{tj_i-j_i} \leq X_{tj_i-j_i} \leq U_{tj_i-j_i} \quad \forall t = 1 \dots T, \\ i = 1 \dots I, \forall j_1 = 1 \dots J_1, \dots, j_i = 0 \dots J_i \quad (3.26)$$

Zaman birimi ay, üç ay veya bütçesi hazırlanan kuruluşun tercih ettiği bir zaman dilimi olabilir. Detay seviyesi yine birimden birime değişebilir. $X_{tj_i \dots 0}$ ($j_i = 0$) değeri $j_i = 1 \dots J_i$ alt birimlerine sahip bir birimin işletilmesi için yapılan tahsisatı ifade eder.

Modelde $T \left(1 + \sum_{i=1}^{I-1} \prod_{k=1}^i J_k \right)$ adet denge denklemi, T adet gelir kısıtı ve $T \left(1 + \sum_{i=1}^I \prod_{k=1}^i J_k \right)$ sayıda değişken ile alt ve üst sınır kısıtları vardır.

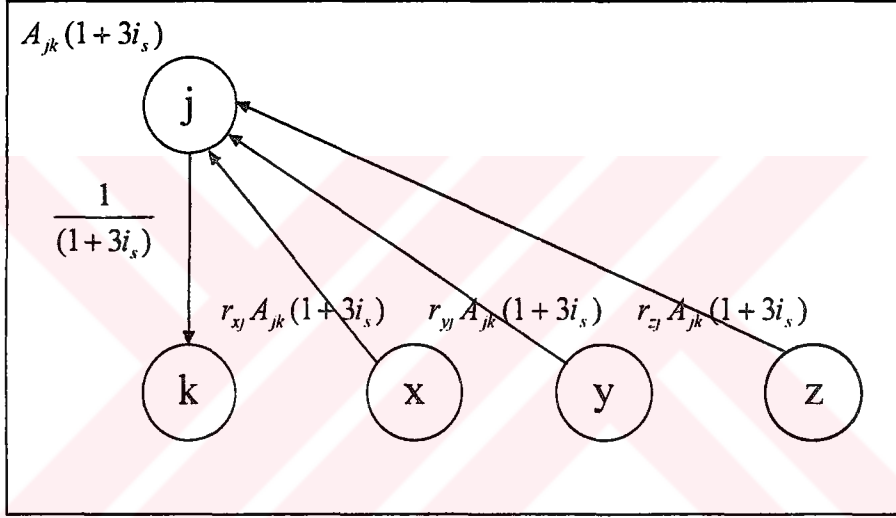
3.4.KARSAK VE YENİSEY'İN ÇALIŞMASI

Buraya kadar verilmiş bulunan nakit akışı problemlerinin şebeke analizi ile modellenmesi örneklerinde sadece salt şebeke modelleri ile genelleştirilmiş şebeke modelleri kullanılmıştır. Dikkat edilirse, yukarıda verilen örneklerde tüm finansal olaylar tek bir faaliyetten oluşmaktadır. Yani tek bir nakit akışı olayı vardır. Oysa gerçek hayatta, taksitli borçlanma, tahvil satışı gibi olaylar tek bir akıştan oluşmaz. Zira alınan bir borç karşılığında çeşitli anlarda faiz ve anapara ödemesi yapılmalıdır. Dolayısıyla ilk akışa bağlı olarak oluşan başka nakit akışları sözkonusudur. Birbirine bağlı faaliyetlerden (akışlardan) oluşan problemlerin modellenmesi, sadece genelleştirilmiş şebeke modelleri kullanılarak yapılamaz. Faaliyetler üzerine, diğer akışlarla olan bağlantıları ifade edecek ek kısıtların yerleştirilmesi gerekir. Karsak ve Yenisey (1994) bu durumu gözönüne alarak çalışmalarında nakit akışı problemlerinin çözümünde Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modellerini uygulamıştır. Ek kısıtlı genelleştirilmiş şebeke modellerinin karışım ve ayrıştırma süreçlerini kullanarak,

yukarıda bahsedilen türdeki finansal olaylar modellenmiştir.

Bir örneği Şekil.3.8’de görülen karışım süreci tüketici kredisi, tahvil satışı, gelir ortaklığı senedi gibi taksitli borçlanma araçlarının modellenmesinde kullanılır.

Burada j karışım noktasını, (j,k) faaliyeti borçlanma sonucu nakit girişini, (x,j) , (y,j) ve (z,j) faaliyetleri ilerideki dönemlerde bu borçlanma için yapılacak nakit çıkışlarını, r_{xj} , r_{yj} ve r_{zj} sırasıyla x , y ve z zaman noktalarındaki nakit çıkışlarının toplam nakit çıkışına oranlarını göstermektedir ve bu oranların toplamı bire eşittir.



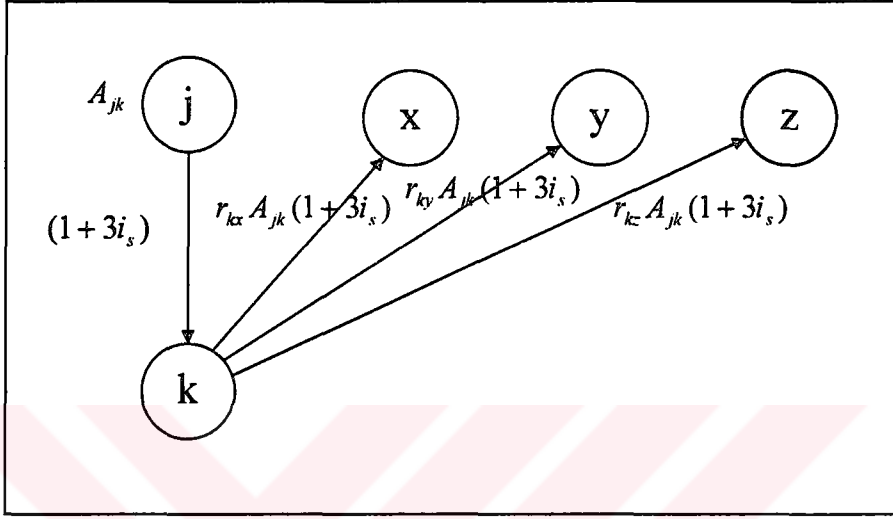
Şekil.3.8.Karışım Sürecinin Taksitli Borçlanmaya Uygulanması

Burada, üç dönem vadeli ve dönem başına i_s faizli A_{jk} miktarında borçlanma örnek verilmiştir. Eğer (j,k) faaliyeti tahvil satışını gösterirse, zaman içinde belli noktalarda faiz ödemeleri ve süre bitiminde faiz ile birlikte anapara ödemesi yapılacaktır. Bu durumda (x,j) ve (y,j) faaliyetleri faiz ödemelerini, (z,j) faaliyeti ise faiz ile birlikte anapara ödemesini göstermektedir. Faiz oranının i_s olması durumunda r_{xj} , r_{yj} ve r_{zj} ek kısıtları şöyle hesaplanır:

$$r_{xj} = r_{yj} = \frac{i_s}{(1 + 3i_s)}$$

$$r_j = \frac{(1+i_s)}{(1+3i_s)}$$

Ayrıştırma süreci ise tahvil ve gelir ortaklığı senedi alımları gibi yatırım araçlarının modellenmesinde kullanılır. Şekil.3.9.'da ayrıştırma sürecine bir örnek verilmiştir.



Şekil.3.9.Ayrıştırma Sürecinin Taksitli Borç Almaya Uygulanması

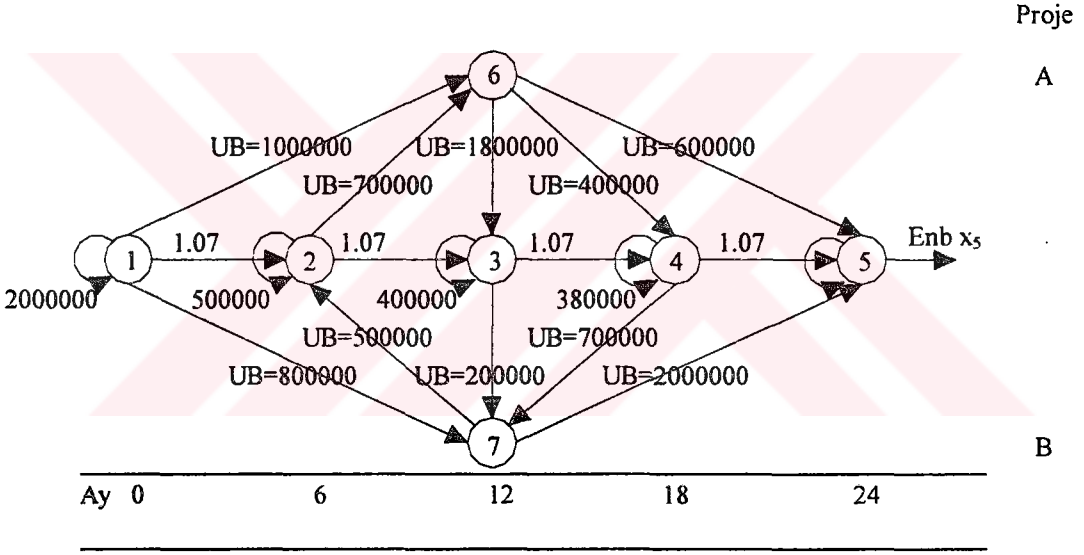
Burada k ayrıştırma noktasını, (j,k) faaliyeti tahvil ya da gelir ortaklığı senedi gibi bir finansal varlık alımı ile gerçekleşen nakit çıkışını, (k,x) , (k,y) ve (k,z) faaliyetleri gelecek dönemlerde bu yatırım sebebiyle oluşacak nakit girişlerini, r_{kx} , r_{ky} ve r_{kz} sırasıyla x , y ve z zaman noktalarındaki nakit girişlerinin toplam nakit girişine oranlarını göstermektedir ve bu oranların toplamı bire eşittir.

Burada, üç dönem vadeli ve dönem başına i_s faiz getirili A_{jk} miktarında yatırım örnek verilmiştir. Eğer (j,k) faaliyeti tahvil alımını gösterirse, zaman içinde belli noktalarda faiz geliri gelecek ve süre bitiminde faiz ile birlikte anapara tahsilatı yapılacaktır. Bu durumda (k,x) ve (k,y) faaliyetleri faiz gelirlerini, (k,z) faaliyeti ise faiz ile birlikte anapara tahsilatını göstermektedir. Faiz oranının i_s olması durumunda r_{kx} , r_{ky} ve r_{kz} ek kısıtları şöyle hesaplanır.

$$r_{kx} = r_{ky} = \frac{i_s}{(1 + 3i_s)}$$

$$r_{kz} = \frac{(1 + i_s)}{(1 + 3i_s)}$$

Çalışmanın uygulamasında şebekesi Şekil.3.10.'da görülen problem çözülmüştür. Bu problemde bir işletmenin alternatif iki projeye yatırım yapması ve artan fonlarını %14 faiz oranıyla 6 ay vadeli mevduat hesabında değerlendirmesi incelenmiştir. Projelerin nakit akışları Tablo.3.1.'de verilmiştir. Şirket bu nakit akışları dışında daha önceki faaliyetlerinden 6.ay sonunda 500,000.-TL, 12.ay sonunda 400,000.-TL ve 18.ay sonunda 380,000.-TL'lık bir nakit girişi elde edecektir. Şirketin başlangıçta elinde bulunan para ise 2,000,000.-TL dir.



Şekil.3.10.Karsak ve Yenisey'in Modeli

Tablo.3.1.Karsak ve Yenisey'in Modelinin Nakit Akışları (TL olarak)

Proje	0	6 ay	12 ay	18 ay	24 ay
A	-1,000,000	-700,000	1,800,000	400,000	600,000
B	-800,000	500,000	-200,000	-700,000	2,000,000

Bu modelde A ve B projelerine ayrılan paralara göre daha sonra bu projelere yapılacak nakit akışları için (2,6), (6,3), (6,4) ve (6,5) akışları üzerine (1,6) akışına göre olmak üzere 4 ek kısıt ile (7,2), (3,7), (4,7) ve (7,5) akışları üzerine de (1,7)

akışına göre olmak üzere 4 ek kısıt konulmuştur. Amaç ise x_{55} akışını en büyükmektir. Bağlardaki para akışı x_{ij} karar değişkeni olmak üzere model şöyle yazılır:

Amaç Denklemi:

$$MaksZ = x_{55} \quad (3.27)$$

Kısıtlar:

Denge Kısıtları:

$$+x_{12} + x_{16} + x_{17} = 2000000 \quad (3.28)$$

$$-1.07x_{12} - x_{72} + x_{23} + x_{26} = 500000 \quad (3.29)$$

$$-1.07x_{23} - x_{63} + x_{34} + x_{37} = 400000 \quad (3.30)$$

$$-1.07x_{34} - x_{64} + x_{45} + x_{47} = 380000 \quad (3.31)$$

$$-1.07x_{45} + x_{55} - x_{65} - x_{75} = 0 \quad (3.32)$$

$$x_{63} + x_{64} + x_{65} - x_{16} - x_{26} = 1100000 \quad (3.33)$$

$$x_{72} + x_{75} - x_{17} - x_{37} - x_{47} = 800000 \quad (3.34)$$

Ek Kısıtlar:

$$0.7x_{16} - x_{26} = 0 \quad (3.35)$$

$$1.8x_{16} - x_{63} = 0 \quad (3.36)$$

$$0.4x_{16} - x_{64} = 0 \quad (3.37)$$

$$0.6x_{16} - x_{65} = 0 \quad (3.38)$$

$$0.625x_{17} - x_{72} = 0 \quad (3.39)$$

$$0.25x_{17} - x_{37} = 0 \quad (3.40)$$

$$0.875x_{17} - x_{47} = 0 \quad (3.41)$$

$$2.5x_{17} - x_{75} = 0 \quad (3.42)$$

Alt ve Üst Sınırlar:

$$x_{16} \leq 1000000 \quad (3.43)$$

$$x_{26} \leq 700000 \quad (3.44)$$

$$x_{63} \leq 1800000 \quad (3.45)$$

$$x_{64} \leq 400000 \quad (3.46)$$

$$x_{65} \leq 600000 \quad (3.47)$$

$$x_{17} \leq 800000 \quad (3.48)$$

$$x_{72} \leq 500000 \quad (3.49)$$

$$x_{37} \leq 200000 \quad (3.50)$$

$$x_{47} \leq 700000 \quad (3.51)$$

$$x_{75} \leq 2000000 \quad (3.52)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (3.53)$$

Yukarıda verilmiş bulunan çalışmalar birbirleriyle mukayese edildiğinde elde edilecek sonuçlar Tablo.3.2.'de özetlenmiştir.

Tablo.3.2.Nakit Akışlarının Şebeke Analizi ile Modellenmesi Çalışmalarının Mukayesesi

	Golden ve diğerleri	Crum ve Nye	Sinuany-Stern	Karsak ve Yenisey
Şebeke yapısı	Genelleştirilmiş	Genelleştirilmiş	Genelleştirilmiş	Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş
Dönem Sayısı	Uzun	Uzun	Uzun	Dört Dönem
Paranın Zaman Değeri	Var	Var	Var	Var
Hiyerarşik	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
Amaç denklemi	Tek Amaçlı	Hedef Programlama Yaklaşımı	Çok Amaçlı	Tek Amaçlı
Enflasyon etkisi	Yok	Yok	Yok	Yok

BÖLÜM 4.ÜNİVERSİTE PLANLAMASI ÇALIŞMALARI

Üniversitelerin uzun dönemli planlaması öteden beri yöneylem araştırması üzerinde çalışanların ilgisini çekmiştir. Bu bölümde yöneylem araştırmasının çeşitli yöntemleri ile yapılmış planlama çalışmalarına yer verilecektir

4.1.SCHROEDER'İN ÇALIŞMASI

İlk olarak ele alınacak çalışma Schroeder (1974)'in çalışmasıdır. Schroeder çalışmasında üniversite yönetiminde kaynak planlaması probleminin çözümü için hedef programlamayı önermiştir.

Ancak, Schroeder'in çalışmasına geçmeden önce Hedef Programlama ile ilgili açıklayıcı bilgilerin verilmesi, kullanılan notasyonun ve modelin anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

Çok Amaçlı Karar Verme konusu içinde değerlendirilen Hedef Programlamanın temeli, karar vericinin amaçlar için belirlediği bir takım önceliklere dayanır (Ignizio, 1979). Yöntem, en büyük öncelik verilen amacı önce sağlayıp daha sonra diğer amaçlara geçer. Hedef programlamanın genel formülasyonu vektör notasyonu ile şöyle ifade edilir:

Amaç denklemi:

$$\text{Min}[P_1h_1(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+), P_2h_2(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+), \dots, P_rh_r(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+)] \quad (4.1)$$

Kısıtlar:

$$g_j(\mathbf{x}) \leq 0 \quad j=1, \dots, m \quad (4.2)$$

$$f_i(\mathbf{x}) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1, \dots, k \quad (4.3)$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad (4.4)$$

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

Burada b_i , i 'nci amaç fonksiyonu için karar vericinin öngördüğü değerler, d_i^- ve d_i^+ sapma değişkenleri, $h_r(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+)$ başarıma fonksiyonu ve P_r ise r 'inci hedefe verilen önceliklidir. Amaç, görüldüğü gibi sapmaları enküçükmektir.

Schroeder'in çalışmasında hedefler şu şekilde tarif edilmiştir: 1) Fakülte akademik personel miktarı, 2) İdari personel-akademik personel oranı, 3) Akademik personelin hiyerarşik dağılımı, ve 4) Araştırma görevlisi-akademik personel oranı şeklinde belirlenmiştir. Yıllık eldeki para miktarı ve akademik personel akışı kısıtları altında bu hedeflere mümkün olduğunca yaklaşma amaçlanmıştır. Karar değişkenleri, planlama dönemi boyunca her akademik birimdeki akademik personel sayısı, idari personel sayısı, araştırma görevlisi miktarıdır.

Model ise şu şekildedir:

Değişkenler:

f'_{ij} : t döneminin başında, j akademik biriminin i kademesinde bulunan akademik personel sayısı

x'_{ij} : t döneminin başında, j akademik biriminin i kademesi için alınan yeni akademik personel sayısı

w'_j : t döneminin başında, j akademik biriminde bulunan araştırma görevlisi sayısı

z'_j : t döneminin başında, j akademik biriminde bulunan idari personel sayısı

Aksi belirtilmedikçe, tüm değişkenler pozitif veya sıfır olmak üzere, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$ ve $t = 1, \dots, T$ dir.

Sabitler:

- c'_{ij} : t döneminde, j biriminde, i kademesinde bulunan bir akademik personele ödenen ücret
- g'_j : t döneminde, j biriminde istenen akademik personel hedefi
- b'_j : t döneminde, j biriminin i kademesinde bulunan akademik personelin toplam akademik personele oranının arzu edilen seviyesi
- D'_j : j biriminin i kademesinde t döneminden $t + 1$ dönemine aktarılan akademik personel yüzdesi
- P'_j : t döneminde j biriminde $i - 1$ kademesinden i kademesine terfi eden akademik personel yüzdesi
- U'_j : t döneminde, j birimine yeni alınacak akademik personel sayısının üst sınırı
- d'_j : t döneminde, j biriminde istenen araştırma görevlisi-akademik personel oranı
- a'_j : t döneminde, j biriminde çalışan bir araştırma görevlisinin maliyeti
- R'_j : t döneminde, j birimindeki idari personelin akademik personele oranının istenen seviyesi
- A'_j : t döneminde, j biriminde çalışan idari personelin birim maliyeti
- r'_j : j biriminde t döneminden $t + 1$ dönemine aktarılan idari personel yüzdesi
- B' : t döneminde elde bulunan toplam para

Kısıtlar:

Akademik personel akışı:

$$f'^{t+1}_{ij} = D'_{ij} f'^t_{ij} + x'^{t+1}_{ij} + P'_{ij} f'_{i-1,j}, \quad t = 1, \dots, T - 1$$

$$f_{ij}^1 = f_{ij}^0 + x_{ij}^1, \quad f_{ij}^0 \text{ verilmiş} \quad (4.5)$$

Akademik personel istihdamının üst sınırı:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij}^1 \leq U_j' \quad (4.6)$$

İdari personel azalması:

$$z_j^{t+1} \geq r_j' z_j' \quad (4.7)$$

Personel bütçesi:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}' f_{ij}' + \sum_{j=1}^n a_j' w_j' + \sum_{j=1}^n A_j' z_j' \leq B' \quad (4.8)$$

Hedef kısıtları:

$$\sum_{i=1}^m f_{ij}' + y_{j1}^{\prime-} - y_{j1}^{\prime+} = g_j' \quad (\text{Akademik personel hedefi}) \quad (4.9)$$

$$w_j' - d_j' \sum_{i=1}^m f_{ij}' + y_{j2}^{\prime-} - y_{j2}^{\prime+} = 0 \quad (\text{Araştırma Görevlisi oranı hedefi}) \quad (4.10)$$

$$z_j' - R_j' \sum_{i=1}^m f_{ij}' + y_{j3}^{\prime-} - y_{j3}^{\prime+} = 0 \quad (\text{İdari Personel oranı hedefi}) \quad (4.11)$$

$$f_{ij}' - b_{ij}' \sum_{i=1}^m f_{ij}' + y_{ij4}^{\prime-} - y_{ij4}^{\prime+} = 0 \quad (\text{Aka.Pers.hiyerar. dağıl. hedefi}) \quad (4.12)$$

Amaç denklemi:

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^T & \left(M_{j1}^{\prime-} y_{j1}^{\prime-} + M_{j1}^{\prime+} y_{j1}^{\prime+} + M_{j2}^{\prime-} y_{j2}^{\prime-} + M_{j2}^{\prime+} y_{j2}^{\prime+} + M_{j3}^{\prime-} y_{j3}^{\prime-} + M_{j3}^{\prime+} y_{j3}^{\prime+} \right) \\ & + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T \left(M_{ij4}^{\prime-} y_{ij4}^{\prime-} + M_{ij4}^{\prime+} y_{ij4}^{\prime+} \right) \end{aligned} \quad (4.13)$$

Bu formülasyondaki $y_{jn}^{\prime-}$ ile $y_{jn}^{\prime+}$ sapma değişkenleri ve $M_{jn}^{\prime-}$ ile $M_{jn}^{\prime+}$ ise hedeflerin öncelikleridir.

Yukarıda anlatılan modelde görüldüğü gibi, sadece personel bütçesi gözönüne alınmıştır. Ancak, bir üniversitedeki faaliyetlerin bununla sınırlı olamayacağı açıktır.

4.2.MASSY’NİN ÇALIŞMASI

Massy (1976) çalışmasında üniversitenin bağış ve vakıflarından elde edilecek gelirler için bir dinamik denge modeli önermiştir. Bu modelde mevcut vakıf gelirleri ile vakfa yapılan yeni bağışların değişimi incelenmiş ve bu değişimin etkileri tartışılmıştır. Massy’nin modeli şöyledir.

Değişkenler:

- B_t : t dönemindeki işletme bütçesi (Desteklenen araştırma giderleri hariç olmak üzere tüm harcamaları içerir.)
- I_t : t dönemindeki işletme gelirleri (Vakıf gelirleri dışındaki gelirleri içerir.)
- E_t : Vakıf kıymetlerinin t dönemi başındaki pazar değeri
- Δ_t : t dönemindeki yeni bağışlar
- h : Yeni bağışların mevcut vakıf değerlerine oranı
- V_t : Gerçek işletme bütçesinin t dönemindeki varyansı (Pozitif değerler zararı gösterir.)
- r : Maliyet artış oranı (Ücretlerdeki artış oranı.)
- i : İşletme gelirleri artış oranı
- ρ : Toplam vakıf gelirlerinin vakıf varlıklarına oranı
- δ : Yeni bağışların artış oranı
- dT : Öğrenci katkı payları artış oranı
- p : Vakıf gelirlerinden harcanabilir olan kısmının oranı
- f : Net bütçe artış faktörü (Yeni harcama kalemlerinden dolayı olan artışlar.)

Bu değişkenler arasındaki ilişkiler aşağıdaki fark eşitlikleri sistemi aracılığıyla ifade edilir:

$$B_t = I_t + pE_t + V_t \quad (4.14)$$

$$B_t = (1 + r + f)B_{t-1} + hp\Delta_{t-1} \quad (4.15)$$

$$I_t = (1 + i)I_{t-1} \quad (4.16)$$

$$E_t = (1 + \rho - p)E_{t-1} + \Delta_{t-1} \quad (4.17)$$

$$\Delta_t = (1 + \delta)\Delta_{t-1} \quad (4.18)$$

(4.14) eşitliği bütçe dengesini, (4.15) eşitliği harcamalardaki artışı, (4.16) eşitliği işletme gelirlerindeki artışı, (4.17) eşitliği vakıf değerlerindeki artışı ve (4.18) eşitliği de vakfa yapılan bağışlardaki artışı ifade eder.

Tüm t dönemleri için $V_t = 0$ olması arzu edilir. Birinci derece denge koşulları ise şöyle yazılır:

$$(r + f - i)B_0 = p\Delta_0(1 - h) + (\rho - p - i)pE_0 \quad (4.19)$$

$$B_0 = I_0 + pE_0 \quad (4.20)$$

Bu iki denklem herhangi iki değişken için diğerleri sabit tutularak çözülebilir. Bazı ilginç çözümler şu şekilde elde edilebilir.

B ve I : Bir harcama azaltma ve gelir artırma programı için hedefler

I ve E : Bir fon artırıcı kampanya için hedefler

B ve p : Vakıf gelirlerinin harcanması kuralındaki ayarlamalara dayanan harcama düşürme programı için hedefler

f ve dT : Net bütçe artışı ve katkı payı artışı arasındaki ödünleşme

Birinci derece denge koşullarının $R_0 = pE_0/B_0 = 1 - I_0/B_0$ olmak üzere aşağıdaki şekilde yeniden yazılması faydalı olabilir.

$$r + f = i(1 - R_0) + \left[\rho + (1 - h)\frac{\Delta_0}{E_0} - p \right] R_0 \quad (4.21)$$

R_0 bütçenin vakıf gelirlerinden karşılanan kısmını ifade eder.

İkinci derece denge koşulları aşağıda verilmiştir.

$$(r + f - \rho + p)(i - \rho + p)E_0 = \Delta_0[r + f + i - \delta - \rho + p + h(\delta - i)] \quad (4.22)$$

$$(r + f - \rho + p)(r + f - i)B_0 = p\Delta_0[\delta - i - h(\delta - i - \rho + p + r + f)] \quad (4.23)$$

$$B_0 = I_0 + pE_0 \quad (4.20)$$

Bu sistem ise herhangi üç değişken için diğerleri sabit tutularak çözülebilir. Birden fazla kök olması durumunda V_3 'ü enküçükleyecek olanı seçilir. İkinci derece model Δ_0 'nin artış oranını da içermesi açısından birinci derece modelden farklıdır. Artış parametresi δ birinci derece koşullarda yoktur.

4.3.SOYIBO VE LEE'NİN ÇALIŞMASI

Soyibo ve Lee'nin (1986) çalışmasında beş yıllık bir planlama dönemi için, sekiz fakülteye sahip bir üniversitenin tümünün kaynak tahsisatını planlayacak bir büyük ölçekli çok amaçlı planlama modeli önerilmiştir. Model, Schroeder'in (1974) çalışmasının genişletilmiş halidir. Öncelikle yeni öğrenci alımı hedeflenmiştir. İkinci hedef ise akademik kadrodur.

Modelin formülasyonu aşağıda verilmiştir.

Karar Değişkenleri:

X_{ijt} : t dönemi başında, j fakültesinde, i kademesinde bulunan akademik personel sayısı

Y_{ijt} : t dönemi başında, j fakültesinde, i kademesinde yeni istihdam edilen akademik personel sayısı

$1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq t \leq T$ ve $X_{ijt}, Y_{ijt} \geq 0$ olmak üzere

Parametreler:

- C_{ijt} : t döneminde, j fakültesinde, i kademesindeki akademik personelin ortalama ücreti
- B_t : t dönemi başındaki akademik personel bütçesi
- g_{jt} : t döneminde, j fakültesinde arzu edilen akademik personel seviyesi
- α_{ijt} : t döneminde, j fakültesinde, i kademesinde bulunan akademik personelin yüzdesi
- β_{ijt} : j fakültesinde, i kademesinde, t döneminden t+1 dönemine aktarılan akademik personelin yüzdesi
- γ_{ijt} : t döneminde, j fakültesinde, i-1 kademesinden i kademesine terfi eden akademik personel yüzdesi
- U_{jt} : t döneminde, j fakültesine yeni alınacak akademik personelin üst sınırı
- S_{jt} : t döneminde, j fakültesine arzu edilen yeni öğrenci kontenjanı
- h_{jt} : t döneminde, j fakültesinde arzu edilen öğrenci/öğretim elemanı oranı

Kısıtlar:

$$X_{ijt+1} = \beta_{ijt} X_{ijt} + Y_{ijt+1} + \gamma_{ijt} X_{i-1,jt} , \text{ tüm } i,j,t' \text{ ler için} \quad (4.24)$$

$$\sum_i X_{ijt} + d_{1jt}^- - d_{1jt}^+ = g_{jt} , \text{ tüm } j,t' \text{ ler için} \quad (4.25)$$

$$\sum_i X_{ijt} + d_{2jt}^- - d_{2jt}^+ = \frac{S_{jt}}{h_{jt}} , \text{ tüm } j,t' \text{ ler için} \quad (4.26)$$

$$\sum_{i \in \rho} X_{ijt} - \alpha_{ijt} \sum_i X_{ijt} + d_{3jt}^- - d_{3jt}^+ = 0 , \text{ tüm } i \in \rho, j,t' \text{ ler için} \quad (4.27)$$

$$\rho = \{A, B, C\}$$

$$A = \{i = 1,2\} : \text{ Yardımcı okutman ve okutmanlar}$$

$$B = \{i = 3\} : \text{ Yardımcı doçentler}$$

$$C = \{i = 4,5\} : \text{ Doçent ve profesörler}$$

$$\sum_i Y_{ijt} + d_{4jt}^- - d_{4jt}^+ = U_{jt} , \text{ tüm } j,t' \text{ ler için} \quad (4.28)$$

$$\sum_i \sum_j C_{ijt} X_{ijt} + d_{5t}^- - d_{5t}^+ = B_t, \text{ tüm } t\text{'ler için} \quad (4.29)$$

Burada da yine d_{ni}^- ve d_{ni}^+ ler hedef programlamaya özgü sapma değişkenleridir.

Amaç denklemi:

Öncelikler:

- P_1 : Planlama ufkunda her dönemin başında her fakülte için arzu edilen öğrenci/öğretim elemanı oranını sağlayacak yeterli akademik personel bulunmalıdır.
- P_2 : Akademik kademe dağılımı hedefine mümkün olduğunca ulaşılmalıdır.
- P_3 : Yeni alınacak akademik personelin üst sınırı ve akademik personel seviyesi hedefi aşılmamalıdır. (Yeni alınacak personelin üst sınırını aşmama hedefi akademik personel seviyesini aşmama hedefine göre iki misli öneme sahiptir.)
- P_4 : Tüm hedeflere mümkün olduğunca düşük bütçe ile ulaşılmalıdır.

Bu önceliklerin ışığı altında amaç denklemi şu şekilde yazılır.

$$\begin{aligned} MinZ = & P_1 \sum_{j=1}^8 \sum_{t=1}^5 d_{2jt}^- + P_2 \sum_{i \in \rho} \sum_{j=1}^8 \sum_{t=1}^5 d_{3ijt}^+ + 2P_3 \sum_{j=2}^8 \sum_{t=1}^5 d_{4jt}^+ \\ & + P_3 \sum_{j=1}^8 \sum_{t=1}^5 d_{1jt}^- + P_4 \sum_{t=1}^5 d_{5t}^+ \end{aligned} \quad (4.30)$$

(4.24) kısıtı $t+1$ dönemindeki akademik personel sayısını ifade eder. Bu sayı, j fakültesinde i kademesinde önceki dönemden kalan personel ile $t+1$ döneminde yeni alınan ve $i-1$ kademesinden terfi eden personelin toplamıdır. (4.25) kısıtı t döneminde arzu edilen akademik personel seviyesini ifade eder. t döneminde j fakültesinde bulunan akademik personelin istenen öğrenci/öğretim elemanı oranını sağlaması için (4.26) kısıtı yazılır. (4.27) kısıtında ise akademik personelin hiyerarşik kademe dağılımı ifade edilir. Yeni alınacak akademik personel sayısının üst limiti için (4.28)

kısıtı yazılmıştır. Son olarak akademik personele ödenecek ücretlerin toplamının akademik personel bütçesini aşmaması kısıtı (4.29) denklemi ile ifade edilir.

4.4.OLIVER VE HOPKINS'İN ÇALIŞMASI

Oliver ve Hopkins (1972) çalışmalarında öğrenci kayıtları ile mezunlara olan talebi ilişkilendiren bir Denge Akış Modeli önermişlerdir. Model, programdan ayrılma oranlarının ve öğrenci/öğretmen oranlarının etkilerini içermektedir. Akışın korunumu kuralları ve öğrenci kayıtları ile ortalama akış oranları arasındaki ilişkiler kullanılmıştır.

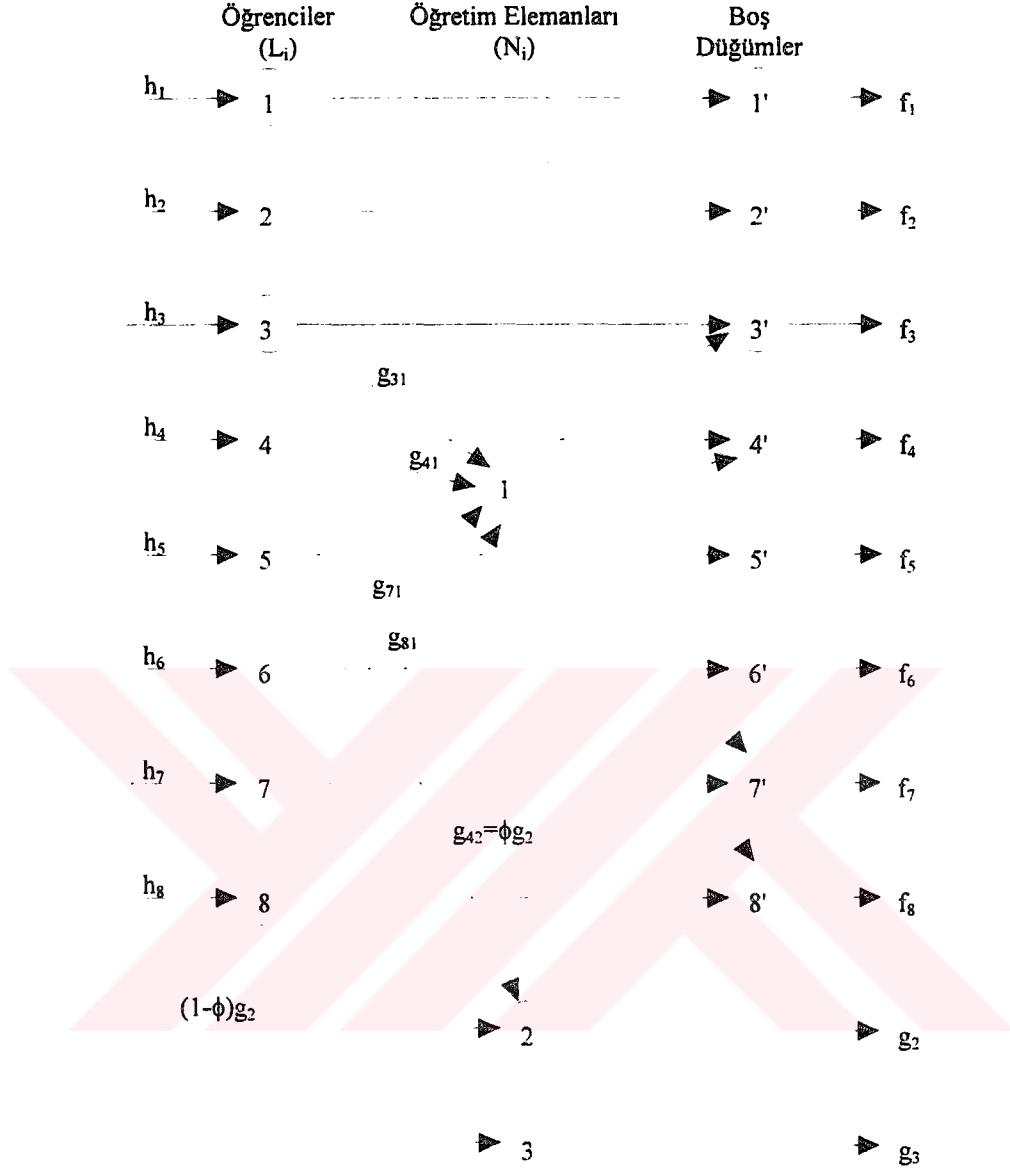
Öğrenciler modelde sekiz kategoriye ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla:

- 1.Ön lisans öğrencileri
- 2.Lisans öğrencileri
- 3.Yüksek lisans öğrencileri
- 4.Doktora öğrencileri
- 5.Ön lisans programını mezun olmadan bırakan öğrenciler
- 6.Lisans programını mezun olmadan bırakan öğrenciler
- 7.Yüksek lisans programını mezun olmadan bırakan öğrenciler
- 8.Doktora programını mezun olmadan bırakan öğrenciler

Öğretim kadrosu ise üç gruptan oluşmaktadır.

- 1.Öğretim yardımcıları: Lisans derecesi ile mezun olmuş olan öğrenciler bu kategoride çalışabilmektedirler. Dolayısıyla kaynağı 3., 4., 7. veya 8. kategorideki öğrencilerdir.
- 2.Tenure olmayan öğretimciler: Kaynağı doktora mezunları (4.kategori) ve dışarıdır.
- 3.Tenure olan öğretimciler: Kaynağı hiçbir zaman direkt olarak öğrenciler değildir.

Öğretim elemanı akışları aşağıda Şekil.4.1.'de görülmektedir.



Değişkenler:

h_i : i kategorisine yeni kaydolan öğrenci sayısı

g_{ij} : i kategorisi mezunlarına j öğretim elemanı kategorisinden olan içsel talep

f_i : i kategorisi mezunlarına olan dışsal talep

L_i : i kategorisinde bulunan ortalama öğrenci sayısı

N_j : j kategorisindeki ortalama öğretim elemanı sayısı

a_j : Bir öğrenci için j öğretmen kategorisinden gereken öğretim elemanı sayısı

- v_i : i kategorisindeki öğrencilerin ortalama eğitim süreleri
 w_j : j kategorisindeki öğretim elemanlarının ortalama görev süreleri
 γ_i : i kategorisinde eğitimini tamamlamadan ayrılan öğrenci oranı
 ϕ : Tenure olmayan öğretim elemanlarının içinde doktorasını yeni bitirenlerin oranı

Öğrenci terk oranları mevcut öğrenci sayısının bir fonksiyonu olarak dış akışı belirler ve aşağıdaki şekilde ifade edilirler.

$$f_{i+4} = \gamma_i (L_i + L_{i+4}) \quad (4.31)$$

Her öğretim elemanı tipi için bir öğretim elemanı/öğrenci oranı kullanılmaktadır. a_1 öğretim yardımcısı/öğrenci oranı, lisans seviyesindeki öğrenci sayısının doğrusal bir fonksiyonu olarak öğretim yardımcısı envanterini belirler. a_2 ve a_3 oranları ise sırasıyla tenure olmayan ve tenure öğretim elemanlarının sayılarının, öğretim yardımcıları da dahil olmak üzere toplam öğrenci sayısına göre doğrusal fonksiyonlarıdır.

Her kategorideki ortalama öğrenci sayıları ve öğretim elemanı seviyesi şu denklemlerle ifade edilir:

$$L_i = v_i h_i \quad (i = 1, 2, \dots, 8) \quad (4.32)$$

$$N_1 = w_1 (g_{31} + g_{41} + g_{71} + g_{81}) = w_1 g_1 \quad (4.33)$$

$$N_2 = w_2 g_2 \quad (4.34)$$

Öğretim elemanı ihtiyacı, mevcut öğrenci sayısı ve öğretim elemanı/öğrenci oranları kullanılarak şöyle yazılır:

$$N_1 = a_1 (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) \quad (4.35)$$

$$N_2 = a_2 \left(\sum_{i=1}^8 L_i + N_1 \right) \quad (4.36)$$

$$N_3 = a_3 \left(\sum_{i=1}^8 L_i + N_1 \right) \quad (4.37)$$

Temel denge koşulu olarak şebekedeki bir düğüme giren akışların toplamı o düğümden çıkan akışların toplamına eşittir. Öğrenimini tamamlamadan ayrılanlar için denge denklemleri aşağıdaki şekilde yazılır.

$$h_5 = f_5 = \gamma_1 (L_1 + L_5) \quad (4.38)$$

$$h_6 = f_6 = \gamma_2 (L_2 + L_6) \quad (4.39)$$

$$h_7 = f_7 = \gamma_3 (L_3 + L_7) \quad (4.40)$$

$$h_8 = f_8 = \gamma_4 (L_4 + L_8) \quad (4.41)$$

Mezun olanların denge eşitlikleri ise şu şekilde ifade edilir:

$$h_1 = f_1, h_2 = f_2, h_3 = f_3, h_4 = f_4 + g_{42} = f_4 + \phi g_2 \quad (4.42)$$

Bu denklem sistemleri, üniversite için belirlenmiş parametreler yerine konularak çözülür.

4.5.SINUANY-STERN'İN ÇALIŞMASI

Sinuany-Stern (1984), makalesinde üniversite bütçesinin belirlenmesinde geliştirdiği şebeke modelini vermiştir. Bütçeleme modelleri simülasyon ve optimizasyon ile tek dönemli ve çok dönemli olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Sinuany-Stern'in çalışmasında kaynak ihtiyaçları simülasyon, ve bütçenin bu ihtiyaçlara yetmemesi durumunda paylaştırma ise şebeke modeli ile yapılmıştır.

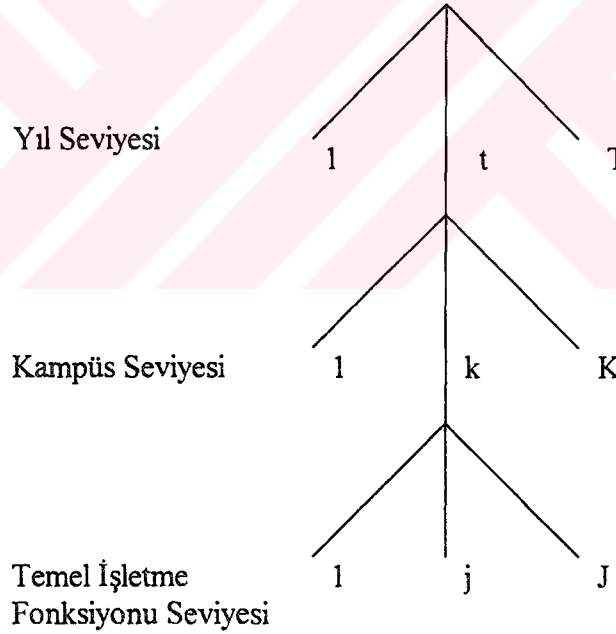
Kaynak ihtiyaçları ile gelirlerin tahmin edilmesinde öğrenci sayılarının tahminleri kullanılır. Simülasyon çalışmasından elde edilen sonuçlar ile tahmin edilen gelirler uyuyorsa sonuca ulaşılmış demektir. Aksi takdirde karar verici ya politikasını

revize ederek kısıtlı fonları tahsis edecektir, ya da ihtiyaçları üst sınır olarak kabul edip öncelikler belirleyerek optimizasyona gidecektir. Alt sınır ise faaliyetin sürdürülebilmesi için gerekli olan en az miktar olup, pratik olarak bir önceki yılın fiili harcaması alınabilir. Tahsisat, belirlenen temel işletme fonksiyonlarına, yani harcama kalemlerine göre yapılır.

Problem bir hiyerarşik şebeke modeli olarak modellenmiştir. Şekil.4.2.'de görüldüğü gibi yıllar, kampüsler ve temel işletme fonksiyonları kademeleri oluşturur.

Yıllık harcamalarda bütçe açığına izin verilmemekte, fakat gelecek yıla fon transferi mümkün olmaktadır.

Modelin formülasyonu ise şöyledir:



Şekil 4.2. Modelin Hiyerarşik Yapısı

Karar Değişkenleri:

$X_{t..}$: t yılının toplam tahsisatı

$X_{tk.}$: t yılında k kampüsünün toplam tahsisatı

X_{tkj} : t yılında k kampüsünün j harcama kaleminin toplam tahsisatı

Sabitler:

$w_{t..}$: t yılının ağırlığı

$w_{tk.}$: t yılında k kampüsünün ağırlığı

w_{tkj} : t yılında k kampüsünün j harcama kaleminin ağırlığı

$L_{t..}, U_{t..}$: t yılının toplam tahsisatının alt ve üst sınırları

$L_{tk.}, U_{tk.}$: t yılı için k kampüsünün tahsisatının alt ve üst sınırları

L_{tkj}, U_{tkj} : t yılı için k kampüsünün j harcama kaleminin tahsisatının alt ve üst sınırları

I_t : t yılı geliri

α_i : i . hiyerarşi kademesinin ağırlığı

S_t : t yılından $t + 1$ yılına aktarılan para

$t = 1, \dots, T$ T : planlama uzunluğu

$k = 1, \dots, K$ K : kampüs sayısı

$j = 1, \dots, J$ J : harcama kalemi sayısı

Amaç Denklemi:

$$\max \left\{ \alpha_3 \sum_{t=1}^T w_{t..} X_{t..} + \alpha_2 \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K w_{tk.} X_{tk.} + \alpha_1 \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J w_{tkj} X_{tkj} \right\} \quad (4.43)$$

Denge Kısıtları:

$$X_{t..} = \sum_{k=1}^K X_{tk.} \quad t = 1, \dots, T \quad (4.44)$$

$$X_{tk.} = \sum_{j=1}^J X_{tkj} \quad t = 1, \dots, T \quad k = 1, \dots, K \quad (4.45)$$

Gelir Kısıtları:

$$X_{t..} + S_t - S_{t-1} = I_t \quad (4.46a)$$

veya

$$\sum_{m=1}^t X_{m..} \leq \sum_{m=1}^t I_m \quad t = 1, \dots, T \quad (4.46b)$$

Alt ve Üst Sınırlar:

$$L_{t..} \leq X_{t..} \leq U_{t..} \quad t = 1, \dots, T \quad (4.47)$$

$$L_{tk.} \leq X_{tk.} \leq U_{tk.} \quad t = 1, \dots, T, \quad k = 1, \dots, K \quad (4.48)$$

$$L_{tkj} \leq X_{tkj} \leq U_{tkj} \quad t = 1, \dots, T, \quad k = 1, \dots, K, \quad j = 1, \dots, J \quad (4.49)$$

$T(K+1)$ adet denge eşitliği, T adet gelir kısıtı, $T[K(J+1)+1]$ adet alt ve üst sınır kısıtı vardır. Buna karşılık toplam değişken sayısı $T[K(J+1)+1]$ ’dir.

Bu modelde, ülkemizde yaşanmakta olan enflasyonist ortamın gözönüne alınmamasına dikkat edilmelidir.

Bölüm.4.’de verilmiş bulunan çalışmalar Tablo.4.1.’de özetlenmiştir. Tablo.4.1.’den de görüleceği gibi yapılmış çalışmaların bazı eksiklikleri vardır. Bunlar temel olarak kapsam, dönem uzunluğu ve enflasyon etkisi yönündendir. Bu tezin konusu olan Şebeke Analizi Yaklaşımını temel alan sadece bir çalışma vardır. Sinuany-Stern’in bu çalışmasında da sadece genelleştirilmiş şebeke formülasyonu kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışma önceden simülasyon yapılmasını gerektirmektedir. Oliver ve Hopkins’in çalışmasında ise denge modelinin ifade edilmesi için akışın korunumu kuralından faydalanılmıştır.

Tablo.4.1.Üniversite Planlama Çalışmalarının Mukayesesi

	Schroeder'in Çalışması	Massy'nin Çalışması	Soyibo ve Lee'nin Çalışması
Yaklaşım	Hedef Programlama	Dinamik Denge Modeli	Hedef Programlama
Kapsam	Akademik ve İdari Personel ile Bütçesi	Vakıf gelirleri ve Katkı Payları	Akademik Personel ve Bütçesi
Dönem	Uzun Dönemli	Uzun Dönemli	Uzun Dönemli
Ön Hazırlık	Yok	Yok	Yok
Enflasyon Etkisi	Yok	Var	Yok

Tablo.4.1.Üniversite Planlama Çalışmalarının Mukayesesi (Devam)

	Oliver ve Hopkins'in Çalışması	Sinuany-Stern'in Çalışması
Yaklaşım	Denge Modeli, Kısmen Şebeke	Genelleştirilmiş Şebeke
Kapsam	Akademik Personel ve Bütçesi, Öğrenci	Harcamalar
Dönem	Tek Dönemli	Uzun Dönemli
Ön Hazırlık	Yok	Simülasyon
Enflasyon Etkisi	Yok	Yok

BÖLÜM 5.ÇOK BİLEŞENLİ VE UZUN DÖNEMLİ ÜNİVERSİTE PLANLAMASI İÇİN EK KISITLI GENELLEŞTİRİLMİŞ BİR AKIŞ ŞEBEKESİ MODELİ

Daha önceki bölümlerde verilmiş bulunan modellerin belirtilen eksikliklerini mümkün olduğunca giderecek şekilde bir model aşağıdaki hususlarda ifadesini bulan genel felsefe ışığı altında geliştirilmiştir.

I) Devlet Üniversitesi: Modele konu edilen üniversite yapısı, kar amacı gütmeyen devlet üniversitesidir. Yani, gelirleri öncelikle ve özellikle hazine yardımı, öğrencilerden katkı payı adı altında toplanan para ve kısmen de döner sermaye gelirleridir. Ayrıca, öğrenci ve personel yedikleri yemeklere belli bir miktar para ödeyerek katkıda bulunmaktadır.

II) Çok Dönemli: Model bir devlet üniversitesini çok dönemli planlamak üzere geliştirilmiştir. Zira herhangi bir yıla ait değerlerin bir sonraki yıl planlamasında gözönüne alınarak yapılacak uzun dönemli planlamalar yöneticilerin karar vermesinde daha fazla yardımcı olacaktır. Ayrıca yılların birbirleri üzerine olan olası etkileri de dikkate alınmış olur. Burada dönem sayısı üzerine konulacak kısıt sadece ve sadece problemin çözüleceği bilgisayar yazılımı ve donanımının kapasitesidir.

III) Çok Bileşenli: Üniversiteler yapıları basit, yönetilmeleri kolay kurumlar değildir. Ülkenin geleceği için üstlendikleri çok önemli fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonlar temel olarak; i) Nitelikli meslek adamı yetiştirmek, ii) Araştırma faaliyetleri ile evrensel bilime katkıda bulunmak, iii) Bilimsel gerçeğe dayanan doğruları yayın yoluyla topluma yansıtmaktır. Dolayısıyla üniversiteler çok fazla bileşen ile bu bileşenler arasında ilişkilere sahip olan kurumlardır.

IV) Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modeli: Yukarıdaki II ve III numaralı maddelerde verilen hususlar, üniversitelerin şebeke analizi ile modellenmesinde Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modeli yaklaşımını zorunlu kılmaktadır. Yıllar arasındaki ilişkilerde akışların yanısıra akışlar üzerinde ek kısıtlar tanımlanmalıdır. Ayrıca, bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri sadece akış tipi bir ilişki değildir. Çoğu zaman bu akışların birbirleriyle olan ilişkileri için oransal ifadelerin kullanılması gerekir. Bu oransal ifadelerin şebeke analizindeki karşılığı ise ek kısıtlardır.

Geliştirilen model üniversitenin bileşenlerini i)Kişiler, ii)Harcamalar ve iii)Gelirler olmak üzere üç grupta toplar. Bu bileşenler çeşitli alt şebekelerde ifade edilirler. Bu alt şebekeler birbirlerine akışlar vasıtasıyla bağlanırlar. Bağlantılar, genellikle bir alt şebekenin sonucunun diğer alt şebekeye bağ çarpanı kullanılıp, cinsinin değiştirilerek aktarılması şeklindedir. Bazan da bir akışın diğer bileşenlerde kullanılması için eşit olarak ayrıştırılması gerekir. Bu ayrıştırma işlemi ise ek kısıtlar kullanılarak ifade edilen ayrıştırma süreci ile gerçekleştirilir. Ancak, ayrıştırma sonucunda her dalda orijinal akış miktarının olabilmesi için, ayrıştırma öncesi akış, bağ çarpanı kullanılarak artırılmalıdır. Özellikle bir şebekeden çıkan harcama ile ilgili bir dalın yönü diğer bir şebekenin bir düğümüne doğrudur. Yani varış düğümü açısından bakıldığında harcama kalemi bir arzdır. Oysa nakit akışı ile ilgili düğümlerde gelirler arz, giderler ise taleptir. Yani yönü düğümden dışarıya doğru olmalıdır. Bu durumda, gideri talep haline çevirecek bir yapının modele eklenmesi gerekir. Eğer, gelen harcama akışının iki katına eşit bir giden dış akış tanımlanırsa, bu iki akış dışında kalan akışların cebirsel toplamı gelen harcama akışına eşit olacaktır. Dolayısıyla arz, talep haline çevrilmiş olur. Bu yapı yine ek kısıtlar ve boş dış akışlar kullanılarak oluşturulur.

Türkiye'deki devlet üniversitelerinin yapıları incelendiğinde 5 tanesi kişilerle ilgili, 17 tanesi harcama kalemleriyle ilgili ve 4 tanesi de gelir kalemleriyle (Y.Ö.K., 1996) ilgili olmak üzere toplam 26 bileşen aşağıdaki şekilde tanımlanır. Bu bileşenler arzu edilen detaya göre azaltılıp çoğaltılabilir. Sadece ek kısıtlı genelleştirilmiş şebeke formülasyonu ile yukarıda anlatılan genel felsefe ışığında yeni akışların tanımlanması veya mevcut akışlardan bazılarının çıkarılması gerekir. Onun dışında modelin ve

formülasyonun felsefesine aykırı bir durum söz konusu olmaz. Örnek olarak İsrail'in yüksek öğrenim sistemi incelendiğinde, özellikle gelir ve personel yapısı bakımından benzer özellikler görülmektedir (Herskovic, 1995).

I-Kişilerle ilgili olanlar

- 1) Öğrenci (OGR)
- 2) Öğretim üyesi (OGRUY)
- 3) Araştırma görevlisi (ARGOR)
- 4) Okutman (OKT)
- 5) İdari personel (IP)

II-Harcamalarla ilgili olanlar

- 1) Yönetim giderleri
- 2) Yurt dışına gönderilen araştırma görevlileri harcamaları
- 3) Destek hizmetleri
- 4) Personel tedavi giderleri
- 5) Mediko Sosyal harcamaları
- 6) Yurt harcamaları
- 7) Öğrenci tedavi giderleri
- 8) Yemek giderleri
- 9) Yayım faaliyetleri
- 10) Kütüphane hizmetleri
- 11) Fakülteler cari giderleri
- 12) Öğretim üyesi aylıkları
- 13) Araştırma görevlisi aylıkları
- 14) Okutman aylıkları
- 15) İdari personel aylıkları
- 16) Yatırım projeleri
- 17) Araştırma faaliyetleri

III-Gelirlerle ilgili olanlar

- 1) Hazine yardımı ve döner sermaye
- 2) Öğrenci katkısı

3) Personel yemek katkısı

4) Öğrenci yemek katkısı

Ek kısıtlı genelleştirilmiş şebeke formülasyonu kullanılarak geliştirilen modelde bu bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri bağlar kullanılarak ifade edilmiştir. Modelin başlangıcı öğrenci sayısıdır. Zira üniversite kurumu birincil olarak öğrenci için vardır. Amaç ülke kalkınmasına yararlı, iyi bilgilendirilmiş ve iyi yetiştirilmiş insan gücünü arzettir. Ancak bu tek amaç değildir. Üniversitelerin ülkenin bilimsel faaliyetlerine de azami katkıyı yapması gerekir.

Modelin bileşenleri, aralarındaki ilişkilerin bağlar yardımıyla sağlandığı beş tane alt şebeke içinde ifade edilmiştir. Bu alt şebekeler sırasıyla şöyledir:

1) Öğrenci Alt Şebekesi: Mevcut, mezun olan ve yeni kaydolan öğrenci sayılarının modellendiği alt şebeke,

2) Akademik Personel Alt Şebekesi: Öğretim üyesi ile araştırma görevlilerinin sayılarının modellendiği alt şebeke,

3) Okutman Alt Şebekesi: Okutman sayılarının modellendiği alt şebeke,

4) İdari Personel Alt Şebekesi: İdari personel sayılarının modellendiği alt şebeke,

5) Nakit Akışları Alt Şebekesi: Modelin parasal yönünün (üniversitenin gelir ve giderinin) ifade edildiği alt şebeke.

Bu alt şebekeler kendi içlerinde ilgili oldukları akışları belirleyip, bileşenlere göre ayrıştırır ve diğer alt şebekelere aktarırlar. Örneğin, öğrenci alt şebekesinde öğrenci sayısı belirlendikten sonra ilgili bileşenler için onbir ayrı akışa ayrıştırılır. Bu ayrıştırmada her dala eşit akış olması için 0.05 katsayısı ile ek kısıtlar tanımlanır. Ancak 1/11 sayısı tam bölünen bir sayı olmadığı için onikinci akış tanımlanmış ve bunun katsayısı 0.45 olarak belirlenmiştir. Böylece düğüme giren akışın %5'i bileşenlere, %45 ise boş akışa aktarılmış olur. %5 sayısı her sayıyı tam olarak

böldüğü için bölme hatası önlenmiş olur. Ancak, mevcut öğrenci sayısı olduğu gibi ayrıştırılırsa her dalda asıl akışın sadece %5'i bulunacaktır. Dolayısıyla sonuçlar gerçeği yansıtmayacaktır. Bu hatayı önlemek için, mevcut öğrenci sayısı, ayrıştırmadan önce bağ çarpanı olan 20 sayısı ile çarpılarak artırılmaktadır.

Akış diğer şebekelere aktarılırken cinsi, bağ çarpanları kullanılarak değiştirilir. Örneğin, öğrenci sayısı akademik personel alt şebekesine aktarılırken, sırasıyla araştırma görevlisi/öğrenci ve öğretim üyesi/öğrenci oranları ile çarpılarak ihtiyaç duyulan araştırma görevlisi ve öğretim üyesi sayısına dönüştürülür. Yani, öğrenci cinsinden bir akış, araştırma görevlisi ve öğretim üyesi cinsine dönüştürülmüş olur. Benzer şekilde, öğrenci sayısı akışı birim katkı payı ile çarpılarak katkı payı geliri haline dönüştürülür. Burada da öğrenci sayısı paraya dönüştürülmüş olur.

5.1.ÖĞRENCİ ALT ŞEBEKESİ

Şekil.5.1.'de görülen Öğrenci Alt Şebekesi'nde mevcut, mezun ve yeni gelen öğrencilerin sayıları gözönüne alınmıştır. Mezunlar bir önceki yılın mevcut öğrencisinin belli bir oranında dış akış olarak çıkar. Yeni gelen öğrencilerin girmesiyle (kontenjanlar) bulunulan yılın mevcut öğrenci sayısı bulunur. Modelin temeli bu öğrenci sayısına dayanmaktadır.

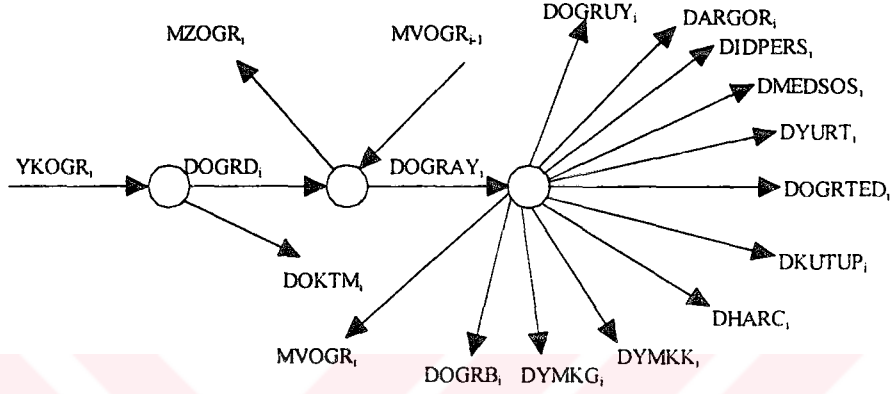
Değişkenler:

- $YKOGR_i$: i yılında yeni kaydolan öğrenci sayısı
- $DOGRD_i$: i yılında yeni kaydolan öğrenci sayısını denge düğümüne aktaran yapay akış
- $DOKTM_i$: i yılında yeni kaydolan öğrenci sayısını okutman sayısı denge düğümüne aktaran yapay akış
- $MVOGR_i$: i yılında kayıtlı bulunan mevcut öğrenci sayısı
- $MZOGR_i$: i yılında mezun olan öğrenci sayısı

$DOGRAY_i$: i yılında mevcut olan öğrenci sayısını öğrenci ayrıştırma düğümüne aktaran akış

$DOGRUY_i$: i yılında öğretim üyesi ihtiyacını belirlemek için oluşturulan bağ

$DARGOR_i$: i yılında araştırma görevlisi ihtiyacını belirlemek için oluşturulan bağ



Şekil.5.1.Öğrenci Alt Şebekesi

$DIDPERS_i$: i yılındaki idari personel ihtiyacını belirlemek için oluşturulan bağ

$DMEDSOS_i$: i yılındaki mediko sosyal hizmetleriyle ilgili harcamalar için ayrılan bağ

$DYURT_i$: i yılındaki yurt harcamaları bağı

$DOGRTEDE_i$: i yılında öğrenci tedavi giderleri bağı

$DKUTUP_i$: i yılındaki kütüphane hizmetleri masraflarından öğrencilere düşen miktar için bağ

$DHARC_i$: i yılındaki öğrenci katkı paylarının bağı

$DYMKK_i$: i yılındaki yemek giderlerine öğrenci katkısı bağı

$DYMKG_i$: i yılındaki yemek giderlerinde öğrenci payı

$DOGRB_i$: i yılında öğrencilerle ilgili ayrıştırma işleminde yuvarlatma hatasını önlemek için tanımlanan yapay dış akış

Parametreler:

$MZORN_i$: i yılında mezun olanların mevcut öğrenci sayısına oranı

Denklemler:

I) Denge Kısıtları

$$-2YKOG R_i + DOGRD_i + DOKTM_i = 0 \quad (5.1)$$

$$-DOGRD_i - MVOGR_{i-1} + MZOGR_i + DOGRAY_i = 0 \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} -20DOGRAY_i + DOGRUY_i + DARGOR_i + DIDPERS_i + DMEDSOS_i \\ + DYURT_i + DOGRTE D_i + DKUTUP_i + DHARC_i + DYMKK_i \\ + DYMKG_i + DOGRB_i + MVOGR_i = 0 \end{aligned} \quad (5.3)$$

II) Ek Kısıtlar:

$$0.5YKOG R_i - DOGRD_i = 0 \quad (5.4)$$

$$0.5YKOG R_i - DOKTM_i = 0 \quad (5.5)$$

$$0.05DOGRAY_i - DOGRUY_i = 0 \quad (5.6)$$

$$0.05DOGRAY_i - DARGOR_i = 0 \quad (5.7)$$

$$0.05DOGRAY_i - DIDPERS_i = 0 \quad (5.8)$$

$$0.05DOGRAY_i - DMEDSOS_i = 0 \quad (5.9)$$

$$0.05DOGRAY_i - DYURT_i = 0 \quad (5.10)$$

$$0.05DOGRAY_i - DOGRTE D_i = 0 \quad (5.11)$$

$$0.05DOGRAY_i - DKUTUP_i = 0 \quad (5.12)$$

$$0.05DOGRAY_i - DHARC_i = 0 \quad (5.13)$$

$$0.05DOGRAY_i - DYMKK_i = 0 \quad (5.14)$$

$$0.05DOGRAY_i - DYMKG_i = 0 \quad (5.15)$$

$$0.05DOGRAY_i - MVOGR_i = 0 \quad (5.16)$$

$$0.45DOGRAY_i - DOGRB_i = 0 \quad (5.17)$$

$$MZORN_i, MVOGR_{i-1} - MZOGR_i = 0 \quad (5.18)$$

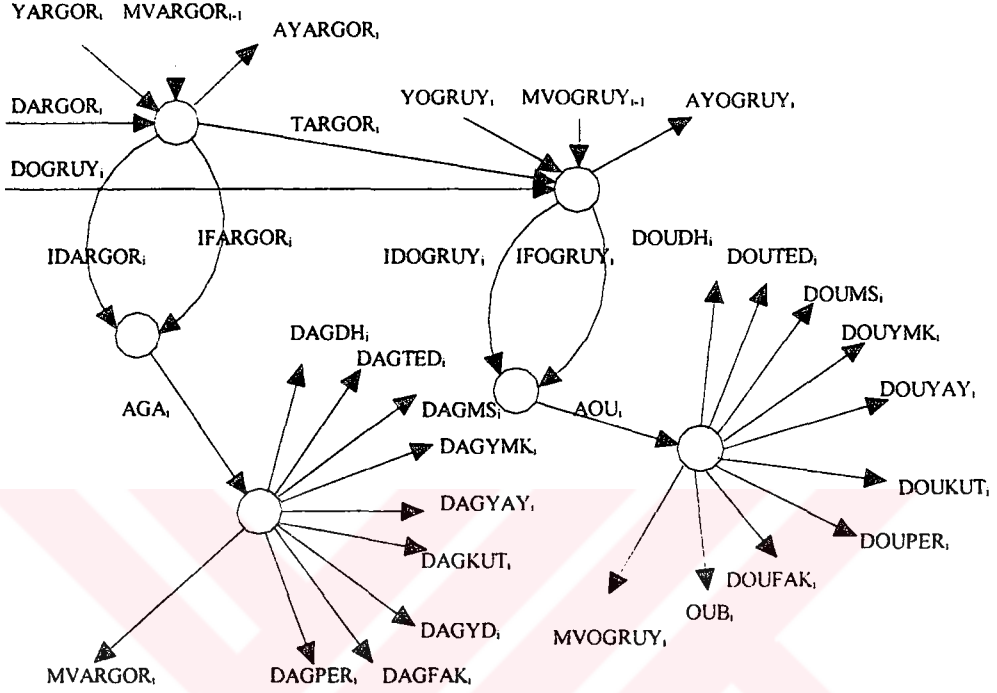
Öğrenci Alt Şebekesi'nde yeni kaydolun öğrenci sayısı ile mevcut öğrenci sayısı giriştir. Öncelikle yeni gelen öğrenci sayısı ikiye ayrışır. Bu bağlardan bir tanesi öğrenci sayısı dengesi düğümüne yeni gelen öğrenci sayısını aktarır, diğeri ise okutman ihtiyacını belirlemek üzere Okutman Alt Şebekesi'ne bağlanır. Ancak, bu ayrıştırma esnasında yeni gelen öğrencilerin bağlara ikiye bölünerek dağılması ile öğrenci sayısındaki azalmayı önlemek için yeni gelen öğrenci sayısı, ayrıştırmadan önce (5.1) kısıtında görüldüğü gibi bağ çarpanı kullanılarak iki katına çıkarılır. Ayrıca, yeni gelen öğrenci akışının her iki bağa eşit miktarda dağılması için de (5.4) ve (5.5) ek kısıtları yazılır.

Yeni gelen ve mezun olan öğrenci sayıları ile bir önceki yılın mevcut öğrenci sayısı kullanarak, (5.2) denge kısıtı yardımıyla, bulunulan yılın mevcut öğrenci sayısı bulunur. Bu sayı, (5.3) kısıtı ile yukarıda anlatılana benzer düşünce yapısı ile modele konu olan bileşenlerde kullanılmak üzere 12 bağa ayrıştırılır. Bu bağlardan 10 tanesi diğeri alt şebekelere, bir tanesi de öğrenci alt şebekesinin bir sonraki yılına mevcut öğrenci sayısını aktarır. 12. bağ ise ayrıştırma sırasında ortaya çıkabilecek yuvarlatma hatasını ortadan kaldırmak amacıyla tanımlanmıştır. Burada da her bağa eşit miktarda akış olması için (5.6) ile (5.17) arasındaki ek kısıtlar tanımlanır. Mezun olan öğrencilerin sayısı bir önceki yılın mevcut öğrenci sayısına bağlı olarak (5.18) kısıtı ile belirlenir.

5.2.AKADEMİK PERSONEL ALT ŞEBEKESİ

Akademik personel alt şebekesi, öğrenci sayısına göre öğretim üyesi ve araştırma görevlisi sayılarının belirlenerek nakit akışı alt şebekesine aktarılması için geliştirilmiştir. Bir bakıma öğrenci alt şebekesi ile nakit akışı alt şebekesi arasında bir arayüz vazifesini yerine getirmekte olan bu alt şebeke Şekil.5.2.'de görülmektedir.

Şebekeden de görüleceği gibi Akademik Personel Alt Şebekesi öğretim üyesi ve araştırma görevlisi olmak üzere iki bölümden oluşur. Her bölüm kendisi ile ilgili denge ve ek kısıtlarını içerir ve sonuçta elde edilen o yıla ait sayıları Nakit Akışı Alt Şebekesine iletir.



Şekil.5.2.Akademik Personel Alt Şebekesi

Değişkenler:

- $MVARGOR_i$: i yılında mevcut olan araştırma görevlisi sayısı
- $YARGOR_i$: i yılında yeni alınan araştırma görevlisi sayısı
- $AYARGOR_i$: i yılında ayrılan araştırma görevlisi sayısı
- $TARGOR_i$: i yılında öğretim üyeliğine terfi eden araştırma görevlisi sayısı
- $IFARGOR_i$: i yılındaki ihtiyaç fazlası araştırma görevlisi sayısı
- $IDARGOR_i$: i yılındaki araştırma görevlisi ihtiyacını talep haline çeviren yapay akış
- AGA_i : i yılında ihtiyaç duyulan ile ihtiyaç fazlası araştırma görevlisinin toplandığı akış (toplam mevcut araştırma görevlisi)

<i>DAGYD,</i>	: <i>i</i> yılında yurtdışına gönderilen araştırma görevlilerinin masrafları için ayrılan bağ
<i>DAGDH,</i>	: <i>i</i> yılındaki destek hizmetleri giderlerinin araştırma görevlilerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DAGTED,</i>	: <i>i</i> yılındaki araştırma görevlisi tedavi ve ilaç masrafları için ayrılan bağ
<i>DAGMS,</i>	: <i>i</i> yılındaki mediko sosyal masraflarının araştırma görevlilerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DAGYMK,</i>	: <i>i</i> yılındaki yemek hizmetlerinin araştırma görevlilerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DAGYAY,</i>	: <i>i</i> yılındaki yayım faaliyetlerinin araştırma görevlilerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DAGKUT,</i>	: <i>i</i> yılındaki kütüphane hizmetlerinin araştırma görevlilerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DAGFAK,</i>	: <i>i</i> yılındaki fakülteler cari harcamalarından araştırma görevlileri payına düşen bölümü için ayrılan bağ
<i>DAGPER,</i>	: <i>i</i> yılındaki araştırma görevlisi ücretleri için ayrılan bağ
<i>MVOGRUY,</i>	: <i>i</i> yılında mevcut olan öğretim üyesi sayısı
<i>YOGRUY,</i>	: <i>i</i> yılında yeni alınan öğretim üyesi sayısı
<i>AYOGRUY,</i>	: <i>i</i> yılında ayrılan öğretim üyesi sayısı
<i>IFOGRUY,</i>	: <i>i</i> yılındaki ihtiyaç fazlası öğretim üyesi sayısı
<i>IDOGRUY,</i>	: <i>i</i> yılındaki öğretim üyesi ihtiyacını talep haline çeviren yapay akış
<i>AOU,</i>	: <i>i</i> yılında ihtiyaç duyulan ile ihtiyaç fazlası öğretim üyesinin toplandığı akış (toplam mevcut öğretim üyesi)
<i>DOUDH,</i>	: <i>i</i> yılındaki destek hizmetleri giderlerinin öğretim üyelerine düşen kısmı için ayrılan bağ
<i>DOUTED,</i>	: <i>i</i> yılındaki öğretim üyesi tedavi ve ilaç masrafları için ayrılan bağ
<i>DOUMS,</i>	: <i>i</i> yılındaki mediko sosyal masraflarının öğretim üyelerine düşen kısmı için ayrılan bağ

- $DOUYMK_i$: i yılındaki yemek hizmetlerinin öğretim üyelerine düşen kısmı için ayrılan bağ
- $DOUYAY_i$: i yılındaki yayım faaliyetlerinin öğretim üyelerine düşen kısmı için ayrılan bağ
- $DOUKUT_i$: i yılındaki kütüphane hizmetlerinin öğretim üyelerine düşen kısmı için ayrılan bağ
- $DOUFAK_i$: i yılındaki fakülteler cari harcamalarından öğretim üyelerinin payına düşen bölümü için ayrılan bağ
- $DOUPER_i$: i yılındaki öğretim üyesi ücretleri için ayrılan bağ
- OUB_i : i yılındaki ayrıştırma sürecinde bölme hatalarını önlemek için tanımlanan yapay akış

Parametreler:

- $AGOR_i$: i yılında istenen araştırma görevlisi/öğrenci oranı
- $AGAYO_i$: i yılında ayrılan araştırma görevlisi yüzdesi
- $AGTO_i$: i yılında öğretim üyeliğine terfi eden araştırma görevlilerinin yüzdesi
- $OUOR_i$: i yılında istenen öğretim üyesi/öğrenci oranı
- $OUAYO_i$: i yılında ayrılan öğretim üyesi yüzdesi

Denklemler:

A) Araştırma Görevlileri

I) Denge Kısıtları:

$$-AGOR_i DARGOR_i - YARGOR_i - MVARGOR_{i-1} + AYARGOR_i + TARGOR_i + IDARGOR_i + IFARGOR_i = 0 \quad (5.19)$$

$$-IDARGOR_i - 2IFARGOR_i + AGA_i = 0 \quad (5.20)$$

$$\begin{aligned} & -5AGA_i + MVARGOR_i + DAGYD_i + DAGDH_i + DAGTED_i + DAGMS_i \\ & + DAGYMK_i + DAGYAY_i + DAGKUT_i + DAGFAK_i \\ & + DAGPER_i = 0 \end{aligned} \quad (5.21)$$

II) Ek Kısıtlar:

$$2DARGOR_i - IDARGOR_i = 0 \quad (5.22)$$

$$AGAYO_i MVARGOR_{i-1} - AYARGOR_i = 0 \quad (5.23)$$

$$AGTO_i MVARGOR_{i-1} - TARGOR_i = 0 \quad (5.24)$$

$$0.1AGA_i - DAGYD_i = 0 \quad (5.25)$$

$$0.1AGA_i - DAGDH_i = 0 \quad (5.26)$$

$$0.1AGA_i - DAGTED_i = 0 \quad (5.27)$$

$$0.1AGA_i - DAGMS_i = 0 \quad (5.28)$$

$$0.1AGA_i - DAGYMK_i = 0 \quad (5.29)$$

$$0.1AGA_i - DAGYAY_i = 0 \quad (5.30)$$

$$0.1AGA_i - DAGKUT_i = 0 \quad (5.31)$$

$$0.1AGA_i - DAGFAK_i = 0 \quad (5.32)$$

$$0.1AGA_i - DAGPER_i = 0 \quad (5.33)$$

$$0.1AGA_i - MVARGOR_i = 0 \quad (5.34)$$

B) Öğretim Üyeleri

I) Denge Kısıtları:

$$\begin{aligned} & -OUOR_i DOGRUY_i - YOGRUY_i - MVOGRUY_{i-1} - TARGOR_i + AYOGRUY_i \\ & + IDOGRUY_i + IFOGRUY_i = 0 \end{aligned} \quad (5.35)$$

$$-IDOGRUY_i - 2IFOGRUY_i + AOU_i = 0 \quad (5.36)$$

$$\begin{aligned} & -5AOU_i + MVOGRUY_i + DOUDH_i + DOUTED_i + DOUMS_i + DOUYMK_i \\ & + DOUYAY_i + DOUKUT_i + OUB_i + DOUFAK_i \\ & + DOUPER_i = 0 \end{aligned} \quad (5.37)$$

II) Ek Kısıtlar:

$$2DOGRUY_i - IDOGRUY_i = 0 \quad (5.38)$$

$$OUAYO_i, MVOGRUY_{i-1} - AYOGRUY_i = 0 \quad (5.39)$$

$$0.1AOU_i - DOUDH_i = 0 \quad (5.40)$$

$$0.1AOU_i - DOUTED_i = 0 \quad (5.41)$$

$$0.1AOU_i - DOUMS_i = 0 \quad (5.42)$$

$$0.1AOU_i - DOUYMK_i = 0 \quad (5.43)$$

$$0.1AOU_i - DOUYAY_i = 0 \quad (5.44)$$

$$0.1AOU_i - DOUKUT_i = 0 \quad (5.45)$$

$$0.1AOU_i - DOUFAK_i = 0 \quad (5.46)$$

$$0.1AOU_i - DOUPER_i = 0 \quad (5.47)$$

$$0.1AOU_i - OUB_i = 0 \quad (5.48)$$

$$0.1AOU_i - MVOGRUY_i = 0 \quad (5.49)$$

Öğrenci Alt Şebekesi'nden gelen $DARGOR_i$ akışı $AGOR_i$ parametresi ile çarpılarak ihtiyaç duyulan araştırma görevlisi sayısı, benzer şekilde $DOGRUY_i$ akışı $OUOR_i$ parametresi ile çarpılarak ihtiyaç duyulan öğretim üyesi sayısı belirlenir. Ayrılan ve öğretim üyeliğine terfi eden araştırma görevlilerinin sayıları sırasıyla $AGAYO_i$ ve $AGTO_i$ parametreleri kullanılarak (5.23) ve (5.24) kısıtları ile saptanır. (5.19) denge kısıtı yardımıyla mevcut, yeni gelen, ayrılan ve terfi eden araştırma görevlisi sayıları kullanılarak, bulunulan yılın araştırma görevlisi sayısı tesbit edilir. Ancak, $DARGOR_i$ akışı, denge kısıtının yazıldığı düğüme giren bir akıştır. Yani, bir arz sözkonusudur. Oysa, araştırma görevlisi ihtiyacının bir talep olması, yani akışın denge düğümünden çıkıyor olması gerekir. Bunu sağlamak üzere $DARGOR_i$ akışının iki katı olan $IDARGOR_i$ akışı, düğümünden çıkacak şekilde tanımlanır. Böylece $DARGOR_i$ ve $IDARGOR_i$ akışlarının dışında kalan akışların $DARGOR_i$ akışına eşit olması, yani arz durumunun talep haline dönüşmesi sağlanmış olur. Görüldüğü gibi

araştırma ihtiyacının belirlenmesi ve talep haline dönüştürülmesi, tamamıyla ek kısıtlı genelleştirilmiş şebeke işlemlerine dayanmaktadır.

Burada dikkat edilmesi gereken bir başka nokta ise, ihtiyaç fazlası araştırma görevlilerinin tekrar sisteme katılmasıdır. Eğer ihtiyaç duyulan araştırma görevlisi sayısı mevcut araştırma görevlisi sayısından küçük ve aradaki fark ayrılan araştırma görevlisi sayısından da büyük ise (5.19) kısıtı mümkün olamaz. Zira, denge kısıtı pozitif değer verir. Bu durumun bir başka yönü ise, bu ihtiyaç fazlası araştırma görevlileri zorla istifa ettirilemeyeceklerine göre tekrar sisteme katılmalı ve harcamalara sözkonusu olmalıdır. Aksi takdirde model gerçekçi sonuçlar vermez.

İhtiyaç duyulan araştırma görevlisi sayısı ile ihtiyaç fazlası araştırma görevlisi sayısı (5.20) denge kısıtı ile toplanarak (5.21) denge kısıtı ile modele konu olan bileşenlere ayrıştırılır. Bu ayrıştırma sürecinin her bağ için eşit miktarda olmasını sağlamak üzere (5.25) ile (5.34) arasındaki ek kısıtları tanımlanır. Burada, ayrıştırma sonunda her bağdaki akışın mevcut araştırma görevlisi sayısına eşit olması için AGA_i akışı, bağ çarpanı ile artırılmıştır.

Araştırma görevlileri için yukarıda bahsedilen işlemlerin benzerleri (5.35) ile (5.37) arasındaki denge kısıtları ve (5.38) ile (5.49) arasındaki ek kısıtlar kullanılarak öğretim üyeleri için de yapılmıştır. Ayrıca bölme hatasını önlemek için OUB_i yapay dış akışı tanımlanmıştır.

5.3.OKUTMAN ALT ŞEBEKESİ

Üniversitelerde eğitim ve öğretim faaliyetlerine katkısı olup da akademik kadro içinde değerlendirilmeyen bir başka öğretim elemanı grubu da okutmanlardır. Şekil.5.3'de görülen Okutman Alt Şebekesi yeni kaydolan öğrenci sayısını esas alarak ihtiyaç duyulan okutman sayısını belirler ve varsa ihtiyaç fazlası okutman sayısı ile birlikte Nakit Akışı Alt Şebekesi'ne aktarır.

- $DOYAY_i$: i yılındaki yayım faaliyetlerinin okutmanlara düşen kısmı için ayrılan bağ
- $DOPER_i$: i yılındaki okutman ücretleri için ayrılan bağ
- OB_i : i yılında yuvarlatma hatalarını önlemek için tanımlanan yapay dış akış

Parametreler:

- $OKTOR_i$: i yılında istenen okutman/öğrenci oranı
- $OKTAYO_i$: i yılında ayrılan okutman yüzdesi

Denklemler:

I) Denge Kısıtları

$$-OKTOR_i DOKTM_i - MVOKT_{i-1} - YOKT_i + AYOKT_i + IDOKTM_i + IFOKT_i = 0 \quad (5.50)$$

$$-IDOKTM_i - 2IFOKT_i + AOKT_i = 0 \quad (5.51)$$

$$-4AOKT_i + DODH_i + DATED_i + DOMS_i + DOYMK_i + DOYAY_i + DOPER_i + MVOKT_i + OB_i = 0 \quad (5.52)$$

II) Ek Kısıtlar:

$$2DOKTM_i - IDOKTM_i = 0 \quad (5.53)$$

$$OKTAYO_i MVOKT_{i-1} - AYOKT_i = 0 \quad (5.54)$$

$$0.125AOKT_i - DODH_i = 0 \quad (5.55)$$

$$0.125AOKT_i - DATED_i = 0 \quad (5.56)$$

$$0.125AOKT_i - DOMS_i = 0 \quad (5.57)$$

$$0.125AOKT_i - DOYMK_i = 0 \quad (5.58)$$

$$0.125AOKT_i - DOYAY_i = 0 \quad (5.59)$$

$$0.125 AOKT_i - OB_i = 0 \quad (5.60)$$

$$0.125 AOKT_i - DOPER_i = 0 \quad (5.61)$$

$$0.125 AOKT_i - MVOKT_i = 0 \quad (5.62)$$

Akademik Personel Alt Şebekesi'ndeki düşünce yöntemi bu alt şebekeye de uygulanmıştır. $DOKTM_i$ bağ akışı, Öğrenci Alt Şebekesi'nden yeni kaydolan öğrenci sayısını getirmektedir. $OKTOR_i$ parametresi ile çarpılan bu akış, okutman ihtiyacı haline dönüşmektedir. $IDOKTM_i$ yapay akışı kullanılarak, (5.50) denge kısıtı ile (5.53) ek kısıtı tanımlanarak bu ihtiyaç talep haline çevrilir. Bu denge kısıtı aynı zamanda ayrılan ve yeni giren okutmanları da gözönüne alarak mevcut okutman sayısını üretir. Yukarıdakine benzer şekilde ihtiyaç fazlası okutmanlar $IFOKT_i$ bağı ile sisteme katılır. Ayrılan okutman sayısı ise (5.54) ek kısıtı ile hesaplanmaktadır.

$AOKT_i$ bağında toplanan ihtiyaç duyulan okutman sayısı ile ihtiyaç fazlası okutman sayısı (5.52) denge kısıtı ile modelin nakit akışı bileşenlerinde kullanılmak üzere ayrıştırılır. Bu ayrıştırmada her dala eşit miktarda akış sağlanması için (5.55) ile (5.62) arasındaki ek kısıtlar tanımlanır. Ayrıca bölme hatasını önlemek için OB_i yapay dış akışı tanımlanmıştır.

5.4.İDARİ PERSONEL ALT ŞEBEKESİ

İdari Personel ihtiyacının belirlenmesi ve bu ihtiyacın Nakit Akışı Alt Şebekesi'ne aktarılması Şekil.5.4.'de görülen İdari Personel Alt Şebekesi ile gerçekleştirilir.

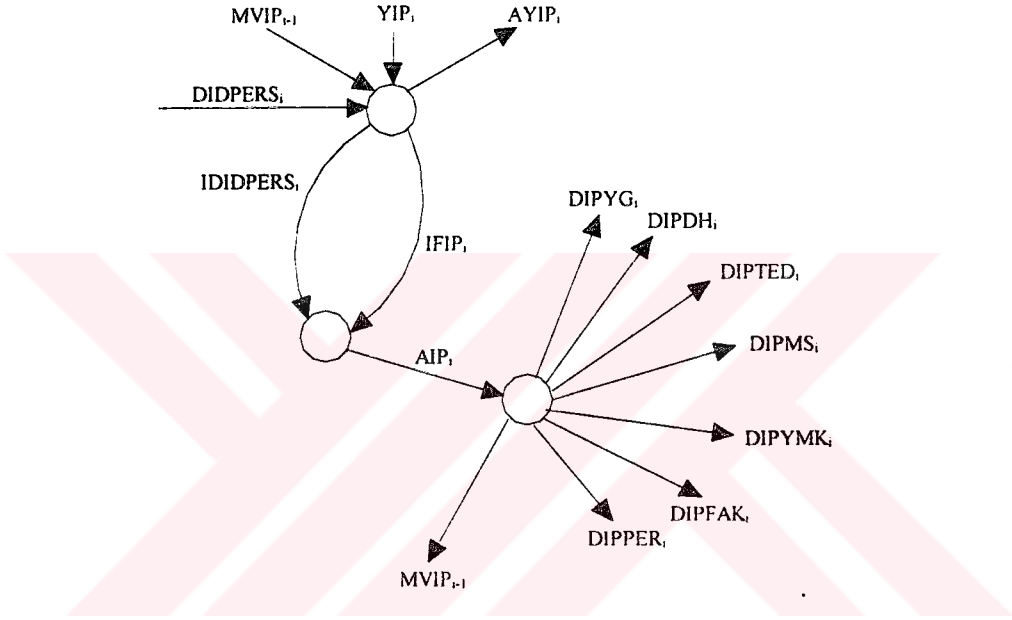
Değişkenler:

$MVIP_i$: i yılındaki mevcut idari personel sayısı

YIP_i : i yılında yeni alınan idari personel sayısı

$AYIP_i$: i yılında ayrılan idari personel sayısı

- $IDIDPERS_i$: i yılındaki idari personel ihtiyacını talep haline çeviren yapay akış
- $IFIP_i$: i yılındaki ihtiyaç fazlası idari personel sayısı
- AIP_i : i yılında ihtiyaç duyulan ile ihtiyaç fazlası idari personelin toplandığı akış
- $DIPYG_i$: i yılındaki yönetim giderlerinin idari personele düşen kısmı için ayrılan bağ



Şekil.5.4.İdari Personel Alt Şebekesi

- $DIPDH_i$: i yılının destek hizmetleri giderlerinden idari personele düşen pay için ayrılan bağ
- $DIPTED_i$: i yılında idari personel tedavi giderleri için ayrılan bağ
- $DIPMS_i$: i yılındaki mediko sosyal hizmetleri giderlerinden idari personelin payına düşen kısım için ayrılan bağ
- $DIPYMK_i$: i yılındaki yemek hizmetlerinin idari personelin payına düşen kısım için ayrılan bağ
- $DIPFAK_i$: i yılının fakülteler cari harcamalarından idari personelin payına düşen kısmı için ayrılan bağ
- $DIPPER_i$: i yılındaki idari personel ücretleri için ayrılan bağ

Parametreler:

$IPOR_i$: i yılında istenen idari personel/öğrenci oranı

$IPAYO_i$: i yılında ayrılan idari personelin yüzdesi

Denklemler:

I) Denge Kısıtları

$$-IPOR_i DIDPERS_i - MVIP_{i-1} - YIP_i + AYIP_i + IDIDPERS_i + IFIP_i = 0 \quad (5.63)$$

$$-IDIDPERS_i - 2IFIP_i + AIP_i = 0 \quad (5.64)$$

$$\begin{aligned} -4AIP_i + DIPYG_i + DIPDH_i + DIPTED_i + DIPMS_i + DIPYMK_i \\ + DIPFAK_i + DIPPER_i + MVIP_i = 0 \end{aligned} \quad (5.65)$$

II) Ek Kısıtlar

$$2DIDPERS_i - IDIDPERS_i = 0 \quad (5.66)$$

$$IPAYO_i MVIP_{i-1} - AYIP_i = 0 \quad (5.67)$$

$$0.125 AIP_i - DIPYG_i = 0 \quad (5.68)$$

$$0.125 AIP_i - DIPDH_i = 0 \quad (5.69)$$

$$0.125 AIP_i - DIPTED_i = 0 \quad (5.70)$$

$$0.125 AIP_i - DIPMS_i = 0 \quad (5.71)$$

$$0.125 AIP_i - DIPYMK_i = 0 \quad (5.72)$$

$$0.125 AIP_i - DIPFAK_i = 0 \quad (5.73)$$

$$0.125 AIP_i - DIPPER_i = 0 \quad (5.74)$$

$$0.125 AIP_i - MVIP_i = 0 \quad (5.75)$$

İdari Personel Alt Şebekesi giriş olarak öğrenci sayısını kullanmaktadır. $DIDPERS_i$ bağı ile aktarılan öğrenci sayısı (5.63) denge kısıtında $IPOR_i$ parametresi ile çarpılarak ihtiyaç duyulan idari personel sayısına dönüştürülür. Bu kısıt aynı zamanda

yeni gelen ve ayrılan idari personel sayılarına göre mevcut ve ihtiyaç fazlası idari personel sayılarını üreten ve bunları talep haline çeviren kısıttır. İhtiyaç duyulan ve varsa ihtiyaç fazlası idari personel sayısı (5.64) denge kısıtı ile toplanır. Toplanan bu sayı (5.65) kısıtında modelin bileşenlerinde kullanılmak üzere ayrıştırılır ve Nakit Akışı Alt Şebekesi'ne aktarılır.

İdari personel ihtiyacını talep haline çevirmek için (5.66) ek kısıtı yazılır. Ayrılan idari personel sayısı ise $IPAYO_i$ parametresi kullanılarak (5.67) ek kısıtında belirlenir. Ayrıştırma sürecinde her bağa eşit miktarda akış olması için (5.68) ile (5.75) arasındaki ek kısıtlar yazılır.

5.5.NAKİT AKIŞI ALT ŞEBEKESİ

Öğrenci Alt Şebekesi, Akademik Personel Alt Şebekesi, Okutman Alt Şebekesi ve İdari Personel Alt Şebekesi'nden gelen akışlar Nakit Akışı Alt Şebekesi'nde parasal hale dönüştürülerek toplanır. Üniversitenin tüm gelir ve giderlerinin dengesi bu alt şebekede kurulur. Elde edilen gelirler denge kısıtı yardımıyla giderlere paylaştırılır. Veya bir başka deyişle, muhtemel giderlere karşılık elde edilmesi gereken gelirler Şekil.5.5.'de görülen Nakit Akışı Alt Şebekesi'nde belirlenir.

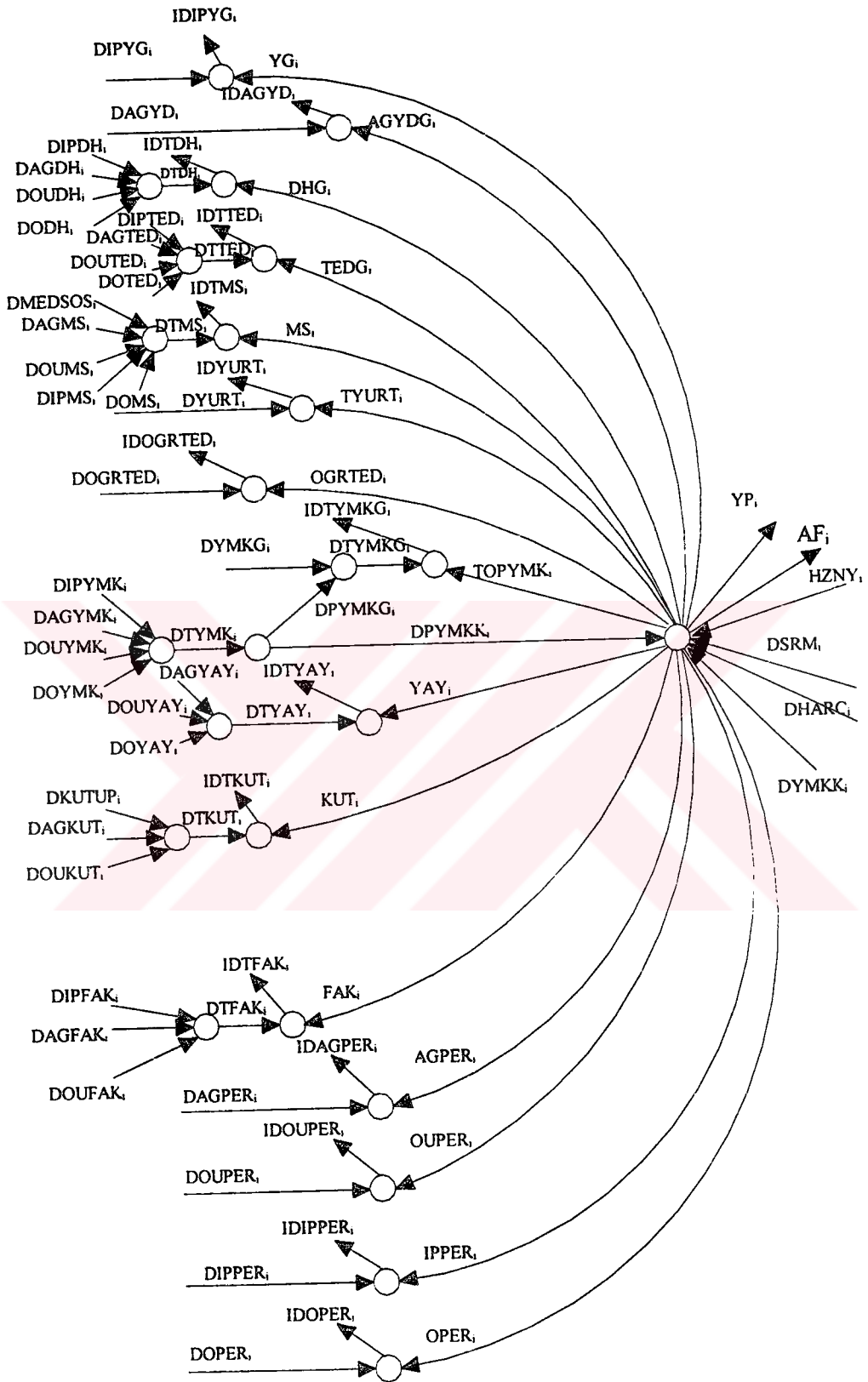
Diğer alt şebekelerden gelen akışlar Nakit Akışı Alt Şebekesi'ne girer. Halbuki nakit akışı ile ilgili bir düğümde giderlerin çıkış, gelirin ise giriş şeklinde olması gerekir. Yani giderler talep, gelirler ise arzdır. Nakit Akışı Alt Şebekesi'nde bu şekildeki her gider kalemi için yapay bir düğüm tanımlanır ve bu düğümden sözkonusu giderin iki katı kadar bir çıkış tanımlanır. Nakit dengesi düğümünden bu düğüme doğru bir akış tanımlandığında, bu akış gider miktarı kadar bir talebi nakit dengesi düğümünden çeker. Dolayısıyla arz şeklindeki gider, talep şekline dönüşmüş olur.

Değişkenler:

$IDIPYG_i$: i yılındaki yönetim giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış

<i>YG,</i>	: <i>i</i> yılındaki yönetim giderleri
<i>IDAGYD,</i>	: <i>i</i> yılındaki yurtdışına gönderilen araştırma görevlisi giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>AGYDG,</i>	: <i>i</i> yılındaki yönetim giderleri
<i>DTDH,</i>	: <i>i</i> yılında destek hizmetlerinden faydalanacakların toplamı
<i>IDTDH,</i>	: <i>i</i> yılındaki destek hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>DHG,</i>	: <i>i</i> yılındaki destek hizmetleri giderleri
<i>DTTED,</i>	: <i>i</i> yılında tedavi hizmetlerinden faydalanacak personel sayısının toplamı
<i>IDTTED,</i>	: <i>i</i> yılındaki tedavi hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>TEDG,</i>	: <i>i</i> yılındaki tedavi hizmetleri giderleri
<i>DTMS,</i>	: <i>i</i> yılında mediko sosyal hizmetlerinden faydalanacakların toplamı
<i>IDTMS,</i>	: <i>i</i> yılındaki mediko sosyal hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>MS,</i>	: <i>i</i> yılındaki mediko sosyal hizmetleri giderleri
<i>IDYURT,</i>	: <i>i</i> yılındaki yurt giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>TYURT,</i>	: <i>i</i> yılındaki yurt giderleri
<i>IDOGRTEd,</i>	: <i>i</i> yılındaki öğrenci tedavi hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>OGRTED,</i>	: <i>i</i> yılındaki öğrenci tedavi giderleri
<i>DTYMK,</i>	: <i>i</i> yılında yemek hizmetlerinden yararlanacak personel sayısı
<i>DPYMKK,</i>	: <i>i</i> yılında yemek hizmetleri giderleri için personel katkısı bağı
<i>DPYMKG,</i>	: <i>i</i> yılında yemek hizmetleri giderlerinde personel payı için bağ
<i>DTYMKG,</i>	: <i>i</i> yılında yemek hizmetlerinden yararlanacak toplam kişi sayısı
<i>IDTYMKG,</i>	: <i>i</i> yılındaki yemek hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
<i>TOPYMK,</i>	: <i>i</i> yılındaki toplam yemek gideri

$DTYAY_i$	: i yılında yayım hizmetlerinden faydalanacakların toplamı
$IDTYAY_i$	: i yılındaki yayım hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
YAY_i	: i yılındaki yayım hizmetleri giderleri
$DTKUT_i$	: i yılında kütüphane hizmetlerinden faydalanacakların toplamı
$IDTKUT_i$	: i yılındaki kütüphane hizmetleri giderlerini talep haline çeviren yapay dış akış
KUT_i	: i yılındaki kütüphane hizmetleri giderleri
$DTFAK_i$	: i yılında fakülteler cari harcamalarına konu olan kişilerin toplamı
$IDTFAK_i$	: i yılındaki fakülteler cari harcamalarını talep haline çeviren yapay dış akış
FAK_i	: i yılındaki fakülteler cari harcamaları
$IDAGPER_i$	: i yılındaki araştırma görevlisi aylıklarını talep haline çeviren yapay dış akış
$AGPER_i$	: i yılındaki araştırma görevlisi aylıkları
$IDOUPER_i$	: i yılındaki öğretim üyesi aylıklarını talep haline çeviren yapay dış akış
$OUPER_i$	: i yılındaki öğretim üyesi aylıkları
$IDIPPER_i$	: i yılındaki idari personel aylıklarını talep haline çeviren yapay dış akış
$IPPER_i$	: i yılındaki idari personel aylıkları
$IDOPER_i$	: i yılındaki okutman aylıklarını talep haline çeviren yapay dış akış
$OPER_i$	: i yılındaki okutman aylıkları
YP_i	: i yılındaki yatırım projeleri toplamı
AF_i	: i yılındaki araştırma faaliyetleri toplamı
$HZNY_i$	: i yılındaki hazine yardımı
$DSRM_i$	: i yılındaki döner sermaye gelirleri



Şekil.5.5.Nakit Akışı Alt Şebekesi

Parametreler:

BYG_i	: i yılında kişi başına düşen yönetim gideri
BYD_i	: i yılındaki kişi başına düşen yurtdışı araştırma görevlisi gideri
BDH_i	: i yılındaki kişi başına düşen destek hizmetleri gideri
$BTED_i$	: i yılındaki kişi başına düşen personel tedavi gideri
BMS_i	: i yılındaki kişi başına düşen mediko sosyal gideri
$BYURT_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yurt gideri
$BOTED_i$	: i yılındaki kişi başına düşen öğrenci tedavi gideri
$BYMK_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yemek gideri
$BYAY_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yayım hizmetleri gideri
$BKUT_i$	: i yılındaki kişi başına düşen kütüphane hizmetleri gideri
$BFAK_i$	: i yılındaki kişi başına düşen fakülteler cari harcamaları
$BAGMS_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yıllık araştırma görevlisi ücreti
$BOUMS_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yıllık öğretim üyesi ücreti
$BOMS_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yıllık okutman ücreti
$BIPMS_i$	: i yılındaki kişi başına düşen yıllık idari personel ücreti
$BHARC_i$	: i yılındaki kişi başına düşen öğrenci katkı payı
$BPYMKK_i$	: i yılındaki kişi başına düşen personel yemek katkı payı
$BOYMKK_i$	: i yılındaki kişi başına düşen öğrenci yemek katkı payı

Denklemler:

I) Denge Kısıtları

$$-BYG_i, DIPYG_i, -YG_i, +IDIPYG_i, = 0 \quad (5.76)$$

$$-BDY_i, DAGYD_i, -AGYDG_i, +IDAGYD_i, = 0 \quad (5.77)$$

$$-DIPDH_i, -DAGDH_i, -DOUDH_i, -DODH_i, +DTDH_i, = 0 \quad (5.78)$$

$$-BDH_i, DTDH_i, -DHG_i, +IDTDH_i, = 0 \quad (5.79)$$

$$-DIPTED, -DAGTED, -DOUTED, -DOTED, +DTTED, = 0 \quad (5.80)$$

$$-BTED, DTTED, -TEDG, +IDTTED, = 0 \quad (5.81)$$

$$-DMEDSOS, -DAGMS, -DOUMS, -DOMS, -DIPMS, \\ +DTMS, = 0 \quad (5.82)$$

$$-BMS, DTMS, -MS, +IDTMS, = 0 \quad (5.83)$$

$$-BYURT, DYURT, -TYURT, +IDYURT, = 0 \quad (5.84)$$

$$-BOTED, DOGRTEd, -OGRTEd, +IDOGRTEd, = 0 \quad (5.85)$$

$$-DIPYMK, -DAGYMK, -DOUYMK, -DOYMK, +DTYMK, = 0 \quad (5.86)$$

$$-2DTYMK, +DPYMKK, +DPYMKG, = 0 \quad (5.87)$$

$$-DYMKG, -DPYMKG, +DTYMKG, = 0 \quad (5.88)$$

$$-BYMK, DTYMKG, -TOPYMK, +IDTYMKG, = 0 \quad (5.89)$$

$$-DAGYAY, -DOUYAY, -DOYAY, +DTYAY, = 0 \quad (5.90)$$

$$-BYAY, DTYAY, -YAY, +IDTYAY, = 0 \quad (5.91)$$

$$-DKUTUP, -DAGKUT, -DOUKUT, +DTKUT, = 0 \quad (5.92)$$

$$-BKUT, DTKUT, -KUT, +IDTKUT, = 0 \quad (5.93)$$

$$-DIPFAK, -DAGFAK, -DOUFAK, +DTFAK, = 0 \quad (5.94)$$

$$-BFAK, DTFAK, -FAK, +IDTFAK, = 0 \quad (5.95)$$

$$-BAGMS, DAGPER, -AGPER, +IDAGPER, = 0 \quad (5.96)$$

$$-BOUMS, DOUPER, -OUPER, +IDOUPER, = 0 \quad (5.97)$$

$$-BOMS, DOPER, -OPER, +IDOPER, = 0 \quad (5.98)$$

$$-BIPMS, DIPPER, -IPPER, +IDIPPER, = 0 \quad (5.99)$$

$$-HZNY, -DSRM, -BHARC, DHARC, -BOYMKK, DYMKK, \\ -BPYMKK, DPYMKK, +YG, +AGYD, +DHG, +TEDG, \\ +MS, +TYURT, +OGRTEd, +TOPYMK, +YAY, +KUT, \\ +FAK, +AGPER, +OUPER, +IPPER, +OPER, +YP, \\ +AF, = 0 \quad (5.100)$$

II) Ek Kısıtlar:

$$2DIPYG_i - IDIPYG_i = 0 \quad (5.101)$$

$$2DAGYD_i - IDAGYD_i = 0 \quad (5.102)$$

$$2DTDH_i - IDTDH_i = 0 \quad (5.103)$$

$$2DTTED_i - IDTTED_i = 0 \quad (5.104)$$

$$2DTMS_i - IDTMS_i = 0 \quad (5.105)$$

$$2DYURT_i - IDYURT_i = 0 \quad (5.106)$$

$$2DOGRTEd_i - IDOGRTEd_i = 0 \quad (5.107)$$

$$2DTYAY_i - IDTYAY_i = 0 \quad (5.108)$$

$$2DTKUT_i - IDTKUT_i = 0 \quad (5.109)$$

$$2DTFAK_i - IDTFAK_i = 0 \quad (5.110)$$

$$2DAGPER_i - IDAGPER_i = 0 \quad (5.111)$$

$$2DOUPER_i - IDOUPER_i = 0 \quad (5.112)$$

$$2DOPER_i - IDOPER_i = 0 \quad (5.113)$$

$$2DIPPER_i - IDIPPER_i = 0 \quad (5.114)$$

$$0.5DTYMK_i - DPYMKK_i = 0 \quad (5.115)$$

$$0.5DTYMK_i - DYYMKG_i = 0 \quad (5.116)$$

$$2DTYMKG_i - IDTYMKG_i = 0 \quad (5.117)$$

Nakit giriş ve çıkışlarının dengesi (5.100) kısıtı ile ifade edilir. Diğer denge kısıtları harcamaya sözkonusu olan kişilerin toplanması ve harcama kaleminin talep haline dönüştürülmesi içindir. Harcamaların talep haline dönüştürülmesinde denge kısıtlarının yanısıra ek kısıtların da yazılması zorunludur.

Yukarıda bahsedilen 117 adet denklem planlama yapılacak her yıl için yazılmalıdır. Yani, I planlama dönem sayısı olmak üzere $i = 1, \dots, I$ olmalıdır.

Amaç denklemi ise hazine yardımı ve döner sermaye gelirlerini en küçükleyecek şekilde yazılır.

Amaç denklemi:

$$MinZ = \sum_{i=1}^I HZNY_i + \sum_{i=1}^I DSRM_i \quad (5.118)$$

şeklinde yazılır.

Bu modelin çözümü için başlangıçtaki mevcut personel sayıları ile öğrenci sayıları, yani $MVOGR_0$, $MVOGRUY_0$, $MVARGOR_0$ ve $MVIP_0$ ve diğer parametrelerin hedeflenen değerleri belirlenmelidir.

Görüldüğü gibi modelde tamamen şebeke formülasyonu işlemleri kullanılmıştır. Bu işlemler aracılığıyla bir çok bileşen aynı anda gözönüne alınmış ve çok dönemli olarak planlanmıştır. İhtiyaç duyulduğunda, çok daha farklı bileşenler, çok daha farklı şekilde modele eklenebilir veya mevcut bileşenler modelden çıkarılabilir. Önemli olan, Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Analizi felsefesinin gözardı edilmemesidir.

Ayrıca, modelin para ile ilgili parametrelerine enflasyon etkisinin yanısıra bazı iyileştirme katsayıları katılabilir. i yılındaki enflasyon oranı ENF_i ve iyileştirme katsayısı IK_i olursa, herhangi bir PRM_i parametresi (5.119) denkleminde ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$PRM_i = PRM_{i-1}(1 + ENF_i)(1 + IK_i) \quad (5.119)$$

Böylece, arzu edilen bileşenler yıllara göre reel anlamda artırılmış olur.

BÖLÜM 6.MODELİN UYGULAMASI

Bölüm.5.'de detayları verilmiş olan orijinal model, uygulanabilirliğini göstermek amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi'nin 1994-95 Faaliyet Raporu ile 1995 Yılı Bütçe Kanunu'ndaki gerçek sayılar esas alınarak üç yıl için çözülmüştür. Çözüm esnasında enflasyon etkisi gözönüne alınmıştır. Ancak her harcama kalemi ayrı enflasyon oranıyla işlenmiştir (DİE,1995). Ayrıca, İ.T.Ü.'nün kar amacı gütmeyen bir devlet üniversitesi olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla model günümüzde önem kazanmış olan özel üniversiteler ile vakıf üniversitelerini kapsamamaktadır.

Çözüm için bazı hedefler belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla öğretim üyesi/öğrenci, araştırma görevlisi/öğrenci, okutman/öğrenci oranlarıdır. Bu oranların yıllık hedefleri Tablo.6.1.'de görülmektedir. Hedefler, bu oranların tedricen artırılması, yani öğretim elemanı başına düşen öğrenci sayısının azaltılmasıdır. Zira, bu oranlar eğitimde niteliğin temel ölçülerinden birisidir (Adem, 1993, s.180). Öğrenci kontenjanları sabit tutulmuştur. Enflasyonun etkisinin daha iyi yansıtılabilmesi amacıyla toplam giderler yerine kişi başı birim maliyetler ilgili enflasyon oranları ile artırılmıştır. Yayımlar ve kütüphane giderlerinde enflasyon dışında %20'lik iyileştirmeler gözönüne alınmıştır. Benzer şekilde yatırım projelerinde %10'luk ve araştırma faaliyetlerinde %20'lik iyileştirmeler öngörülmüştür. Yurtdışına gönderilen araştırma görevlisi giderlerinde ise döviz kurundaki artış oranları dikkate alınmıştır.

İki farklı senaryo model aracılığıyla denenmiştir. Birinci senaryo tamamen sosyal devlet yaklaşımıdır. Yani, öğrenci ve personelin harcamalara katkısı yoktur. İkinci senaryoda ise öğrenci öğrenim katkısı her yıl enflasyon oranı kadar artırılmıştır.

Çözüm sonucunda elde edilen öğrenci ve personel değişimleri Tablo.6.2.'de verilmiştir. Tablo.6.2.'den de görüleceği gibi öngörülen hedeflere ulaşmak için

öğretim üyesi sayısının birinci yıl %14.92, ikinci yıl %14.08 ve üçüncü yıl %14.06; araştırma görevlisi sayısının birinci yıl %13.32, ikinci yıl %12.81 ve üçüncü yıl %12.47; okutman sayısının birinci yıl %4.91, ikinci yıl %8.98 ve üçüncü yıl %9.89; idari personel sayısının ise birinci yıl %5.48, ikinci yıl %4.58 ve üçüncü yıl %3.83 artması gerekmektedir. Ayrılan personel oranları sıfır alındığı için, ayrılan personel satırında değer yoktur. Aynı nedenle terfi eden araştırma görevlisi satırında da bilgi yoktur.

Tablo.6.1.Çözümde Öngörülen Parametreler ve Değişimleri

	1.Senaryo			2.Senaryo		
	1.yıl	2.yıl	3.yıl	1.yıl	2.yıl	3.yıl
Oranlar						
Araştırma görevlisi/öğrenci oranı	0.0357	0.0385	0.0417	0.0357	0.0385	0.0417
Mezuniyet oranı	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Araştırma görevlisi ayrılma yüzdesi	0	0	0	0	0	0
Araştırma görevlisi terfi yüzdesi yüzdesi	0	0	0	0	0	0
Öğretim üyesi ayrılma yüzdesi	0	0	0	0	0	0
Öğretim üyesi/öğrenci oranı	0.0417	0.0455	0.05	0.0417	0.0455	0.05
İdari personel/öğrenci oranı	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625	0.0625
İdari personel ayrılma yüzdesi	0	0	0	0	0	0
Okutman/öğrenci oranı	0.0417	0.0455	0.05	0.0417	0.0455	0.05
Okutman ayrılma yüzdesi	0	0	0	0	0	0
Kişi başı maliyetler (Bin TL)						
Yemek maliyeti/kişi	5,607	9,980	17,765	5,607	9,980	17,765
Yönetim gideri/kişi	52,938	92,640	162,121	52,938	92,640	162,121
Yurtdışı araştırma görevlisi maliyeti/kişi	79,782	146,800	270,111	79,782	146,800	270,111
Destek hizmetleri giderleri/kişi	113,899	199,323	348,815	113,899	199,323	348,815
Personel tedavi gideri/kişi	10,650	19,065	34,125	10,650	19,065	34,125
Mediko sosyal gideri/kişi	421	753	1,348	421	753	1,348
Yurt maliyeti/kişi	70	117	195	70	117	195
Öğrenci tedavi gideri/kişi	555	994	1,778	555	994	1,778
Yayım maliyeti/kişi	3,654	7,630	15,930	3,654	7,630	15,930
Kütüphane giderleri/kişi	2,526	5,275	11,015	2,526	5,275	11,015
Fakülteler cari giderleri/kişi	21,718	38,005	66,510	21,718	38,005	66,510
Brüt personel ücretleri (Bin TL)						
Yıllık araştırma görevlisi ücreti/kişi	312,000	546,000	955,500	312,000	546,000	955,500
Yıllık öğretim üyesi ücreti/kişi	480,000	840,000	1,470,000	480,000	840,000	1,470,000
Yıllık okutman ücreti/kişi	348,000	609,000	1,065,750	348,000	609,000	1,065,750
Yıllık idari personel ücreti/kişi	204,000	357,000	624,750	204,000	357,000	624,750
Kişi başı katkı payları (Bin TL)						
Öğrenci katkı payı/kişi	0	0	0	14,000	24,500	42,875
Personel yemek katkı payı/kişi	0	0	0	6,913	12,098	21,172
Öğrenci yemek katkı payı/kişi	0	0	0	1,750	3,063	5,360

Çözümün parasal yönü ise Tablo.6.3.'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, hedeflere ulaşmak için, üniversitenin giderlerinin her yıl yaklaşık %94.55 artması gerektiği görülmür. Dolayısıyla gelirlerin de bu oranda artması zorunludur.

Tablo.6.2.Öğrenci ve Personel Değişimleri

	1.Senaryo			2.Senaryo		
	1.yıl	2.yıl	3.yıl	1.yıl	2.yıl	3.yıl
Öğrenci sayıları						
Önceki yılın öğrencisi	22,200	23,425	24,497	22,200	23,425	24,497
Öğrenci	23,425	24,497	25,435	23,425	24,497	25,435
Mezun	2,775	2,928	3,062	2,775	2,928	3,062
Yeni kaydolun öğrenci	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Araştırma görevlisi sayıları						
Yeni alınan araştırma görevlisi	98	107	118	98	107	118
Önceki yılın araştırma görevlisi	738	836	943	738	836	943
Araştırma Görevlisi	836	943	1,061	836	943	1,061
Ayrılan araştırma görevlisi	.	.	.	.	.	.
Terfi eden araştırma görevlisi	.	.	.	.	.	.
İhtiyaç fazlası araştırma görevlisi	.	.	.	.	.	.
Araştırma görevlisi artış oranı (%)	13.32	12.81	12.47	13.32	12.81	12.47
Öğretim üyesi sayıları						
Yeni alınan öğretim üyesi	127	138	157	127	138	157
Önceki yılın öğretim üyesi	850	977	1,115	850	977	1,115
Öğretim üyesi	977	1,115	1,272	977	1,115	1,272
Ayrılan öğretim üyesi	.	.	.	.	.	.
İhtiyaç fazlası öğretim üyesi	.	.	.	.	.	.
Öğretim üyesi artış oranı (%)	14.92	14.08	14.06	14.92	14.08	14.06
İdari personel sayıları						
Önceki yılın idari personeli	1,388	1,464	1,531	1,388	1,464	1,531
İdari personel	1,464	1,531	1,590	1,464	1,531	1,590
Yeni alınan idari personel	76	67	59	76	67	59
Ayrılan idari personel	.	.	.	.	.	.
İhtiyaç fazlası idari personel	.	.	.	.	.	.
İdari personel artış oranı (%)	5.48	4.58	3.83	5.48	4.58	3.83
Okutman sayıları						
Önceki yılın okutmanı	159	167	182	159	167	182
Okutman	167	182	200	167	182	200
Yeni alınan okutman	8	15	18	8	15	18
Ayrılan okutman	.	.	.	.	.	.
İhtiyaç fazlası okutman	.	.	.	.	.	.
Okutman artış oranı (%)	4.91	8.98	9.89	4.91	8.98	9.89

Harcama kalemleri incelendiğinde personel ücretlerinin ilk yıl %45.77, ikinci yıl %45.66 ve üçüncü yıl ise %45.53 pay ile birinci sırada yer aldığı görülmür. Yatırım projelerinin değişimi ise ilk yıl %11.69, ikinci yıl %11.57 ve üçüncü yıl %11.45'dir. Araştırma faaliyetleri ile yayım ve kütüphanecilik faaliyetleri harcamaları küçük

artışlar göstermektedir. Ancak araştırma faaliyetlerinin payının ilk yıla göre reel artışı üçüncü yılda %16.57'yi, yayım ve kütüphanecilik faaliyetlerinin payının aynı dönem reel artışı ise %29.1'i bulmaktadır. Böylece araştırma faaliyetlerine verilen destek artırılmış olmaktadır.

Tablo.6.3.Parasal Göstergeler

	1.Senaryo			2.Senaryo		
	1.yıl	2.yıl	3.yıl	1.yıl	2.yıl	3.yıl
Giderler (Milyon TL)						
Yönetim giderleri	77,505	141,840	257,730	77,505	141,840	257,730
Yurtdışı araştırma görevlisi giderleri	66,715	138,449	286,490	66,715	138,449	286,490
Destek hizmetleri giderleri	392,260	751,610	1,437,800	392,260	751,610	1,437,800
Personel tedavi giderleri	36,675	71,890	140,680	36,675	71,890	140,680
Yatırım projeleri	277,580	534,350	1,028,600	277,580	534,350	1,028,600
Mediko sosyal giderleri	11,310	21,285	39,843	11,310	21,285	39,843
Yurt giderleri	1,640	2,865	4,960	1,640	2,865	4,960
Öğrenci tedavi giderleri	13,000	24,350	45,223	13,000	24,350	45,223
Toplam yemek gideri	150,650	282,107	525,080	150,650	282,107	525,080
Yayım faaliyetleri gideri	7,235	17,088	40,356	7,235	17,088	40,356
Kütüphane giderleri	63,750	140,080	305,880	63,750	140,080	305,880
Araştırma faaliyetleri	117,600	246,960	518,620	117,600	246,960	518,620
Fakülteler cari giderleri	71,170	136,390	260,860	71,170	136,390	260,860
Araştırma görevlisi ücretleri	260,920	514,950	1,013,400	260,920	514,950	1,013,400
Öğretim üyesi ücretleri	468,870	936,270	1,869,500	468,870	936,270	1,869,500
İdari personel ücretleri	298,670	546,590	993,150	298,670	546,590	993,150
Okutman ücretleri	58,045	110,840	213,150	58,045	110,840	213,150
Toplam	2,373,595	4,617,914	8,981,322	2,373,595	4,617,914	8,981,322
Yıllık artışlar		94.55	94.49		94.55	94.49
Personel ücretlerinin payı (%)	45.77	45.66	45.53	45.77	45.66	45.53
Yatırım projelerinin payı (%)	11.69	11.57	11.45	11.69	11.57	11.45
Araştırma faaliyetlerinin payı (%)	4.95	5.35	5.77	4.95	5.35	5.77
Yayım ve kütüphane faaliyetleri payı (%)	2.99	3.40	3.86	2.99	3.40	3.86
Diğer giderler payı (%)	34.59	34.02	33.39	34.59	34.02	33.39
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Gelirler (Milyon TL)						
Hazine yardımı	2,239,239	4,356,522	8,472,948	1,868,700	3,676,500	7,233,200
Döner sermaye	134,356	261,392	508,374	112,130	220,590	434,000
Öğrenci katkı payları				327,960	600,170	1,090,520
Öğrenci yemek katkısı	0	0	0	40,995	75,034	136,330
Personel yemek katkısı	0	0	0	23,810	45,620	87,272
Toplam	2,373,595	4,617,914	8,981,322	2,373,595	4,617,914	8,981,322
		94.55	94.49		94.55	94.49
Hazine yardımı payı (%)	94.34	94.34	94.34	78.73	79.61	80.54
Döner sermaye payı (%)	5.66	5.66	5.66	4.72	4.78	4.83
Öğrenci katkı payları payı (%)				13.82	13.00	12.14
Öğrenci yemek katkısı payı (%)	0	0	0	1.73	1.62	1.52
Personel yemek katkısı payı (%)	0	0	0	1.00	0.99	0.97
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Gelirler incelendiğinde ise en büyük kaynağın her iki senaryo için de hazine yardımı olduğu görülmektedir. 1.senaryoda hazine yardımı payı her yıl için %94.34'dür.

2.senaryoda ise bu pay, 1. yıl için %78.73, 2. yıl için %79.61 ve 3. yıl için ise %80.54 olarak hesaplanmıştır. Döner sermaye payı ise 1.senaryoda her yıl için %5.66'dır. 2.senaryoda ise döner sermaye payı 1. yıl için %4.72, 2. yıl için %4.78 ve 3. yıl için %4.83 olarak bulunmuştur. 2.senaryoda öngörülen öğrenci katkı payı ise ilk yıl için %13.82, ikinci yıl için %13 ve üçüncü yıl içinde %12.14'dür.

Bir başka ilginç analiz ise, "İ.T.Ü.'nün kar amacı gütmeyen, ancak hazine yardımı almayan, yani tamamen öğrenci katkı payıyla finanse edilen bir üniversite olması durumunda öğrenci katkı payı ne olurdu?" sorusunun cevabıdır. Bu sorunun cevabını bulmak için 1.senaryodaki hazine yardımı rakamlarını ilgili yılın öğrenci sayısına bölmek gerekir. Hesaplama sonucunda bu alternatif için öğrenci katkı payları birinci yıl 92,980,000 TL, ikinci yıl 173,190,000 TL ve üçüncü yıl 324,830,000 TL olarak bulunur. Parasal göstergeler incelendiğinde ve İ.T.Ü.'nün 1995 yılı bütçesinin 1,476,700,000 TL olduğu gözönüne alındığında elde edilen net sonuç, İ.T.Ü.'nin arzu edilen eğitim kalitesine ulaşması için bütçesinin oldukça yetersiz olduğudur. Bu sorun, günümüzde devlet üniversitesi olarak kurulmuş olan tüm üniversitelerin ortak sorunudur.

Yukarıda bahsedilen temel iki senaryo dışında beş farklı durumun analizi ayrıca yapılmıştır. Bu analizlerden iki tanesi, tamamiyle eğitimin kalitesinin yükselmesine yöneliktir. Bunlardan birincisi, sınıf ayırımı yapmaksızın, bir eğitimci başına düşen öğrenci sayısının sırasıyla 20, 15 ve 10 olması durumudur. Bu analiz sonucunda, toplam giderin sırasıyla, 2,450,930,000 TL, 5,943,320,000 TL ve 14,330,120,000 TL olması gerektiği bulunur. İkinci durumda ise bunun bir ileri adımına gidilerek, yurtdışına gönderilen araştırma görevlisi birim maliyeti ile personel ücretlerinde enflasyon dışında net %20'lik iyileştirmeler öngörülmüştür. Bu durumdaki toplam gider ise, yine sırasıyla, 2,450,930,000 TL, 6,309,230,000 TL ve 16,320,830,000 TL olacaktır.

Diğer üç analiz ise, öğrenci kontenjanlarının, yıllar itibariyle tedricen azaltılması durumunun incelenmesine yöneliktir. Yukarıda anlatılan analizlerin tümünde, yıllık yeni kaydolacak öğrenci kontenjanı 4000 kişidir. Öncelikle, bu kontenjanın her yıl %10 azaltılması incelenmiştir. Bu durumda, planlama yapılan yıllar itibariyle,

mevcut öğrenci sayısı 23425, 24097 ve 24325; öğretim üyesi sayısı 977, 1096 ve 1216; araştırma görevlisi sayısı 836, 928 ve 1014; toplam gelir ise 2,373,660,000,000 TL, 4,544,960,000,000 TL ve 8,620,560,000,000 TL olmaktadır. Dikkat edilirse, bu senaryoda öğrenci sayıları azalmamaktadır. İkinci olarak, kontenjanlar her yıl %30 azaltılmıştır. Bu durumda, planlama yapılan yıllar itibariyle, mevcut öğrenci sayısı 23425, 23297 ve 22344 olarak gerçekleşmekte ve reel bir azalma sözkonusu olmaktadır. Buna karşılık, öğretim üyesi sayısı 977, 1060 ve 1117; araştırma görevlisi sayısı 836, 897 ve 932; toplam gelirin değişimi ise 2,373,660,000,000 TL, 4,430,380,000,000 TL ve 8,149,700,000,000 TL olmaktadır. Son olarak, kontenjanlar her yıl %50 azaltılmıştır. Bu durumda, planlama yapılan yıllar itibariyle, mevcut öğrenci sayısı değişimi 23425, 22497 ve 20685 olarak gerçekleşmekte ve reel azalma daha da belirginleşmektedir. Diğer göstergelere bakıldığında, öğretim üyesi sayısı 977, 1024 ve 1034; araştırma görevlisi sayısı ilk yıl için 836, diğer yıllar için 866; toplam gelirin değişimi ise 2,373,660,000,000 TL, 4,346,000,000,000 TL ve 7,820,260,000,000 TL olmaktadır.

Yapılan uygulama, geliştirilen modelin üniversite planlaması için uygun olduğunu göstermektedir. Hazırlanan senaryolar model aracılığıyla başarılı bir şekilde çözülmüş ve sonuç elde edilmiştir.

Son olarak, çözüm ile ilgili bazı teknik bilgilerin verilmesi yararlı olacaktır. Bu modelin çözümü için kullanılabilecek yazılımların başında, McBride (1985)'in Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri için geliştirdiği EMNET isimli yazılım gelmektedir. Ancak, sözkonusu yazılımın öğrenci versiyonu modelin büyüklüğü karşısında yetersiz kalmış ve profesyonel versiyonu tüm çabalara rağmen elde edilememiştir. Daha sonra model, GAMS isimli optimizasyon paketi ile çözülmüştür (Brooke ve diğerleri, 1988). Çözüm için EMNET programının kullanılmamasının tek sebebi modelin büyüklüğüdür. GAMS isimli paketin ürettiği sonuç dosyası ise, 280 sayfalık hacmi nedeniyle, bu çalışmaya eklenmemiş, sonuç dosyasından elde edilen özet tablolarla yetinilmiştir. Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Problemlerinin çözümü için, EMNET dışında, NETSID isimli bir başka yazılım da önerilebilir (Kennington ve Wissman, 1986).

BÖLÜM 7.SONUÇ VE ÖNERİLER

Üniversitelerin planlanması konusu, Yöneylem Araştırması alanında çalışan araştırmacıların öteden beri ilgisini çekmiştir. Bu konuda yapılmış çeşitli çalışmalar literatürde yayımlanmıştır. Bölüm.4.'de de anlatılan bu çalışmalar daha çok hedef programlama, denge modelleri gibi yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu çalışmalar, üniversite sisteminin tüm bileşenlerini içermemektedir. Bunların dışında, simülasyon gibi yöntemler de kullanılabilir. Ancak, simülasyon modelleri, çözümden daha çok, bir sistemin belirli koşullar ve varsayımlar altında analizine yöneliktir. Dolayısıyla, analitik modellerde görülen türden çözümleri üretmekte yetersiz kalırlar. Simülasyon, yalnızca, karar verici tarafından belirlenen koşullar altında, bir sistemin davranışının incelemesi için bir araçtır (Erkut, 1992, s.3). Belirli koşullar altında, tesadüfi olarak bölgesel optimumu ve hatta global optimumu da elde etme şansı olabilir. Ancak, bu konuda kesinlik yoktur. Bu çalışma çerçevesinde ise, Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Analizi yaklaşımı kullanılmıştır. Şebeke Analizi'nin kullanılmasının avantajları şöyle ifade edilebilir:

- 1) Şebeke algoritmaları diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuç vermektedir. Böylece daha büyük modellerin geliştirilmesi ve çözümü mümkün olmaktadır.
- 2) Şebeke gösterimi olayların daha iyi anlaşılmasını sağlar. Zira, düğümler ve bu düğümleri bağlayan bağlar kullanılarak olaylar arasındaki ilişkiler görsel olarak ifade edilir.
- 3) Şebeke analizi yaklaşımı üniversite planlamasında çok az kullanılmıştır. Bölüm.4.'de verilmiş olan çalışmalar arasında şebeke analizine dayanan çalışmalar da vardır. Ancak bu çalışmalardan bir tanesi simülasyon gibi bir yöntemle ihtiyaçların belirlenmesi ve daha sonra şebeke analizi ile bütçenin bu ihtiyaçlara dağıtılmasına, diğeri ise temel olarak denge modeli yaklaşımına, ancak denge

denklemleri yazılırken akış formülasyonuna dayanır.

Bu tez çerçevesinde üniversite planlaması için geliştirilen ve Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Analizi'ne dayanan model Bölüm.5.'de verilmiştir. Bu model şu avantajları elde etmek üzere geliştirilmiştir:

1) Bir üniversitenin tüm bileşenlerinin gözönüne alındığı modeller oldukça kapsamlı ve dolayısıyla büyük olmaktadır. Ayrıca, bu bileşenlerin aralarındaki oransal ilişkilerin tam olarak ifade edilmesi gerekir. Bu ise ek kısıtların kullanılmasıyla mümkün olmaktadır.

2) Geliştirilen model, uzun dönemli planlamaya imkan sağlar. Planlama yapılacak dönem sayısı kadar denge kısıtları ile ek kısıtların yazılması yeterlidir.

Yukarıda bahsedilen, modelin büyüklüğü ve dönem sayısı ile ilgili avantajlar sadece modelin çözüleceği bilgisayar donanımı ile yazılımın kapasitesi ile sınırlıdır.

Geliştirilen model, uygulanabilirliğini göstermek amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ait gerçek rakamlar esas alınarak çözülmüştür. Çözüm sonuçları Bölüm.6.'da verilmiştir. Ancak burada İstanbul Teknik Üniversitesi'nin planlanması amaçlanmamıştır. Amaç, Ek Kısıtlı Şebeke Analizi Yaklaşımının üniversite planlamasına uygulanmasının mümkün olduğunu göstermek ve bu yönde evrensel bilime katkıda bulunmaktır. Bölüm.6.'da verilen sonuçlar yaklaşımın başarılı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmaya dayalı olarak yapılacak daha ileri araştırmalara ışık tutması açısından ise şunlar söylenebilir. Dikkat edilirse model deterministik yapıdadır. Akışların varlığı ve miktarı ile ilgili olmak üzere bir takım stokastik parametre ve değişkenler modele katılabilir (Mulvey ve Vladimirov, 1992). Ayrıca modelin denklemleri doğrusal denklemlerdir. Modelin doğrusal olmayan denklemler kullanılarak ifade edilmesi ise bir başka çalışma konusu olabilir. İlginç bir başka çalışma ise, modelin formülasyonunun hazırlanması ile ilgilidir. Modelin denklemlerinin yazılması biraz yöneylem araştırması bilgisine ihtiyaç gösterir. Oysa, karar verme konumunda olan

yöneticiler yöneylem araştırması bilgisine sahip olmayabilir. Probleme göre modelin denklemlerini bilgisayar ortamında oluşturacak görsel bir yazılımın geliştirilmesi değişik bir çalışma alanıdır.



KAYNAKLAR

- ADEM, M., (1993), Ulusal Eğitim Politikamız ve Finansmanı, Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları, Yayın No.172, Ankara
- BEALE, E.M.L., (1988), Introduction to Optimization, John Wiley & Sons, Essex
- BOLAND, N., GOH, C.J., MEES, A.I., (1992), An Algorithm for Non-linear Network Programming: Implementation, Results and Comparisons, Journal of Operational Research Society, Vol.43, No.10, pp.979-992
- BROOKE, A., KENDRICK, D., MEERAUS, A., (1988), GAMS: A User's Guide, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, The Scientific Press, Washington D.C.
- BROWN, G.G., McBRIDE, R.D., (1984), Solving Generalized Networks, Management Science, Vol.30, No.12, pp.1497-1523
- CHOI, W., HAMACHER, H.W., TUFEKCI, S., (1988), Modeling of Building Evacuation Problems by Network Flows With Side Constraints, European Journal of Operational Research, Vol.35, pp.98-110
- CRUM, R.L., NYE, D.J., (1981), A Network Model of Insurance Company Cash Flow Management, Mathematical Programming Study, No.3, pp.86-101
- DEMBO, R.S., MULVEY, J.M., ZENIOS, S.M., (1989), Large-Scale Nonlinear Network Models and Their Applications, Operations Research, Vol.37, No.3, pp.353-372
- DİE, (1995), Aylık İstatistik Bülteni, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- ERKUT, H., (1992), Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayımcılık, İstanbul
- FORSTER, M., MEVERT, P., (1994), A Tool for Network Modeling, European Journal of Operational Research, No.72, pp.287-299
- GLOVER, F., KLINGMAN, D., PHILLIPS, N.V., (1992), Network Models in Optimization and Their Applications in Practice, John Wiley & Sons Inc., New York

- GOLDEN, B., LIBERATORE, M., LIEBERMAN, C., (1979), Models and Solution Techniques for Cash Flow Management, Computers and Operations Research, Vol.6, pp.13-20
- HERSKOVIC, S., (1995), The Higher Education System in Israel: Statistical Abstracts and Analysis, Council for Higher Education, Planning and Budgeting Committee, Jerusalem
- HILLIER, F.S., LIEBERMAN, G.J, (1986), Introduction to Operations Research, Holden Day Inc., California
- IGNIZIO, J.P., (1979), Goal Programming and Extensions, Lexington Books, Massachusetts
- İ.T.Ü., (1995a), İ.T.Ü. 1994-1995 Eğitim Öğretim Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul
- İ.T.Ü., (1995b), İ.T.Ü. 1995 Mali Yılı Bütçe Kanun Tasarısı, İstanbul
- JORJANI, S., LAMAR, B.W., (1994), Cash Flow Management Network Models with Quantity Discounting, Omega, Vol.22., No.2, pp.149-155
- KARSAK, E.E., YENİSEY, M.M., (1994), Nakit Akışı Yönetimi Problemlerinin Ek Kısıtlı Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri (Embedded Generalized Networks) ile Çözümü, Endüstri Mühendisliği, Cilt.5, Sayı.5, pp.3-8
- KENNINGTON, J.L., WISSMAN, A., (1986), NETSID User's Guide: A Fortran Program for Network Flow Problems with Side Constraints, Technical Report 86-OR-01, Department of Operations Research, Southern Methodist University, Dallas, TX
- KRASS, I.A., PINAR, M.Ç., THOMPSON, T.J., ZENIOS, S.A., (1994), A Network Model to Maximize Navy Personnel Readiness and Its Solution, Management Science, Vol.40, No.5, pp.647-661
- MASSY, W., (1976), A Dynamic Equilibrium Model for University Budget Planning, Management Science, Vol.23, No.3, pp.248-256
- McBRIDE, R.D., (1985), Solving Embedded Generalized Network Problems, European Journal of Operational Research, No.21, pp.82-92
- MULVEY, J.M., VLADIMIROU, H., (1992), Stochastic Network Programming for Financial Planning Problems, Management Science, Vol.38, No.11, pp.1642-1664
- MURTHY, D.N.P., PAGE, N.W., RODIN, E.Y., (1990), Mathematical Modelling, Pergamon Press, Exeter
- OLIVER, R.M., HOPKINS, D.S.P., (1972), An Equilibrium Flow Model of a University Campus, Operations Research, Vol.20, No.2, pp.249-264

- PRICE, W.L., (1971), Graphs and Networks, Butterwoth & Co., London
- PRICE, W.L., GRAVEL, M., (1984), Solving Network Manpower Problems with Side Constraints, *European Journal of Operational Research*, Vol.15, pp.196-202
- SCHROEDER, R.G., (1974), Resource Planning in University Management by Goal Programming, *Operations Research*, Vol.22, No.4, pp.700-710
- SOYIBO, A., LEE, S.M., (1986), A Multiobjective Planning Model for University Resource Allocation, *European Journal of Operational Research*, Vol.27, pp.196-202
- SINUANY-STERN, Z., (1984), A Network Optimization Model for Budget Allocation in a Multi-Campus University, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.35, No.8, pp.749-757
- SINUANY-STERN, Z., (1993), A Network Optimization Model for Budget Planning in Multi-Objective Hierarchial Systems, *Journal of the Operational Research Society*, Vol.44, No.3, pp.297-308
- TOLGA, E., (1984), Tesis Tasarımında Mühendislik Ekonomisi, T.C. İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı.1297, İstanbul
- VERWIJMEREN, M.A.A.P., TILANUS, C.B., (1993), Network Planning for Scheduling Operations in Air Cargo Handling: A Tool in Medium Term Goodsflow Control, *European Journal of Operations Research*, No.70, pp.159-166
- WILSON, J.M., (1985), Classification of Models in Operational Research, *Journal of Operational Research Society*, Vol.36, No.3, pp.253-256
- Y.Ö.K., (1996), Türk Yüksek Öğretiminin Bugünkü Durumu, Sorunları, Çözüm Önerileri, Yükseköğretim Kurulu, Ankara
- ZENIOS, S., (1991), Network Based Models for Air-Traffic Control, *European Journal of Operations Research*, No.50, pp.166-178

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Mutlu Yenisey 1964 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlkokulu Hekimoğlu Ali Paşa İlkokulu'nda, ortaokulu Davutpaşa Lisesi'nde ve liseyi Ataköy Lisesi'nde bitirmiştir. 1981 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Sanayi Mühendisliği Bölümüne girmiştir. Daha sonra adı Endüstri Mühendisliği'ne çevrilen bu bölümü bitirerek 1986 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Endüstri Mühendisliği üzerine yüksek lisansa başlamıştır. 1989 yılında bu çalışmasını bitirerek aynı enstitünün Mühendislik Yönetimi programında doktora çalışmasına başlamıştır. 1986 yılında bir özel inşaat şirketinde kısa bir süre sistem analisti olarak çalıştıktan sonra 1987 yılında İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Halen bu görevini sürdürmektedir. Yönetim bilişim sistemleri, veri tabanı yönetimi ve şebeke analizi konusunda çeşitli çalışmaları ve yayınları vardır. Veri tabanı yönetimi ve yönetim bilişim sistemi üzerine yapılmış çeşitli araştırma projelerinde görev almıştır. Çeşitli mesleki derneklere de üye olan Yenisey İngilizce bilmektedir.