

74287

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ • FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HEDEF PROGRAMLAMA VE ÇOK AMAÇLI
TRANSPORTASYON TEKNİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Burçin EREK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10 EYLÜL 1990

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 EYLÜL 1990

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Nahit SERARSLAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ramazan EVREN

Y.Doç.Dr. Bülent DURMUŞOĞLU

EYLÜL 1990

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖNSÖZ

Sanayi sektöründe karşılaşılan problemlerin çoğunun çok amaçlı bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Bu çalışmamın temel amacı bu tip problemlerin analizinde kullanılan çok amaçlı programlama tekniklerini incelemek ve sonuçları değerlendirmektir.

Bütün mühendislerin çok amaçlı karar verme teknikleri ile ilişkili olan temel kavramları bilmesi gereklidir. Diğer bir deyişle, teknolojik gelişmelere ayak uydurmak isteyen mühendislerin, iş dünyası içindeki yerini korumak isteyen üreticilerin çok amaçlı karar verme tekniklerini algılamış olmaları, günlük işler sırasında bu değerlendirme yöntemlerini kullanmaları gereklidir.

Bu çalışma sırasında değerli öneri ve uyarıları ile her türlü yardımı ve anlayışı esirgemeyen Sayın Hocam Doç.Dr. Nahit SERARSLAN'a ayrıca çalışmalarına katkılarından dolayı Sayın Prof.Dr. Ramazan EVREN'e teşekkür ederim.

EYLÜL 90

Burçin EREK

İ Ç İ N D E K İ L E R

ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	VI
ÖZET	VIII
SUMMARY.....	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME BİLİMİNE GİRİŞ..	2
2.1. Genel	2
2.2. Karar Sürecinin Bileşenleri.....	3
2.3. Temel Kavramlar.....	4
2.4. Optimum Çözüm, Baskın Çözüm, Uzlaşık Çözüm.....	8
2.5. Ekonomik Problemler.....	9
2.6. Firmanın Amaçları ve Bu Amaçların Karla İlişkisi.....	13
2.7. Çok Amaçlı Çatışmaya Ait Bir Örnek...	14
BÖLÜM 3. HEDEF PROGRAMLAMA.....	16
3.1. Hedef Programlama Tekniği.....	16
3.2. Lineer Hedef Programlama.....	18
3.2.1. Lineer Hedef Programlama Problemlerinin Grafik Yöntemle Çözümü.....	18
3.2.2. Lineer Hedef Programlamada İteratif Yaklaşım.....	21
3.2.3. Hedef Programlama Probleminin Simpleks Yöntemle Çözümü.....	24
3.3. Tamsayılı Hedef Programlama.....	28
3.4. 0-1 Hedef Programlama.....	32
3.4.1. White'in Dal Sınır Metodu.....	34
3.4.2. Lee Morris'in 0-1 Hedef Programlama Tekniği.....	34
3.4.3. Minimum-Minimax Yöntemi.....	36

3.5. Nonlinear Hedef Programlama.....	36
3.5.1. İteratif Nonlinear Hedef Programla- ma Probleminin Formülasyonu.....	37
3.5.2. İteratif Nonlinear Hedef Programla- ma Probleminin Çalışma Prosedürü...	39
BÖLÜM 4. ÇOK AMAÇLI SİMPLEKS METODU.....	56
4.1. Çok Amaçlı Problemlerin Grafik Göste- rimi.....	56
4.2. Çok Amaçlı Problemlere Simpleks Metodu İle Yaklaşım.....	58
4.2.1. Çok Amaçlı Simpleks Metodu Formü- lasyonu.....	58
4.2.2. Çok Amaçlı Simpleks Tablosunun Oluşturulması Ve Çözüm Aşamalarının İncelenmesi.....	59
4.2.2.1. Baskın Çözümün Aranması.....	65
BÖLÜM 5. ÇOK AMAÇLI TRANSPORTASYON PROBLEMİ.....	82
5.1. Çok Amaçlı Transportasyon Probleminin Formülasyonu.....	82
5.2. Çok Amaçlı Transportasyon İle İlgili Bir Örnek.....	85
5.3. Çok Amaçlı Transportasyon Probleminin Gerçek Bir Model Üzerinde Uygulanması	88
5.3.1. Verilerin Temini ve Analizi.....	88
5.3.2. Modelin Kurulması.....	89
5.3.3. Modelin Çözümü.....	89
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	90
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	129

ŞEKİL LİSTESİ

- ŞEKİL: 2.1. Karar Verme Sürecinin Bileşenleri
ŞEKİL: 2.2. Örnek 2.1'e Ait Karar Değişkenleri Uzayı
ŞEKİL: 2.3. Örnek 2.1'e Ait Amaç Fonksiyonları Uzayı
ŞEKİL: 2.4. Teknolojik Problem
ŞEKİL: 2.5. Ekonomik Problem
ŞEKİL: 2.6. Örnek 2.2'e Ait Amaçların Karşılaştırılması
ŞEKİL: 2.7. Etkin Tahsisin Yetersizliği
ŞEKİL: 2.8. Kârı Bir Amaç Olarak Ele Alan Grafik
ŞEKİL: 2.9. Kârı Bir Kısıt Olarak Ele Alan Grafik
ŞEKİL: 3.1. Örnek 3.1'e Ait Karar Değişkenler Uzayı
ŞEKİL: 3.2. Örnek 3.1'e Ait Grafik Çözüm
ŞEKİL: 3.3. 0-1 Çok Amaçlı Hedef Programlama Çözüm Metodlarının Sınıflandırılması
ŞEKİL: 3.4. İteratif Nonlineer Hedef Programlama İle İlgili Akış Diyagramı
ŞEKİL: 3.5. Örnek 3.4'e Ait Ara Çözümü Gösteren Grafik
ŞEKİL: 3.6. Örnek 3.4'e Ait Çok Amaçlı Çözümü Gösteren Grafik
ŞEKİL: 4.1. Örnek 4.1'ile İlgili Karar Değişkenleri Uzayı
ŞEKİL: 4.2. Örnek 4.2'ile İlgili Üç Boyutlu Karar Değişkenleri Uzayı
ŞEKİL: A.1. Dağıtım Sistemine Ait Akış Diyagramı

TABLO LİSTESİ

- TABLO: 2.1. Örnek 2.3 ile İlgili Beklenen Kâr Tablosu
- TABLO: 3.1. Örnek 3.2'e Ait Çok Amaçlı Simpleks Başlangıç Tablosu
- TABLO: 3.2. Örnek 3.2'e Ait Çok Amaçlı Simpleks Ara Çözüm Tablosu
- TABLO: 3.3. Örnek 3.2'e Ait Çok Amaçlı Simpleks Çözüm Tablosu
- TABLO: 3.4. Örnek 3.3. ile İlgili Simpleks Tablosu
- TABLO: 3.5. Örnek 3.3. ile İlgili Simpleks Ara Çözüm Tablosu
- TABLO: 3.6. Örnek 3.3. ile İlgili Son Çözüm Tablosu
- TABLO: 3.7. Nonlineer Hedef Programlama Problemine Ait Başlangıç Tablosu
- TABLO: 3.8. Nonlineer Hedef Programlama Probleminin Adım Adım Çözümü
- TABLO: 3.9. Nonlineer Hedef Programlama Probleminin Adım Adım Çözümü
- TABLO: 3.10. Nonlineer Hedef Programlama Probleminin İteratif Çözüm Değerleri Ve Sonuç
- TABLO: 4.1. Çok Amaçlı Simpleks Tablosu
- TABLO: 4.2. Örnek 4.3 ile İlgili Çok Amaçlı Simpleks Başlangıç Tablosu
- TABLO: 4.3. Simpleks Metoddaki Kullanılan Dönüşüm Tablosu
- TABLO: 4.4. Örnek 4.3'e Ait Ara Çözüm Değerleri
- TABLO: 4.5. Örnek 4.3 ile İlgili Çözüm Tablosu
- TABLO: 4.6. Örnek 4.4. ile İlgili Çok Amaçlı Simpleks Başlangıç Tablosu
- TABLO: 4.7. Örnek 4.4. ile İlgili Çok Amaçlı Simpleks Ara Çözüm Tablosu
- TABLO: 4.8. Örnek 4.4.'e Ait X^j Çözüm Değerleri
- TABLO: 4.9. Örnek 4.4.'e Ait Simpleks Ara Çözüm Tablosu
- TABLO: 4.10. Örnek 4.4 ile İlgili Çok Amaçlı Ara Çözüm Değerleri

TABLO: 4.11.	Örnek 4.4. ile İlgili Simpleks Ara Çözüm Değerleri
TABLO: 4.12.	x^6 Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığını Gösteren Tablo
TABLO: 4.13.	Örnek 4.4.'e Ait x^7 Çözüm Tablosu
TABLO: 4.14.	Örnek 4.4. ile İlgili Ara Çözüm Değerleri
TABLO: 4.15.	x^8 Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığını Gösteren Tablo
TABLO: 4.16.	Örnek 4.4.'e Ait x^9 Çözüm Tablosu
TABLO: 4.17.	x^9 Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığını Gösteren Tablo
TABLO: 4.18.	Sonuç Tablosu
TABLO: 5.1.	Çok Amaçlı Transportasyon Matrisinin Gösterimi
TABLO: 5.2.	Örnek 5.1.ile İlgili Kapasite-Talep Matrisi
TABLO: 5.3.	Örnek 5.1'e Ait Maliyet Matrisi
TABLO: 5.4.	Örnek 5.1'e Ait Zaman Matrisi
TABLO: 5.5.	Örnek 5.1'e Ait Emniyet Matrisi
TABLO: 5.6.	Örnek 5.1 ile İlgili Sonuç Tablosu
TABLO: A.1.	Talep ve Kapasiteleri Gösteren Tablo
TABLO: A.2.	Mesafe Tablosu
TABLO: A.3.	Dağıtımla İlgili Maliyet Matrisi
TABLO: A.4.	Siparişin Zamanında Temini İle İlgili Tablo
TABLO: A.5.	Uzlaşık Çözümü Elde Etmek İçin Kullanılan Ortak Matris
TABLO: A.6.	Dağıtımla İlgili Maliyet Çözüm Tablosu
TABLO: A.7.	Siparişin Zamanında Temini İle İlgili Çözüm
TABLO: A.8.	Uzlaşık Çözümüne Ait Sonuç Tablosu
TABLO: A.9.	Çözüm Tablosu

ÖZET

Klasik lineer programlama teknikleri çok amaçlı problemlerin çözümünde yetersiz kalır. Bu tip problemlerin analizinde çok amaçlı programlama tekniği kullanılır. Bu programlamanın esas amacı ideal çözüme en yakın mümkün çözümü seçmektir.

Çok amaçlı karar verme problemleri sadece mikro düzeyde değil, makroekonomik karar vermede de kullanılır. Enflasyon, ekonomik gelişme, işsizlik v.s. gibi ekonomik problemlerdeki en önemli sorun amaçlar arasındaki çatışmadır. Bu tip problemlerin analizinde kullanılan çok amaçlı program tekniği, problemin çözümünü kolaylaştırır.

Firma içindeki bütün faaliyet alanlarında çok amaçlı problemlere rastlamak mümkündür. Örneğin: Satınalma bölümünde bazı çok amaçlı problemler, satın alınan malın toplam maliyeti, şirket gereksinimleri, üçüncü şahıs tarafından tedarik edilen max-min satınalma düzeyi olabilir. Pazar araştırmasında ise yatırımın dönüş hızı, promosyon için yapılan harcamalar, pazardaki büyüme, reklam hacmi, özel kampanyalar çok amaçlı problemler olarak düşünülebilir. Benzer şekilde işgücü planlama probleminde, iş eğitim programlarında ve diğer alanlarda birçok amaç düşünülebilir.

Klasik Transportasyon probleminde çok amaçlı yaklaşmak mümkündür. Bu tip problemler e taşıma maliyeti minimizasyonu dışında taşıma zamanı, karşılanmamış talep, kullanılmayan kapasite gibi amaçlar eklenebilir.

Sonuç olarak, çok amaçlı karar verme teknikleri firmanın her birimde uygulanabilecek bir yapıya sahiptir.

GOAL PROGRAMMING AND MULTIPLE CRITERIA TRANSPORTATION PROBLEMS

SUMMARY

Decision making is not only the province of operations research, management science and decision science. It is an activity that everyone is interested in. While making decision about alternatives, multiple criteria programming techniques are used in the solutions to the problem. The main purpose of them is to select a possible solution which is as closely as the ideal solution.

Criteria or choice can be defined and quantitatively measurable or they can be mostly qualitative, poorly measurable, and laden with uncertainty. In the first case, the alternatives of choice are well described, their consequences are measurable. In the second case, the alternatives are only characterized by the criteria, their outcomes are uncertain and the cause-effect relationships are unclear.

The decision maker's tasks of deciding can be classified into four basic groups:

- 1)- Clearly defined, certain alternatives, which are evaluated in terms of a single criterion.
- 2)- Poorly defined, uncertain alternatives, which are evaluated in terms of a single criterion.
- 3)- Clearly defined, certain alternatives, which are evaluated in terms of multiple criteria.

- 4)- Poorly defined, uncertain alternatives, which are evaluated in terms of multiple criteria.

These four modes of decision making may be characterized as computation, judgment, compromise and inspiration, as in the table below;

		Criteria of choice	
		Single	Multiple
Description of alternatives	Certain	Computation	Compromise
	Uncertain	Judgment	Inspiration

Computation is a typical mode of operations research and decision analysis. A Well-defined and quantitatively measurable criterion is used to assign each alternative a single number and then the alternative with the best value is computed or searched. For example: What is the shortest route from a given production facility to a given ware house?

Judgment: The objective is usually single-dimensional, clearly stated, but poorly measurable. Because of the objective's poor measurability, these approaches resort to observations and evaluation of a large number of decision situations.

Compromise involves multiple criteria. Well-defined competing objectives-for example: In choosing a production mix with respect to both cost and production time. Attainment of shorter time is possible only at higher cost. The decision about these problems having conflicting objectives, can be solved only by some forms of compromise.

Inspiration as a mode of decision making is receiving a great deal of attention within the field of MCDM

The most complex strategic decisions involve a mixture of quantitative and qualitative multiple criteria as well as uncertain. Under such conditions it may be

difficult to recognize even whether a compromise solution has been reached. Political issues emphasis on human factors and their management is self evident. The decision maker must invent a new alternative, create a new vision. Such creative problem solving requires rather heavy reliance upon inspiration.

Multiple objectives appear not only on the microlevel of business and management decision making, groups, firms and corporations but also at the level of macroeconomic policy making. The most important subject in economic problems which are employment, economic growth, inflation, international harmony etc, is conflict between objectives.

Relation between decision maker and multiple criteria programming techniques used in the economic problem makes the solution of the problem easier. Multiple and conflicting objectives, for example, "minimize cost" and "maximize the quality of services" are real stuff of decision maker. Such problems are more complicated than the convenient assumptions of economic indicate. Improving achievement with respect to one objective can be accomplished only at the expense of another. Decision making can be defined as a struggle to resolve dilemma of conflicting objectives.

Multiplicity of criteria occurs in almost every area of business decision making and operations. They appear in accounting, finance, operations management, man power planning, personnel selection etc.

A breakeven analysis usually deals with one particular product but that product is typically part of a portfolio of products. A multiproduct breakeven analysis would lead naturally to decision making within the framework of conflicting breakeven points. For example in budgeting the multiple criteria may include profits, sales revenues, number of worker hours, number of people hired, departmental budgets and etc. Working capital management involves profit, cash balances, current ratio, bank deposit balances etc. Capital budgeting models represent one of the richest sources of multiple criteria: Budget allocation targets, net present value, income growth, cash inflow, total cost purchased items, company requirements, minimum and maximum purchases placed with any supplier, unit requirements per supplier etc. Media planning concerns budget over expense, exposure limits, population groups, economic segments.

Marketing planning deals with the rate of return of investment, wages and salaries, promotional expenditure, annual market growth, volume of advertising, special campaigns etc. In manufacturing function, There are many different types of manufacturing firms that use different sets of criteria to judge their performance. A steady state manufacturer, facing constant and reliable demand, is concerned about low cost and rapid delivery. The market creating firm would typically emphasize reliable delivery and product flexibility. Innovative firms are most likely concerned about high quality, reliable delivery and the learning capacity of their employees. Additional criteria are taken into account by different firms at different times: Consistent quality, low investment, volume flexibility, good working conditions, low pollution, product classification, and some others. Using one or another combination of criteria could affect the success or failure of a firm. Using one criteria or too many criteria are both undesirable extremes and usually signal bad management similarly problems of manpower planning, training programs, project assignment, sales effort allocation and others are characterized by multiplicity of criteria.

It is similar in business decision making. Especially in financial planning, there are many indicators of company performance which should be neither too high or too low as strategic or tactical devices, they should be on target or as close as possible to it. Typical examples include dividend cover, amount of liquidity, debt equity ratio.

Organization Of This Thesis;

Chapter 2 provides the language and basic concepts of multiple criteria decision making. Concepts of criteria, goals, objectives and attributes are explained and carefully defined. In this chapter technological versus economic problems and objectives of the firm, the role of profit are described.

After discussing the role of the profit among the multiplicity of business objectives and criteria of performance, an example of multiobjective conflict is analyzed quantitatively.

Chapter 3 covers goal programming methods used in different problems such as integer, nonlinear, linear, 0-1 etc. and linear multiobjective programming.

Decision alternatives which are discrete are often dealt with. They could be listed separately one by one, forming countably small sets of "points" in the multidimensional space of attributes or criteria. There are many types of problems in which not only every discrete points but also every feasible combination of them identifies a decision alternative. Thus there could be an infinite number of possible courses of action. Their analysis by simple enumeration, as we usually can do with discretely defined alternatives, would be prohibitively time consuming, costly, or plain impossible. One needs more efficient method. A suitable methodology for handling such problems is called linear multiobjective programming (LMP).

While linear multiobjective programming deals with minimization or maximization of various objectives functions, goal programming is concerned with conditions of achieving prespecified targets or goals. The setting of goals is a tactical device which often complements the pursuit of objectives. Depending on the situation, for example, an athlete's objective might be to run as fast possible, or to be the fastest in a given group of runner, as or to run 100 meters in no more than 10.2 seconds, or to finish at least third in the field. The tactics employed will be different in every instance.

Once individual goals have been stated, the purpose of goal programming is to achieve the goal portfolio as closely as possible, to minimize the set of deviations from goals. All goals can be considered simultaneously or they can be taken one by one.

Solution techniques of integer, 0-1, nonlinear goal programming are described in this chapter in addition some problems related with these methods are solved iteratively.

Chapter 4: One of the most applications of linear programming is in solving transportation problems. While solving this problem by linear program, there is only an objective which is related with minimization of cost. It's possible to increase the number of criteria adding delivery time, quantity of goods delivered, unfulfilled

demand, under capacity, reliability of delivery, safety of delivery and many others. Therefore problem can easily be transformed into multiple criteria transportation problem. Moreover chapter 4 provides the solution technique of multiple criteria transportation problem.

In appendix A, There is a problem whose data, sources, demands, cost values, values that are related with procurement of the order on time, were provided from Unilever Company. Two conflicting criterias, one of which is cost minimization and the other is procurement of the order on time are analyzed by the help of computer programs (BASIC-QSB). When the last solution to this complex problem having ten sources and thirty nine demands is examined. The proximity of compromise solution to ideal solution can be easily seen.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Etrafımızdaki olayları tek boyutlu olarak görmek ve bunlara tek bir kriter koyarak analiz etmek pek gerçekçi olmaz. Onun yerine konu ile ilgili amaçları belirlemek, bunları öncelik düzeylerine göre sıralamak ve programlamak daha etkin bir çalışma örneği olacaktır. Örneğin: en yüksek ücret teklifi tek bir amaçtır. Ancak problem daha ayrıntılı düşünülebilir ve bu amaca ücret artışlarındaki oran, iş koşulları, v.s. eklenebilir. Benzer şekilde en kısa yol problemi tek amaçlı problemdir. Bu problemle ilgili bir diğer amaçta yolun emniyeti olabilir.

Problemlere çok amaçlı yaklaşmanın dezavantajı aralarındaki çatışmadır. Problemin mümkün en iyi duruma getirilmesi çok amaçlı programlama tekniği sayesinde olur. Avantajı ise; problemle ilgili mümkün bütün koşulların, amaçların değerlendirilmesi ve çözümü sayesinde olay daha belirginleşir, risk faktöründe buna bağlı olarak azalır.

Günümüzde ekonomik problemler, dinamik bir yapıya sahip olduğu için olayı tek bir amaç çerçevesinde incelemek yerine çok amaçlı yaklaşmak daha etkin bir çözüm olacaktır.

BÖLÜM 2. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME BİLİMİNE GİRİŞ

2.1. Genel

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. Bir karar verme sürecinde etkili olan faktörler sırasıyla karar verici, karar ortamı, amaçlar alternatifler ve kaynaklardır. Zaman faktöründe eklenmesi ile olaya dinamik bir yapı kazandırılır.

Karar verici çevrenin, sürecin ve kaynakların oluşturduğu kısıtları tatmin eden bir çözüme ulaşmada birden fazla kriteri gözönünde bulundurmmalıdır. Klasik matematik optimizasyon teknikleri ile karar verme problemi, tek kritere dayanan bir amaç fonksiyonu ve birden fazla kısıt denklemi ile temsil edilmektedir. Kısıtları karşılayan ve amaç fonksiyonunu en iyileyen çözüm optimum çözümdür. Örneğin: Tek amaçlı maksimizasyon probleminin formülasyonu aşağıdaki şekilde yapılır.

$$\max f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Kısıtlar

$$g_{11}x_1 + g_{12}x_2 + \dots + g_{1n}x_n \leq 0 \quad (2.1)$$

$$g_{m1}x_1 + g_{m2}x_2 + \dots + g_{mn}x_n \leq 0 \quad x \geq 0$$

Bu formülasyonda x , n boyutlu karar değişken vektörünü göstermektedir.

Bir tek amaç yerine birbiriyle çatışan çok amaçlı daha gerçekçi bir karar verme problemi aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$\max | f_1(\underline{x}) , f_2(\underline{x}) , \dots \dots \dots f_L(\underline{x}) | \quad (2.2)$$

Kısıtlar

$$g_k(\underline{x}) \leq 0 \quad k= 1, \dots, m$$

$$\underline{x} \geq 0$$

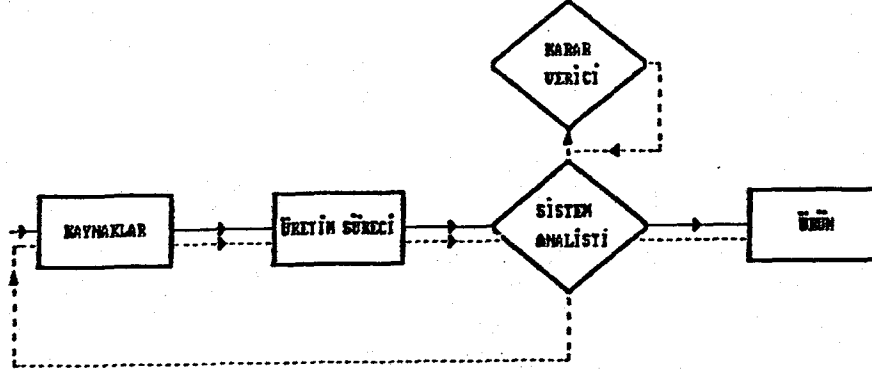
Bu problem vektör maksimizasyon problemi olarak bilinmektedir. Görüldüğü gibi bir amaç fonksiyonu yerine L tane amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi söz konusudur. Problemin optimum çözümü tüm amaç fonksiyonlarını birlikte enbüyükleyen çözümdür. Böyle bir çözüme ulaşmak güçtür. Çünkü amaçlar birbiriyle çelişen negatif yönde etkileşim gösteren bir yapıya sahiptir. Bu tip problemlerin çözümde temel yol: Herbir amaç için optimum olan çözümlerin belirli bir şekilde karar vericinin tercihlerindeki dikkate alarak uzlaştırılmasıdır.

2.2. Karar Sürecinin Bileşenleri

Üretime dönük bir sistemde karar verme, değerli kaynakların daha değerli olan ürünlere dönüştürülme şeklini belirleme sürecidir. Bu sürecin üç temel bileşeni vardır.

- * Karar sürecinin mekaniği
- * Araştırma ve sistem analisti
- * Karar verici

Karar verme sürecinin bileşenleri arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibi şematize edilebilir.



ŞEKİL: 2.1. Karar Verme Sürecinin Bileşenleri

Noktalı hatlarla gösterilen akış, sistem analistinin karar verici ile etkileşimli olarak mekanik prosesi yönetme biçimini göstermektedir. Normal hatlarla belirtilen akış karar vermenin mekaniğini göstermektedir. Tek amaçlı karar verme problemlerinde, karar vericinin tercihleri bu süreçte yer almasına karşılık çok amaçlı karar verme problemlerinde büyük önem kazanmaktadır [1].

2.3. Temel Kavramlar

Çok amaçlı sistemlerin ve programlama tekniğinin iyi anlaşılabilmesi bazı temel kavramların incelenmesi ile mümkün olur. Karar vermede kullanılan bazı terimler aşağıda açıklanmıştır.

Bileşen: Bileşen amacın tanımlayıcısıdır ve karar vericinin ihtiyaçlarından, isteklerinden bağımsız olarak tanımlanır ve ölçülürler.

Amaç: Bir karar verme probleminde amaçlar, kriterlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanır.

Bileşenler tanımlandıktan ve ölçüldükten sonra, karar verici hangi amacın maksimize veya minimize edileceğine karar vermelidir. Burada karar vericinin istekleri ve ihtiyaçları işin içine girer. Amaçlar bileşenler çerçevesinde tercih veya gelişmenin yönünü belirler. Gelişmenin iki yönü vardır, biri maksimizasyon diğeri minimizasyondur. Bu ifadenin ışığı altında örneğin yükseklik kendi başına bir bileşendir. Ancak yüksekliğin maksimizasyonu veya mevcut kişiler arasında en uzun olanı bulmak ise bir amaçtır. Bir başka örnekte ise: karar verici yeni bir otomobil seçerken arabanın özellikleri sırasıyla beygirgücü, ağırlık, fiyat, renk vb. olabilir. Bütün bu özellikler az ve çok ölçülebilir. Bu niteliklerin herhangi birinin minimizasyonu veya maksimizasyonu amaç olarak tanımlanır. (Beygir gücünün maksimizasyonu, yakıt sarfiyatının minimizasyonu) [2]. Alt düzeydeki amaçlar daha yüksek düzeydeki amaçların bileşenleridir.

Hedef: Hedefler karar vericinin ihtiyaçları ve istekleri olarak tanımlanır. Örneğin: Yakıt tasarrufunun maksimizasyonu bir amaçtır. Yakıt tasarrufunu maksimize ederken her galon'da 26 mil gibi spesifik bir değere ulaşmak hedeftir. Aya ulaşmak veya Everest dağının zirvesine ulaşmak bir hedeftir. Ancak mümkün olan en kısa zamanda Everest'in tepesine ulaşmak bir amaçtır.

Kriter: Kriterler karar vericiye rehberlik eden ölçütleri veya standartlardır. Karar verici değişik nitelikleri, amaçları ve hedefleri seçerken ve formüle ederken bu üç kategoriyi kriterler çerçevesinde inceler [3].

Bu tanımlar doğrultusunda çok amaçlı karar verme problemi en genel halde aşağıdaki şekilde düşünülebilir.

$$\max | f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_L(\underline{x}) | \quad (2.3)$$

$$g_i(\underline{x}) \leq 0 \quad i=1, \dots, m$$

$$\underline{x} \geq 0$$

Bu problemde $g_i(\underline{x}) \leq 0$ kısıt denklemleri karar değişkenlerinin alabileceği enbüyük ve enküçük değerleri belirlemekte, dolayısıyla mümkün çözüm alternatiflerini tanımlamaktadır. Bu nedenle bu kısıtlar setinin belirlediği bölgeye olurlu bölge denir.

Olurlu bölge, kısıtlar setini tatmin eden karar değişkenleri setidir. X ile gösterilen bu bölge matematiksel olarak şöyle tanımlanır.

$$X = \{ \underline{x} \mid g_i(\underline{x}) \leq 0, \quad i=1, \dots, m \} \quad (2.4)$$

Karar değişkenleri uzayında X olarak belirlediğimiz bölgeye karşı amaçlar uzayında S ile gösterilen olurlu bölge aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$S = \{ \underline{y} \mid \underline{y} = F(\underline{x}), \underline{x} \in X \} \quad (2.5)$$

$$F(\underline{x}) = | f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_L(\underline{x}) |$$

Aşağıdaki örnek karar değişkenler uzayı ve amaç fonksiyonlar uzayının grafik gösteriminin nasıl yapıldığını belirtmektedir.

Örnek: 2.1.

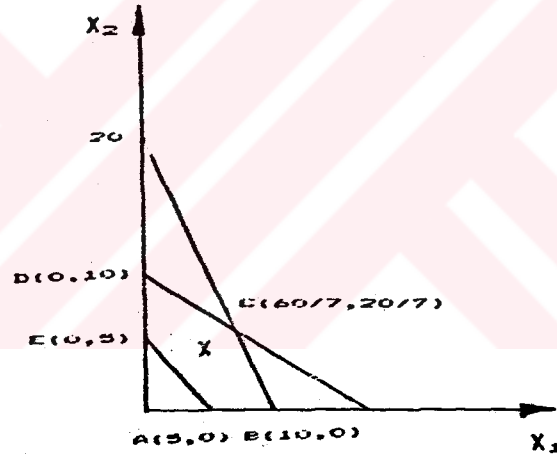
$$\max f_1(\underline{x}) = 4x_1 + x_2$$

$$\max f_2(\underline{x}) = x_2$$

$$x \quad 2x_1 + x_2 \leq 20$$

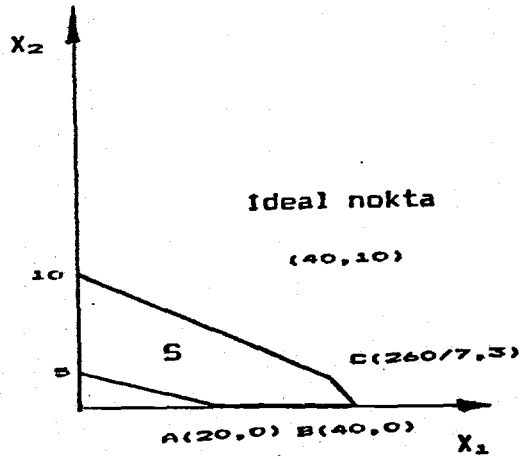
$$\frac{5}{6}x_1 + x_2 \leq 10$$

$$x_1 + x_2 \geq 5$$



Karar Değişkenleri Uzayı

ŞEKİL: 2.2. Örnek: 2.1'e Ait Karar Değişkenleri Uzayı.



Amaç Fonksiyonları Uzayı

ŞEKİL: 2.3. Örnek 2.1'e Ait Amaç Fonksiyonları Uzayı

2.3. Optimum Çözüm, Baskın Çözüm, Uzlaşık Çözüm

Optimum Çözüm;

Vektör maksimizasyon probleminin optimal çözümü her bir amaç fonksiyonunu birlikte enbüyükleyen çözümdür. Matematiksel olarak şöyle ifade edilir.

Yalnız ve yalnız;

$$a)- \underline{x}^* \in X$$

$$b)- f_i(\underline{x}^*) \geq f_i(\underline{x}) \quad i= 1, \dots, L \quad (2.6)$$

$$\underline{x} \in X$$

ise $\underline{x}^*$ vektör maksimizasyon probleminin optimum çözümüdür.

Baskın Çözüm;

Vektör maksimizasyon probleminin diğer amaç fonksiyonları arasında en az birinde gerilemeye sebep olmaksızın, diğer amaç fonksiyonunda gelişme sağlanamayan çözümlerine baskın çözüm denir. Matematiksel olarak da şöyle ifade edilir.

$$\begin{aligned} \text{a)- } \underline{x} \in X, f_i(\underline{x}^*) &\leq f_i(\underline{x}) && \text{bütün } i\text{'ler için} \\ \text{b)- } f_j(\underline{x}^*) &< f_j(\underline{x}) && \text{en az bir } j \text{ için} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Şartlarını sağlayan herhangi diğer bir çözüm;
 $\underline{x}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ yoksa $\underline{x}^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$ çözümü baskındır.

Uzlaşık Çözüm;

Herbir amaç için optimum olan çözümlerin belirli bir şekilde karar vericinin tercihleri doğrultusunda uzlaştırılması ile elde edilen çözümlere uzlaşık çözüm (compromise solution) denir [1].

2.5. Ekonomik Problemler

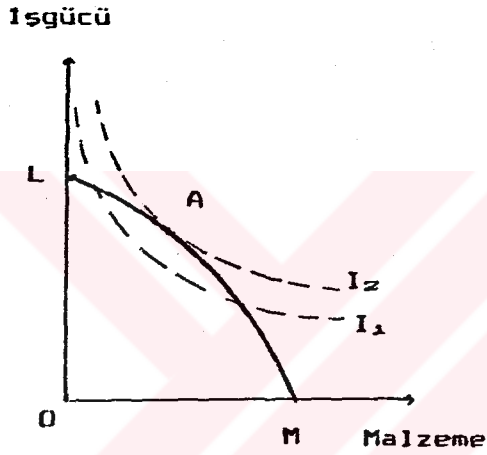
Örnek 2.2: Maksimum beygir gücüne sahip otomobil üretiminde;

- 1)- Hammadde
- 2)- Tecrübeli eleman
- 3)- Enerji

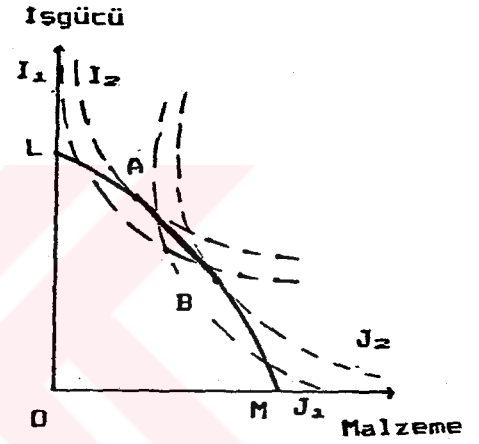
4)- Patent vb. gibi özellikler önem taşır. Eniyi otomobil istendiğinde bu en iyi fikrin altında bir çok durumlar ve değişik varyasyonlar yatar. Sadece beygir gücü değil ağırlık, boyut, güvenlik, fiyat vb. gibi bileşenlerde işin içine girer [4]. Birden fazla amaç

içeren bu tip problemlere çok amaçlı karar verme problemleri veya ekonomik problemler denir.

Şekil 2.4 ve Şekil 2.5 tek ve çok amaçlı karar verme yapıları arasındaki farkı göstermektedir.



ŞEKİL: 2.4. Teknolojik Problem.

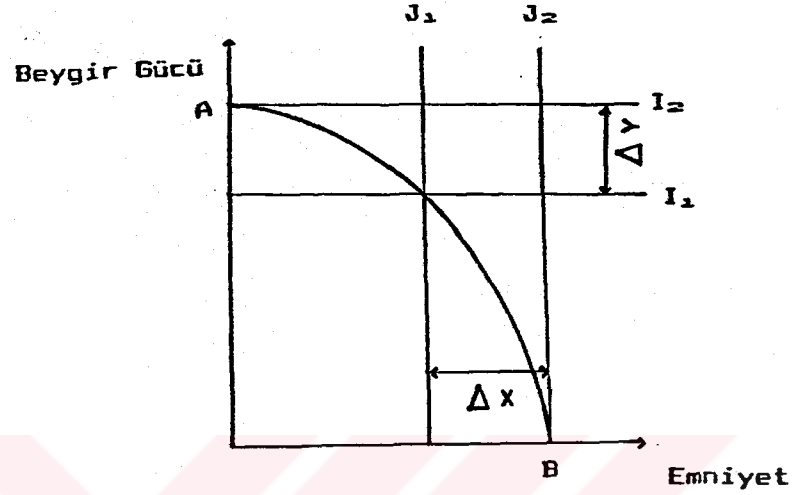


ŞEKİL: 2.5. Ekonomik Problem.

Her iki şekilde de malzeme ve işgücü olarak iki özellik mevcuttur. İşgücü ve malzemede maksimum değerler OL ve OM parçaları ile mümkün üretim sınırında LM ile gösterilir. Tek amaçlı problemlerde I_1 ve I_2 eğrileri aynı beygir gücüne sahip otomobil üretiminde kullanılan işgücü ve malzeme kombinasyonlarını gösterir. A noktası ise, mevcut kaynaklar içinde maksimum beygir gücüne sahip otomobil üretmek için işgücü ile malzeme arasındaki uygun kombinasyonu verir.

Bu probleme bir başka amaç olarak emniyet faktöründe

eklenirse sistem ekonomik bir yapıya dönüşür. Bu çok amaçlı problem Şekil 2.5'de görülmektedir. Bu diyagramda J_2 ve J_1 emniyet ile ilgili eşdeğer eğrileridir.

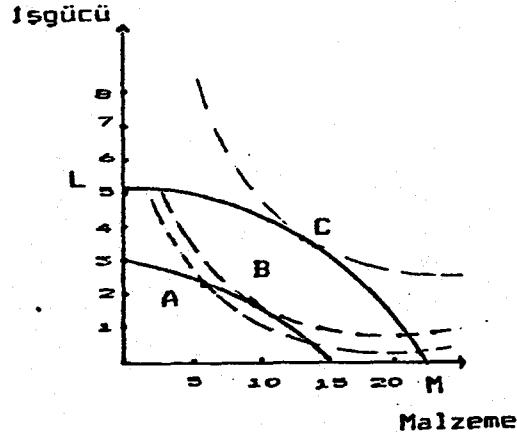


ŞEKİL: 2.6. Örnek 2.2'e Ait Amaçların Karşılaştırılması.

Şekil 2.6'da ise her iki amaç fonksiyonu arasındaki ilişki görülmektedir. Bu iki amacın maksimum değerleri ideal çözümü oluşturur, ancak uygun bir çözüm değildir. Bundan dolayı çok amaçlı bir çatışma sözkonusudur. A ve B noktaları arasındaki eğri üzerinde her nokta uygun çözümdür. Ancak bu çözüm karar vericinin tercihi doğrultusunda belirlenir.

Ekonomik karar verme yapıları çok basittir. Karar verme adımları sırasıyla:

- 1)- Bütün uygun alternatiflerin alanını tanımla.
- 2)- Alternatifleri öncelik sırasına göre diz.
- 3)- Matematiksel teknikleri kullanarak araştır.
- 4)- En iyi çözümü bulduğunda dur.



ŞEKİL: 2.7. Etkin Tahsisin Yetersizliği.

Karar verme adımlarının etkin kullanımı performansı pozitif yönde etkiler. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, kaynakların tekrardan tahsisi yalnız başına yeterli olmayaabilir. Üretim sınırı içinde A noktasından B noktasına bir hareket sağlanabilir. I_1 'den I_2 'ye artış performansa da küçük bir kazançtır. Üretim girdileri, hiçbir zaman mümkün üretim sınırını belirlemez. Mümkün üretim sınırındaki hareket için yönetsel karar verme, motivasyon, bilgi, organizasyon gereklidir[5].

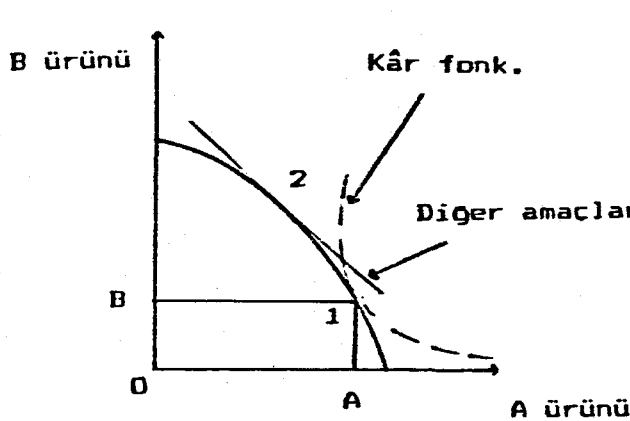
Performansda daha fazla kazanç için üretim sınırındaki C noktasına veya I_1 'den I_3 'e girişlerin oranını değiştirmeksizin ilerlemek mümkündür. Eğer girişler optimal tahsis edilirse, efor ve motivasyon etkisi ile kazanılan performans değeri yeterli olur.

2.6. Firmanın Amaçları Ve Bu Amaçların Kârla İlişkisi

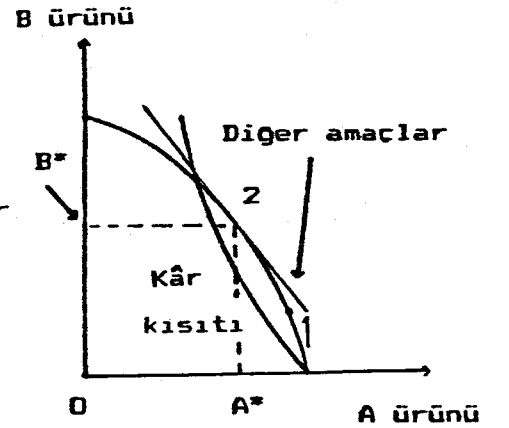
Drucker'a göre firmada aşağıdaki alanlarda çok amaçlı bir yapı kurulmalıdır [6].

- 1)- Pazarlama
- 2)- İşgücü kaynakları
- 3)- Finansal kaynaklar
- 4)- Fiziksel kaynaklar
- 5)- Üretkenlik
- 6)- Sosyal Sorumluluk
- 7)- Kârın maksimizasyonu ile ilgili gereçler

Bu amaçlar işin stratejisine bağlı olarak değişir. Drucker kârı bir amaç olarak değil bir gereç olarak ele almıştır. Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'a bakıldığında iş faaliyetlerini yansıtan A ve B şeklinde iki ürün görülmektedir. A ve B'nin değişik miktarlardaki kombinasyonları mümkün alternatif çözüm noktalarını verir. Kâr fonksiyonu Şekil 2.8'de görüldüğü gibi maksimuma 1 noktada şirketin diğer amaçları ise maksimuma 2 noktada ulaşır. Bu da kâr fonksiyonu ile diğer amaçlar arasındaki gelişkiyi gösterir.



ŞEKİL: 2.8. Kârı Bir Amaç Olarak Ele Alan Grafik



ŞEKİL: 2.9. Kârı Bir Kısıt Olarak Ele Alan Grafik.

Kârı tek başına bir amaç olarak düşünmek diğer amaçlar üzerinde olumsuz etki yaratır. Şekil 2.9'da ise kâr bir kısıt olarak ele alınmaktadır. Maksimize edilecek diğer amaçlar 2 noktasında istenilen düzeye ulaşmasına rağmen kâr fonksiyonunun değeri Şekil 2.8'deki değerine nazaran daha az olduğu görülür. Bu da kârın tek bir amaç fonksiyonunu yoksa kısıt olarak ele alınmalıdır sorusunu akla getirir.

2.7. Çok Amaçlı Çatışmaya Ait Bir Örnek

Örnek 2.3: Orjinal bir kitaptan kaç nüsha yapılacağına dair aşağıdaki problem, klasik tek amaçlı yaklaşım ile çok amaçlı karar verme arasındaki farkı göstermektedir. Kitabın satış fiyatı \$ 10 ve üretim maliyeti=\$2000 (sabit maliyet), \$ 2 (her bir kitap için) değişken maliyet. Eğer 2000 kopya basılırsa, toplam maliyet= \$ 2000+ \$2.(2000)= \$ 6000, \$20000'lık bir satış tahmin edilirse, kâr \$ 14000 olur.

Ancak ne kadar kitap satılacağı kesin değildir. Bundan dolayı talep tahmini yapmak gerekir. Aşağıdaki tablo talep düzeyi ve tahmin edilen olasılık değerlerini göstermektedir [7].

Talep düzeyi	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Tahmin edilen Olasılık	.05	.15	.30	.25	.15	.10	.00

Eğer 2000 kitap basılırsa, beklenen değer:
Maliyet daha evvel belirtildiği gibi \$ 6000'dir.
 $(-6000 \times .05) + (.15 \times 4000) + (.30 \times 14000) + (.25 \times 14000) +$
 $(0.15 \times 14000) + (.10 \times 14000) + (.00 \times 14000) = \$ 11.500$
Aynı hesap 0, 1000, 3000, 4000, 5000 ve daha fazla kitap için yapıldığında beklenen kâr değerleri ne olur?

TABLO: 2.1. Örnek 2.3. ile ilgili Beklenen Kâr Tablosu

Talep	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000+	Beklenen Kâr
Olasılık Değerleri	.05	.15	.30	.25	.15	.10	.00	
0	0	0	0	0	0	0	0	
1000	-4000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	5500
2000	-6000	4000	14000	14000	14000	14000	14000	11500
3000	-8000	2000	12000	22000	22000	22000	22000	14500
4000	-10000	0	10000	20000	30000	30000	30000	15000
5000	-12000	-2000	8000	18000	28000	38000	38000	14000
6000	-14000	-4000	+6000	16000	26000	36000	46000	12000

Tablo incelendiğinde, \$ 15000 ile 4000 kopya en iyi karardır.
Ancak satışın 4000 kopyadan daha az olma riski % 75'dir.
2000 kopyada bu risk % 20'ye düşer.

BÖLÜM 3. HEDEF PROGRAMLAMA

3.1. Hedef Programlama Tekniği

Hedef programlama ilk Charnes & Cooper tarafından düşünüldü. Daha sonra Ijiri tarafından geliştirildi. Bu metotta, karar verici hedefleri tercih sırasına koyar. Tercih edilen çözüm sıraya konulmuş hedeflere yaklaşma derecesini minimum kılan değerler kümesidir.

Vektör maksimum probleminde basit hedef programlama formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$\min \left| \sum_{j=1}^k (d_j^- + d_j^+) \right|^p, \quad p \geq 1$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) \leq 0 \quad i=1,2,\dots,m$$

$$f_j(\underline{x}) + d_j^- - d_j^+ = b_j \quad j=1,2,\dots,k \quad (3.1)$$

$$d_j^-, d_j^+ \geq 0 \quad \forall j \quad d_j^- \cdot d_j^+ = 0 \quad \forall j$$

$b_j, j=1, \dots, k$ amaçlara uygun olarak karar verici tarafından ayarlanan hedeflerdir. d_j^- ve d_j^+ 'de, j . hedefe olan + ve-sapmayı göstermektedir. p 'nin değeri ise karar vericinin yarar fonksiyonu $u(f)$ 'ye bağlıdır.

Hedef programlamanın en genel formu ise aşağıdaki gibidir.

$$\min |p_1 h_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), p_2 h_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, p_L h_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+)|$$

Kısıtlar

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

$$f_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1, \dots, k \quad (3.2)$$

$$d_i^-, d_i^+ \leq 0 \quad \forall_i$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall_i$$

$h_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$, $i=1,2,\dots,L$ sapma değişkenlerinin lineer fonksiyonudur ve başarı fonksiyonu olarak adlandırılır.

p_i , $i=1,2,\dots,L$, önceliği gösteren ağırlıklardır.

Hedef programlamanın çözüm algoritması $h_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ daha sonra $h_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ başarı fonksiyonları minimize edilir. Bu işlem $h_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ fonksiyonu minimize edilene kadar devam eder.

Lineer modeller için bazı özel bilgisayar programları mevcuttur. Bu tip problemler iteratif olarak temel simpleks algoritması ile çözülebilir.

Hedef programlamanın avantajı: Karar vericinin her bir amaç fonksiyonu için ağırlık tanımlamasına gerek yoktur. Sadece hedefler arasında bir tercih sıralaması yapılır.

Hedef programlama çok amaçlı karar verme problemlerinin çoğunda kullanılır [8,9].

3.2. Lineer Hedef Programlama

Aşağıda genel lineer hedef programlama formülasyonu görülmektedir.

$$\min \underline{a} = h_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), h_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, h_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n C_{ij}x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1, \dots, m \quad (3.3)$$

$$x, \underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0$$

3.2.1. Lineer Hedef Programlama Probleminin Grafik Yöntemle Çözümü

Lineer hedef programlama problemlerinin çözümünün kolay anlaşılabilmesi için öncelikle grafik yaklaşımdan başlanır. Grafik analizde önemli bir dezavantaj ; üçden fazla karar değişkenine sahip problemlerin grafik gösteriminin olanaksız olmasıdır. Grafik çözümde temel fikir anlaşıldıktan sonra daha karmaşık problemlere yaklaşım kolay olacaktır.

Örnek 3.1: Birim kârları sırasıyla A: \$ 0.40 B:\$ 0.30 olan iki farklı kalitede mamul üreten bir firmada A tipi mamulün yapımı B'ye nazaran iki kat daha fazla zaman gerektirmektedir. Eğer bütün mamuller B tipi üretilirse hergün 500 tane yapılıyor. Malzeme ise her ikisi için 400 mamul üretime olanak verir. Üretilen bütün mamullerin (A ve B için) satıldığı düşünülürse;

$$\max f_1 = 0.4x_1 + 0.3x_2$$

Kısıtlar

$$x_1 + x_2 \leq 400 \text{ (malzeme kısıtı)}$$

$$2x_1 + x_2 \leq 500 \text{ (kapasite kısıtı)}$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Optimum çözüm;

$$x_1^* = 100 \quad x_2^* = 300 \quad f_1^* = \$ 130$$

Bu problem hedef programlama problemi olarak da düşünülebilir.

$$\text{Min } \underline{a} = |(d_1^+ + d_2^+), (d_3^-)|$$

Kısıtlar

$$G_1: x_1 + x_2 + d_1^- - d_1^+ = 400$$

$$G_2: 2x_1 + x_2 + d_2^- - d_2^+ = 500$$

$$G_3: 0.4x_1 + 0.3x_2 + d_3^- - d_3^+ = 240$$

$$\underline{x}, \underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0$$

Başarı fonksiyonu iki parçadan oluşmaktadır. G_1 ve G_2 mutlak kısıt fonksiyonları olduğu için ilk öncelik $(d_1^+ + d_2^+)$ 'nin minimizasyonudur. İkinci öncelik ise d_3^- 'nin optimize edilmesidir. G_3 hedefi için \$ 240 gibi keyfi bir değer belirlenir ve bu değere hiç bir zaman ulaşılmaz.

$$(\$0.4 \times 400 = \$160 < \$240 \quad \text{ve} \quad \$0.3 \times 400 = \$120 < \$240)$$

Şekil 3.1 ve 3.2'de G_1 , G_2 ve G_3 hedefleri görülmektedir. Bu üç hedefi sağlayan bir olurlu bölge yoktur. G_3 , G_1 ve G_2 ile çelişmektedir. Hedef programlamada öncelik düzeylerinin belirlenmesi ile bu problem kolaylıkla çözülebilir. P_1 öncelik düzeyindeki çözüm uzayı Şekil 3.1'de işaretlenmiştir. p_1 'i azaltmadan p_2 ihtimal düzeyi belirlendiğinde $d_3^- = 110$ değerini alır.

$$x_1 + x_2 = 400 \quad 0.4 x_1 + 0.3 x_2 + d_3^- - d_3^+ = 240$$

$$2x_1 + x_2 = 500$$

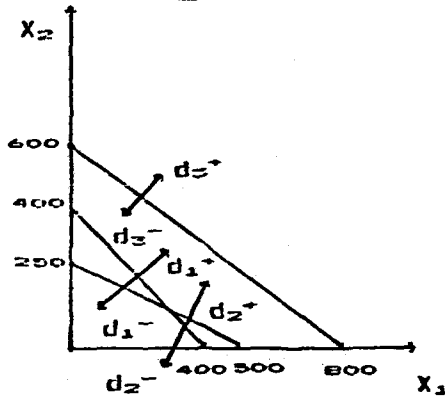
$$x_1 = 100 \quad d_3^+ = 0$$

$$x_2 = 300 \quad d_3^- = 110$$

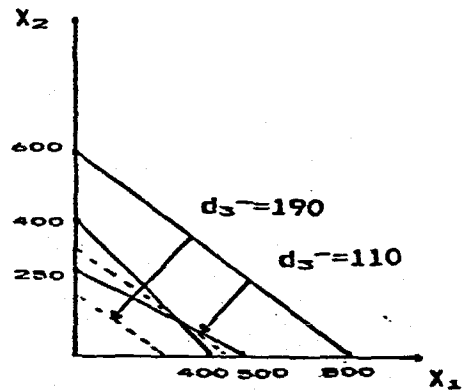
d_3^- daha azaltmak istenirse buna bağlı olarak p_1 öncelik düzeyi değişir ve G_1 ve G_2 kısıt fonksiyonlarındaki d_1^+ ve d_2^+ sapma değişkenleri pozitif değer alır. Şekil 3.2'de ise örnek 3.1'e ait grafik çözüm görülmektedir.

$$x_1^* = 100 \quad x_2^* = 300$$

$$\underline{a}^* = 0,110$$



ŞEKİL:3.1. Örnek 3.1'e Ait Karar Değişkenler Uzayı



ŞEKİL: 3.2. Örnek 3.1'e Ait Grafik Çözüm

3.2.2. Lineer Hedef Programlamada İteratif Yaklaşım

Çok amaçlı lineer programlama probleminin matematiksel formülasyonu:

$$\max |f_1(\underline{x}), f_2(\underline{x}), \dots, f_k(\underline{x})|$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) \leq c_j \quad j=1,2,\dots,m \quad (3.4)$$

$$x_i \geq 0 \quad i=1,2,\dots,n$$

$$f_t(\underline{x}) = \sum_{i=1}^n c_{ti} x_i \quad t=1,\dots,k$$

$$g_j(\underline{x}) = \sum_{i=1}^n a_{ji} x_i \quad j=1,2,\dots,n$$

yukarıdaki problemin lineer hedef programlama formülasyonu ise

$$\text{Min} |p_1 a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), p_2 a_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, p_L a_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+)|$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_j^- - d_j^+ = c_j \quad j=1,2,\dots,m \quad (3.5)$$

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = b_t \quad t=1,2,\dots,k$$

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

$$g_j(\underline{x}) + d_j^- - d_j^+ = c_j \quad \text{Mutlak kısıt}$$

$$f_t(\underline{x}) + d_t^- - d_t^+ = b_t \quad \text{Hedef kısıtı}$$

Bu problemin temel çözüm algoritması şöyledir:

Öncelikle $a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ minimize edilir. Bu işlem $a_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ 'e kadar devam eder. Bu problem iteratif olarak klasik simpleks algoritması ile çözülebilir.

İteratif yaklaşımda hedef programlama modeli L adet tek amaçlı fonksiyon şeklinde düşünülür [9].

Problem 1:

$$\min a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = c_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0 \quad (3.6)$$

İlk öncelik düzeyinde kullanılacak kısıt mutlak kısıttır. a_1^* , problem 1'in optimal çözümüdür ve $(a_1^* = \min(\underline{d}^-, \underline{d}^+))$ genelde sıfıra eşittir. Eğer $a_1^* \neq 0$ ise hedef programlamada çözüm yoktur ve mutlak kısıtlarla meydana gelen olurlu bölge boştur. a_1^* dan sonra problem 2'ye geçilir.

Problem 2:

$$\min a_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = c_i \quad (1)$$

$$a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_1^* \quad (2)$$

(3.7)

$$f_1(\underline{x}) + d_{m+1}^- - d_{m+1}^+ = b_1$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0$$

a_2^* 'da ikinci problemin çözümüdür.

Problem 3:

$$\min a_3(d^-, d^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = c_i \quad i=1, \dots, m$$

$$a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_1^*$$

$$f_1(\underline{x}) + d_{m+1}^- - d_{m+1}^+ = b_1 \quad (3.8)$$

$$a_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_2^*$$

$$f_2(\underline{x}) + d_{m+2}^- - d_{m+2}^+ = b_2$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0$$

a_3^* 'da 3. problemin optimal çözümüdür.

İteratif yaklaşımın genel modeli:

Problem (j+1)

$$\min a_{j+1}(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$a_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_i^* \quad i = 1, \dots, j$$

$$f_i(\underline{x}) + d_{m+i}^- - d_{m+i}^+ = b_i \quad (3.9)$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0$$

3.2.3. Hedef Programlama Problemlerinin Simpleks Yöntemle Çözümü

Klasik lineer programlama problemlerinde kullanılan simpleks yöntem geliştirilerek hedef programlama problemlerinin çözümünde de kullanılabilir. Lineer hedef programlama formülasyonunda bazı önemli noktalar vardır:

Hedef programlamasında temel amaç hedeflerin erişilmeyen kısımlarının toplamının minimizasyonudur. Bu öncelik faktörleri ve ağırlıklar kullanılarak sapma değişkenlerinin en küçüklenmesi ile elde edilir. Tek bir amaç olmadığı için öncelik faktörleri ve ağırlıklar simpleks tablosundaki C_j' lerin yerini alır.

Amaç fonksiyonu değişkenlere öncelik değerleri atanarak ifade edilir. Bu değerler sayısal olmaktan ziyade tercih ifade edecek şekilde olmalıdır. Öncelik düzeyleri farklı olduğu için aynı birimle ölçülemez dolayısıyla lineer programlamada olduğu gibi tek bir satırla ifade edilemez. Simpleks tablosunda kriter satırı bir matrisle ifade edildiği için pivot kolonunun belirlenmesinde yeni bir prosedüre ihtiyaç vardır. Buda öncelik faktörleri arasındaki ilişki $P_j \ll P_{jH}$ 'dir. Aşağıdaki örnek konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır [1].

Örnek 3.2'de P_1 ve P_2 olmak üzere iki öncelik düzeyi söz konusudur. Yukardaki bilgilerin ışığında başlangıç tablosu oluşturulur (Tablo 1). İlk aşamada karar değişkenleri sıfırdır. Hedef programlamanın başlangıç tablosunda negatif sapma değişkenlerinin temel çözümde gözükmesi kuraldır. Kriter satırındaki değerler $Z_j - C_j$ formülü ile hesaplanır. Örneğin 900 ve 240 değerleri sırasıyla $400 P_1 + 500 P_2 - 0$ ve $240 P_2 - 0$ sonucu ile bulunur. Diğer değerlerde benzer şekilde hesaplanır. Pivot kolonunu belirlerken öncelik düzeyi en yüksek kriter satırındaki pozitif en büyük değer seçilir. Eğer aynı değerler mevcut ise bir yukardaki öncelik düzeyine ait değerlere bakılır. Pivot satırın seçilmesi ise simpleks metodunda uygulanan yöntemin aynısıdır. Pivot eleman bulunduğundan sonra klasik lineer programlama tekniği uygulanır ve Tablo 2 elde edilir. Bu iteratif çözüm, simpleks kriter alanındaki kolonların en alt değeri negatif veya sıfır oluncaya kadar devam eder.

TABLO: 3.2. Örnek 3.2'e Ait Çok Amaçlı Simpleks Ara Çözüm Tablosu

C_j		x_1	x_2	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+
d_1	150		1/2	1	-1/2		-1	+1/2	
x_1	250	1	1/2		1/2			-1/2	
P_2	d_3^-	140	1/10		-2/10	1		2/10	-1
P_2	140		1/10		-2/10			2/10	-1
P_1	0						-1	-1	

TABLO: 3.3. Örnek 3.2'e Ait Çok Amaçlı Simpleks Çözüm Tablosu

C_j		x_1	x_2	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+
x_2	300		1	2	-1		-2	1	
x_1	100	1		-1	1		1	-1	
P_2	d_3^-	110		-0.2	-0.1	1	0.2	0.1	-1
P_2	110			-0.2	-0.1		0.2	0.1	-1
P_1	-						-1	-1	

Çözüm $x_1 = 100$ $d_3^- = 110$
 $x_2 = 300$

3.3. Tamsayılı Hedef Programlama

Genel tamsayılı hedef programlama çözüm algoritması, verilen kısıtlar çerçevesinde hedefler ile başarı düzeyleri arasındaki farkları minimize etmeyi amaçlar.

Tamsayılı hedef programlama, kesme düzlemi yöntemi Gomory'den adapte edilerek yapılmıştır. Bu temel yaklaşım aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Adım 1: Hedef programlama modelini çok amaçlı simpleks metodla çöz.

Adım 2: Optimal çözümü bul. Eğer bütün temel değişkenler tamsayı ise çözüme ulaşılmıştır, en az biri değilse 3. adıma geç.

Adım 3: Kesme düzlemini kur. Hedef programlama ile ilgili olarak dual veya primal simpleks prosedürünü kullanarak yeni optimal çözümü bul, 2. adıma dön [10].

Optimal simpleks tablosundan bir satır vektörü seçilir. Bu seçimi yaparken en büyük kesirli değere sahip temel değişken seçilir ve bu değişken x_i ile gösterilir. Temel olmayan değişkenler ise x_j ile belirtilir.

$$b_i = x_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}^* \cdot x_j \quad i=1, \dots, m \quad (3.10)$$

a_{ij}^* simpleks tablosunda j. kolon i. satırdaki katsayı değerini, b_i^* ise simpleks tablosundaki temel değişken değerini verir. b_i^* 'in negatif olmayan kesirli kısmı $f(b_i^*)$ ile a_{ij}^* 'in negatif olmayan kesirli kısmı $f(a_{ij}^*)$ ile gösterilirse;

$$\text{Kesme düzlemi} = \sum_{j=1}^n f(a_{ij}^*) x_j \geq f(b_i^*) \quad i=1, \dots, m$$

(3.11)

Sapma değişkenlerde katılırsa;

$$\sum_{j=1}^n f(a_{ij}^*) \cdot x_j + d_i^- - d_i^+ = f(b_i^*) \quad i = 1, \dots, m$$

(3.12)

3.12 formülü elde edilir.

Örnek 3.3:

$$\min \quad Z = p_1(d_1^+ + d_2^+) + p_2 \cdot d_3^-$$

Kısıtlar

$$4x_1 + x_2 + d_1^- - d_1^+ = 10$$

$$2x_1 + 5x_2 + d_2^- - d_2^+ = 10$$

$$4x_1 + 5x_2 + d_3^- - d_3^+ = 16$$

TABLO: 3.4. Örnek 3.3. ile ilgili Simpleks Tablosu

			P_2 P_1 P_1							
C_j	V	D	x_1	x_2	d_1^-	d_2^+	d_3^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+
	x_1	20/9	1	0	5/18	-1/18	0	-5/18	1/18	0
	x_2	10/9	0	1	-1/9	2/9	0	1/9	-2/9	0
P_2	d_3^-	14/9	0	0	-5/9	-8/9	1	5/9	8/9	-1
$Z_j - C_j$	P_2	14/9	0	0	-5/9	-8/9	0	5/9	8/9	-1
	P_1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0

Son çözüm tablosundan; $x_1 = \frac{20}{9}$ $x_2 = \frac{10}{9}$ $d_3^- = \frac{14}{9}$ bu değerler tamsayı şartını sağlamadığı için ilk kesme düzlemi d_3^- satırından gerçekleştirilir. Çünkü $f(b_i^*)$ değeri en büyüktür.

$$\frac{4}{9} d_1^- + \frac{1}{9} d_2^- + \frac{5}{9} d_1^+ + \frac{8}{9} d_2^+ \geq 5/9$$

dual simpleks yaklaşımı kullanılırsa yukardaki kısıt aşağıdaki şekle dönüşür.

$$\frac{-4}{9} d_1^- - \frac{1}{9} d_2^- - \frac{5}{9} d_1^+ - \frac{8}{9} d_2^+ + d_4^- = -\frac{5}{9}$$

Yeni temel değişken d_4^- 'nin değeri $-\frac{5}{9}$ dur.ve çözüm olurlu değildir. Böylece d_4^- pivot satır olur.

Pivot kolon ise $(Z_j - C_j)/a_{ij}^*$ lerin en küçük pozitif değerlisidir ve Tablo 3.5'de pivot kolon d_1^- olarak belirlenir. Bu kolondaki $(Z_j - C_j)/a_{ij}^*$ değeri en küçük olan ifade $\frac{5}{4} p_2$ 'dir. İteratif yaklaşım kullanılarak yeni kesme düzlemi oluşturulur. Tüm değerler tamsayı olana kadar bu prosedür devam eder. Bu problemin optimal çözümü Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

$$(x_1 = 2, x_2 = 1, d_2^- = 1, d_3^- = 3)$$

TABLO: 3.5. Örnek 3.3. İle İlgili Simpleks Ara Çözüm Tablosu

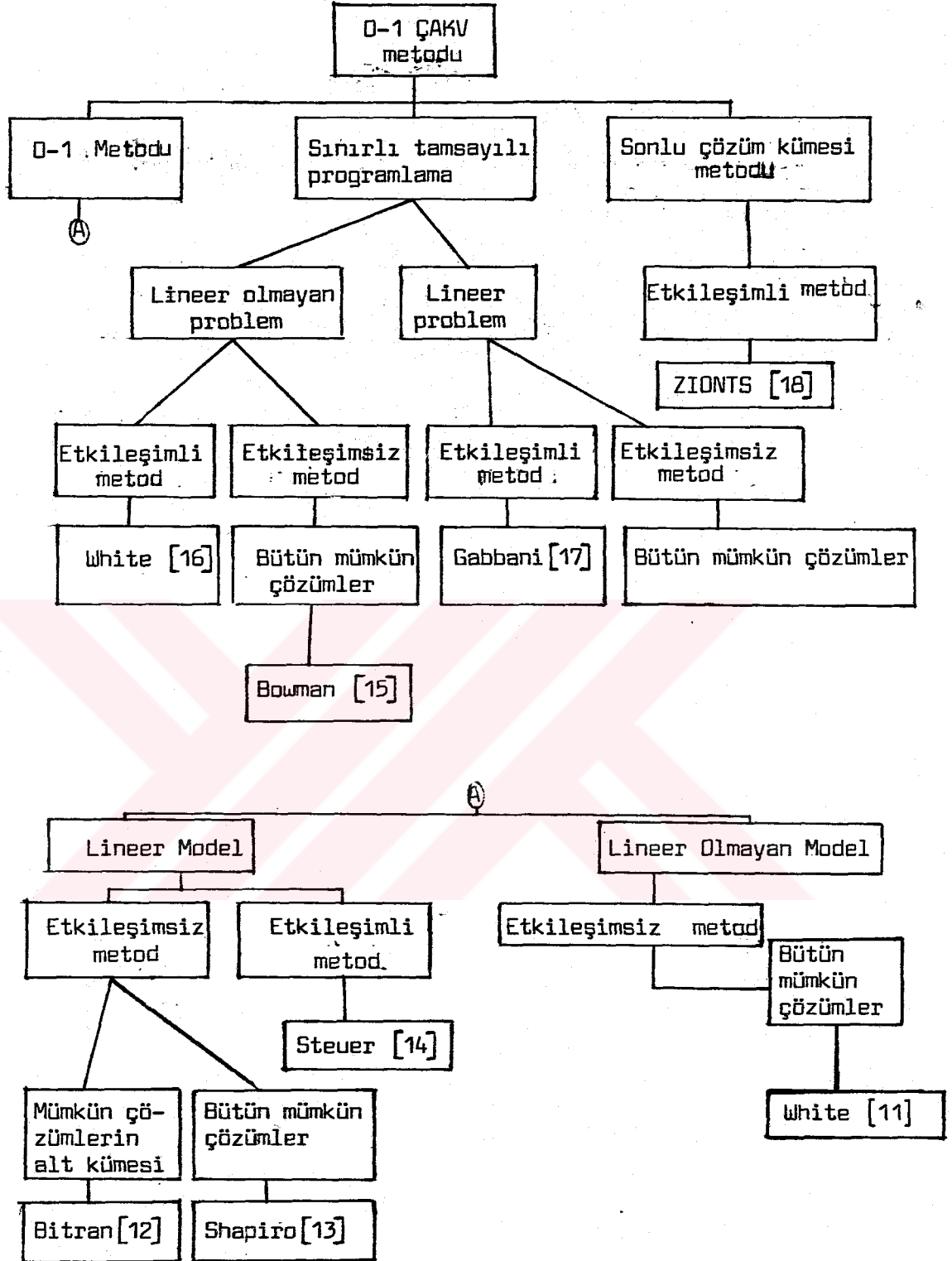
C_j	V	D	x_1	x_2	d_1^-	d_2^-	p_2 d_3^-	p_1 d_3^+	p_1 d_2^+	d_3^+	d_4^-
	x_1	20/9	1	0	5/18	-1/18	0	-5/18	1/18	0	0
	x_2	10/9	0	1	-1/9	2/9	0	1/9	-2/9	0	0
	d_3^-	14/9	0	0	-5/9	-8/9	1	5/9	8/9	-1	0
p_2	d_4^-	-5/9	0	0	-4/9	-1/9	0	-5/9	-8/9	0	1
$Z_j - C_j$	p_2	14/9	0	0	-5/9	-8/9	0	5/9	8/9	-1	0
	p_1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0

TABLO: 3.6. Örnek 3.3. ile ilgili Son Çözüm Tablosu

C_j	V	D	$P_2 \quad P_1 \quad P_1$										
			x_1	x_2	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_1^+	d_2^+	d_3^+	d_4^-	d_5^-	
P_2	x_1	2	1	0	0	0	0	-4/7	-3/7	0	5/7	-1/7	
	x_2	1	0	1	0	0	0	1/7	-1/7	0	-1/14	2/7	
	d_3^-	3	0	0	0	0	1	11/7	17/7	-1	-5/7	-6/7	
	d_1^-	1	0	0	1	0	0	8/7	13/7	0	-17/7	2/7	
	d_2^-	1	0	0	0	1	0	3/7	4/7	0	5/7	-8/7	
$Z_j - C_j$	P_2	3	0	0	0	0	0	11/7	17/7	-1	-5/7	-6/7	
	P_1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	

3.1. D-1 Hedef Programlama

D-1 çok amaçlı hedef programlama çözüm metodlarının ne şekilde sınıflandırılması gerektiği burada belirtilmiştir.



ŞEKİL: 3.3. 0-1 Çok Amaçlı Hedef Programlama Çözüm Metodlarının Sınıflandırılması.

3.4.1. White'in Dal Sınır Metodu

White 0-1 hedef programlamayı yalnızca tek kısıtlı lineer olmayan bir problem olarak düşünür.

$$\min f(x)$$

Kısıtlar

$$g(x) = 0$$

$$x \in \{0,1\}^n \quad (3.13)$$

Bu metodda Lagrange yaklaşımı kullanılır ve bu yaklaşım gösterir ki problem 3.14'ün baskın çözümler kümesi, problem 3.13'ün baskın çözüm setine eşdeğerdir.

$$\max f_a(x) = f(x) - a g(x) \quad a \geq v - k + 1$$

Kısıtlar

$$x \in \{0,1\}^n \quad (3.14)$$

$k \leq f^1(x) \leq v$ bütün i ler için, $x \in \{0,1\}^n$ ve $e^T = (1,1,..,1) \in \mathbb{R}^n$ dir. 3.13'ün çözümü için dal ve sınır tekniği kullanılır.

3.4.2. Lee Morris'in 0-1 Hedef Programlama Tekniği

Lee Morris [19] 0-1 hedef programlamayı çözmede mutlak sayma metodunu kullanmış ve yalnızca kısıtsız lineer problemleri incelenmiştir. Bu metodda nonlinear amaç fonksiyonunda kullanılabilir.

$$\text{Min } |p_1 h_1(d^-, d^+), p_2 h_2(d^-, d^+), \dots, p_k h_k(d^-, d^+)|$$

Kısıtlar

(3.15)

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i=1, \dots, n$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i=1, \dots, n$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad i=1, \dots, n$$

Bilindiği gibi h_i başarı fonksiyonudur. p_i lerde öncelik düzeylerini gösterir. X_j , $j=1, \dots, m$ 'ye kadar olup 0 veya 1 değerini alır. Bu metodda aşağıdaki değişkenler kullanılır.

A = Bütün çözüm değişkenlerinin kümesi,

V_j = j adımda 0 veya 1 değeri atanmış bütün çözüm değişkenler kümesi.

$A-V_j$ = Serbest değişkenler kümesi, bunlar çözüme girmeyen değerlerdir.

U_j = j . adımda $(p_1, p_2, \dots, p_k)$ değişik öncelik düzeylerindeki hedeflerin altındaki değerler kümesi.

I_j : j . adımda ilerlemesi mümkün çözüm değişkenler kümesi

Bu metodun amacı belli spesifik çözümleri değerlendirmektir. Buda, ara çözümlere sistemli olarak değişkenler ilâve ederek veya çıkararak yapılır. (V_j ve I_j bu amaç için kullanılır.) Eğer daha iyi çözüm yoksa optimum çözüm elde edilmiştir denir.

3.4.3. Minimum-Minimax Yöntemi

Bu D-1 çok amaçlı karar verme yöntemi Kard, Krarup, Proza tarafından geliştirilmiştir [20]. İlk amaç toplam fonksiyonu, kalan amaçlar ise darboğaz fonksiyonlarını oluşturur.

Tanım: d_{ij} negatif olmayan $2 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k$ bir sapma değişkenidir.

$$f_i(x) = \max d_{ij} x_j \quad (3.16)$$

Kısıtlar

$x \in S$

f_i : darboğaz fonksiyonu.

Bütün baskın çözümler aşağıdaki lineer problemin parametrik olarak çözümü ile elde edilir.

$$x \in S, \quad w_1 f_1(x) + w_2 (d_{21}^{b2} x_1 + \dots + d_{2k}^{b2} x_k) + \dots + w_n (d_{n1}^{bn} x_1 + \dots + d_{nk}^{bn} x_k) \\ w_j \geq 0 \quad 1 \leq j \leq n \quad w_1 + \dots + w_n = 1. \quad (3.17)$$

3.5. Nonlineer Hedef Programlama

Nonlineer modellerde çözüm metodları lineer modellerde kullanılan simpleks metodları gibi basit değildir. Nonlineer hedef programlama problemlerini çözmek için iki algoritma vardır.

- 1)- INGP iteratif nonlinearer hedef programlama modeli
- 2)- Griffith-Stewart lineer yaklaşımı

1. yaklaşımda model tek amaçlı nonlinearer problem olarak düşünülür ve iteratif olarak çözülür. Bu iteratif prosedürün ilginç bir özelliği ise çözümde geleneksel nonlinearer tekniklerin kullanılmasıdır.

Eğer nonlinearer hedef programlamada kısıtların ve amaçların bütün nonlinearer fonksiyonları farklı yapıya sahip ise Griffith Stewart lineer yaklaşım yöntemi kullanılır.

3.5.1. İteratif Nonlinearer Hedef Programlama Probleminin Formülasyonu

$$\min \underline{a} = | a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+), \dots, a_L(\underline{d}^-, \underline{d}^+) |$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} g_i(x) + d_i^- - d_i^+ &= c_i & i = 1, \dots, m \\ f_i(x) + d_{m+i}^- - d_{m+i}^+ &= b_i & i = 1, \dots, k \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0 \quad d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall i \text{ için}$$

Her bir başarı fonksiyonu, $a_j(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ sapma değişkenlerine sahip lineer bir fonksiyondur. İlk öncelik düzeyi mutlak kısıtlara verilir. $d_i^- \cdot d_i^+ = 0$ koşulu altında, Problem 1'in optimal çözümü $a_1^* = \min a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ 'dir ve a_1^* genelde sıfırdır. Çünkü mutlak kısıtlar etkin şekilde kullanılır. Eğer $a_1^* \neq 0$ ise hedef programlamada çözüm yoktur. Mutlak kısıtlar tarafından oluşturulan olur- lu bölge boştur. $a_1^* = 0$ ise problem 2'ye geçilir. Aynı- nen problem 1'de olduğu işlemlere iteratif olarak devam edilir.

Problem 2:

$$\min a_2(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = c_i \quad i= 1,2,\dots,m$$

$$a_1(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_1^* \quad (3.19)$$

$$f_1(\underline{x}) + d_{m+1}^- - d_{m+1}^+ = b_1$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0 \quad d_i^* \cdot d_i^- = 0$$

a_2^* da bu problemin optimal çözümüdür.

Problem (J+1):

$$\min a_{j+1}(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$$

Kısıtlar

$$g_i(\underline{x}) + d_i^- - d_i^+ = c_i \quad i= 1,2,\dots,m$$

$$a_i(\underline{d}^-, \underline{d}^+) \leq a_i^* \quad i= 1,2,\dots,j \quad (3.20)$$

$$f_i(\underline{x}) + d_{m+i}^- - d_{m+i}^+ = b_i \quad i= 1,2,\dots,j$$

$$\underline{d}^-, \underline{d}^+ \geq 0 \quad \text{ve } d_i^* \cdot d_i^- = 0$$

3.5.2. İteratif Nonlineer Hedef Programlamanın Çalışma Prosedürü

L tane tek amaçlı karar verme problemi herhangi bir algoritma ile çözülebilir. İteratif nonlineer programlama problemlerin çözümünde nonlineer arama teknikleri de kullanılır.

İteratif nonlineer hedef programlama problemleri, Hookes -Jeeves' in direkt arama metodu ile çözülebilir. Birden fazla karar değişkenli $h(\underline{x})$ fonksiyonunun minimizasyonu için sıralı arama yönteminden yararlanılır. $\underline{x}$ argümanı $h(\underline{x})$ 'in minimum değeri elde edilene kadar değişir.

Bu yöntemde iki tip hareket sözkonusudur. Hareket, verilen bir noktadan takip edilen noktaya gitme prosedürü olarak tarif edilir.

- a)- Arama metodu
- b)- Formüle etme metodu

Eğer hareket $h(\underline{x})$ 'i azaltacak yönde yapılırsa başarıdır. Aksi takdirde başarısızlıktır.

a)- Arama Metodu: Amaç fonksiyonu $h(\underline{x})$ 'in bölgesel davranışı araştırılır. Bu arama metodunu, muhtemel doğru yönü gösteren formüle etme metodu ile birleştirerek metoddaki başarı veya başarısızlık anlaşılır.

Bu prosedür, amaç fonksiyonu $\underline{a} = (a_1, a_2, \dots, a_L)$ yi minimize eder. Nonlineer hedef programlama iteratif yaklaşımında $a_{j+1}(d^-, d^+)$ başarı fonksiyonunu minimize

eden bir sonuç vektörü $\underline{x} = (x_1, \dots, x_n)$ elde edilir. Hookes -Jeeves Pattern yönteminde kontrol kısıtının $a_t(d^-, d^+) \leq a_t^* \quad t=1, \dots, L$ sağlanması yapılan hareketin başarılı olduğunu gösterir.

Arama metodu aşağıdaki şekilde uygulanır.

1)- Her bir bağımsız değişken için f_i adım aralığına sahip $\underline{x}$ başlangıç vektörü seçilir.

2)- Başarı fonksiyonunu hesapla. $a_{j+1}(\underline{d}^-, \underline{d}^+)$ formülündeki $\underline{d}^-$ ve $\underline{d}^+$ sapma değişkenleri $\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ karar değişkenlerinin fonksiyonlarıdır.

3)- $a_{t+1}^i(\underline{x})$ ($t=1, \dots, j$), ($\underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_i + f_i, \dots, x_n)$) hesapla. a_{t+1}^i başarı fonksiyonundaki i harfi x_i ile ilgilidir.

4)- $a_{j+1}^i(\underline{x})$ ile karşılaştır;

i) Eğer $a_{j+1}^i(\underline{x}) \leq a_{j+1}(\underline{x})$ ve $a_t^i(\underline{x}) \leq a_t^*$, ($t=1, \dots, j$) ise $a_{j+1}(\underline{x}) = a_{j+1}^i(\underline{x})$ ($x_1, \dots, x_n$)

$(x_1, \dots, x_i + f_i, \dots, x_n)$ yapılır ve 3. adıma dönülür.

ii) Eğer $a_{j+1}^i(\underline{x}) \geq a_{j+1}(\underline{x})$ ve/veya $a_t^i(\underline{x}) \geq a_t^*$ ise

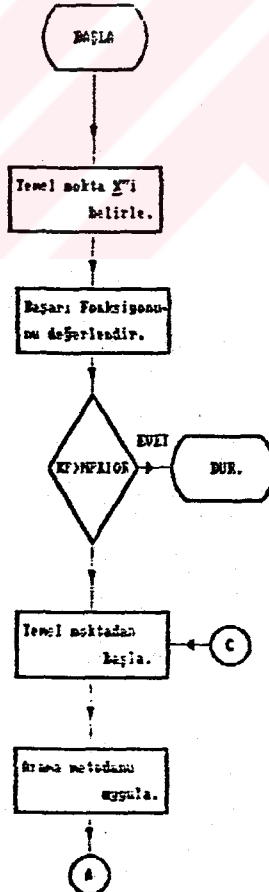
($t=1, \dots, j$), $\underline{x} = (x_1, \dots, x_i - 2f_i, \dots, x_n)$

yapılır. $a_t^i(\underline{x})$ hesaplanır. $a_{j+1}^i(\underline{x}) \leq a_{j+1}(\underline{x})$ ve $a_t^i(\underline{x}) \leq a_t^*$ ($t=1, \dots, j$), olup olmadığına

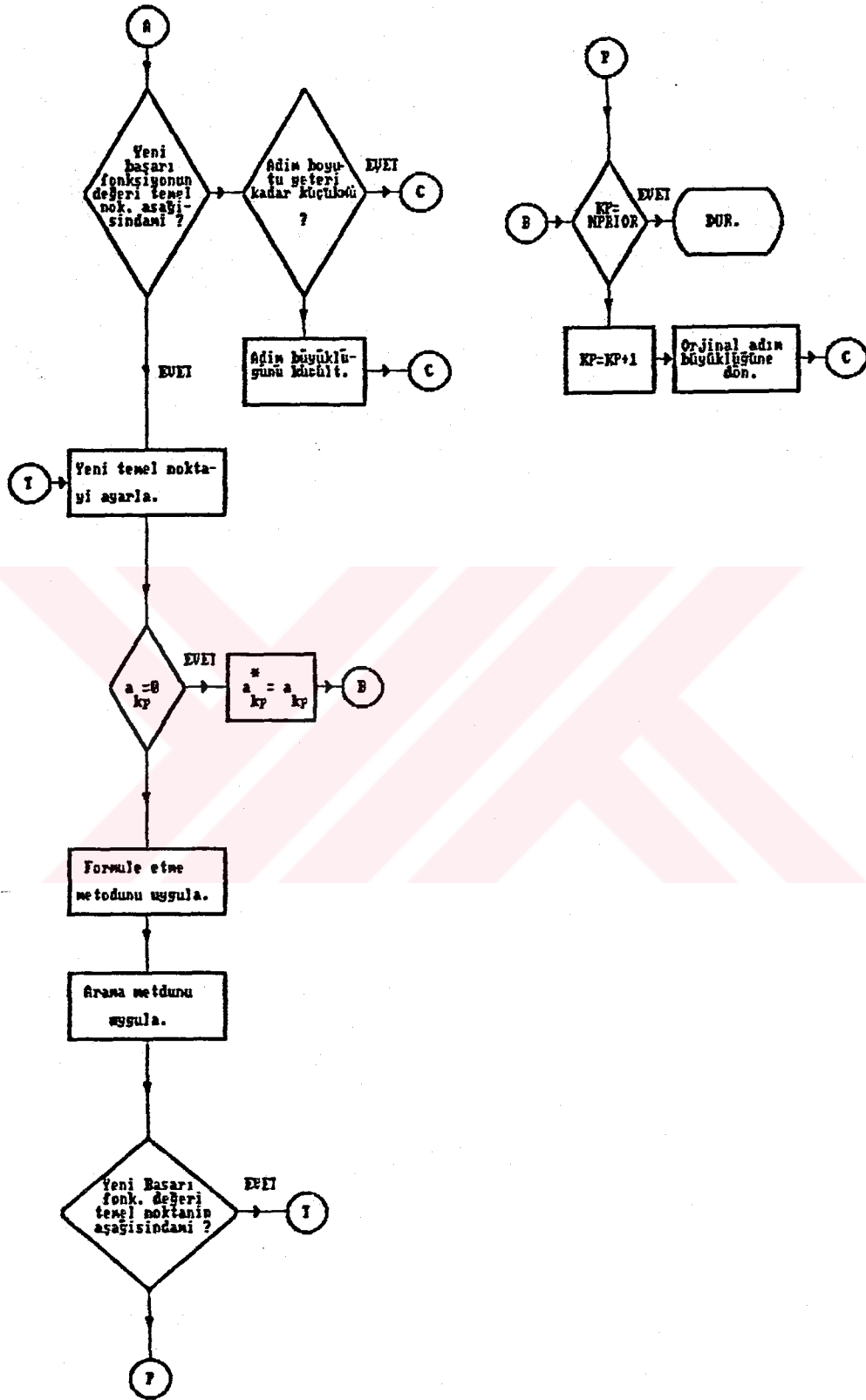
bakılır. Hareket başarı ise $a_{j+1}(\underline{x}) = a_{j+1}^i(\underline{x})$ $\underline{x} = (x_1, \dots, x_n)$, $i=i+1$ yapılır ve 3. adıma dönülür.

Eğer yine $a_{j+1}^i |x| \geq a_{j+1} |x|$ ve/veya $a_t^i |x| \geq a_t^*$ ise ($t=1, \dots, j$) yapılan hareket başarısızdır denir ve f_i 'yi değiştirmeden $\underline{x} = (x_1, \dots, x_n) = (x_1, x_2, \dots, x_i + f_i, \dots, x_n)$ $i+1$ yapılır. 3 adıma dönlür.

Arama metodu sonunda bulunan $\underline{x}_B$ temel nokta olarak tanımlanır. Formüle etme metodu ise, ara temel noktadan $\underline{x} = \underline{x}_B + (\underline{x}_B - \underline{x}_B^*)$ noktaya yapılan basit bir adımdır. Eğer formüle etme metodu ile bir gelişme sağlanmadığı takdirde başlangıç noktası olarak tanımlanan en son temel noktaya dönlür. Herhangi bir başlangıç noktasından arama metodu ile bu noktadan daha iyi bir temel noktası yoksa, bütün adımların uzunlukları azaltılır, hareketler tekrar edilir. İteratif nonlinear hedef programlama ile ilgili akış diyagramı Şekil 3.4'de görülmektedir. Ayrıca Örnek 3.4'de bu konu ile ilgili bir problem çözümü görülmektedir.



ŞEKİL: 3.4. İteratif Nonlinear Hedef Programlama ile İlgili Akış Diyagramı.



ŞEKİL: 3.4. İteratif Nonlineer Hedef Programlama İle İlgili Akış Diyagramı.

Örnek 3.4.

1. Öncelik: mutlak kısıtların sağlanması

$$g_1(x) = x_1 \geq 0$$

$$g_2(x) = x_2 \geq 0$$

2. Öncelik: işlenmemiş stok maliyetini belirlemek,

$$f_1(x) = (x_1 - 4)^2 + x_2^2 \leq 10.25$$

3. Öncelik: kârı sağlamak ve toplam işgücü maliyetini belirlemek,

$$f_2(x) = x_1 \cdot x_2 \geq 3$$

$$f_3(x) = 5x_1 + 4x_2 \leq 20$$

4. düzey: günlük üretim hedefini sağlamak,

$$f_4(x) = x_1 + 2x_2 \geq 8$$

Buna uygun hedef programlama modeli ise aşağıdaki gibidir.

$$\min \underline{a} = |a_1, a_2, a_3, a_4| = |(d_1^-, d_2^-, (d_3^+), (d_4^-, d_5^+), (d_6^-)|$$

Kısıtlar

$$x_1^+ + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 0$$

$$(x_1 - 4)^2 + x_2^2 + d_3^- - d_3^+ = 10.25$$

$$x_1 + x_2 + d_4^- - d_4^+ = 3$$

$$5x_1 + 4x_2 + d_5^- - d_5^+ = 20$$

$$x_1 + 2x_2 + d_6^- - d_6^+ = 8$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall_i$$

Nonlinear hedef programlama problemi 4 kısımda incelenir.

Problem 1:

$$\min a_1 = d_1^- + d_2^-$$

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 0$$

Problem 2:

$$\min a_2 = d_3^+$$

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 0$$

$$a_1 \leq a_1^*$$

$$(x_1 - 4)^2 + x_2^2 + d_3^- - d_3^+ = 10.25$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall_i$$

Problem 3:

$$\text{Min } a_3 = d_4^- + d_5^+$$

Kısıtlar

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 0$$

$$(x_1 - 4)^2 + x_2^2 + d_3^- - d_3^+ = 10.25$$

$$a_i \leq a_i^* \quad i = 1, 2$$

$$x_1 x_2 + d_4^- - d_4^+ = 3$$

$$5x_1 + 4x_2 + d_5^- - d_5^+ = 0$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall i$$

Problem 4:

$$\text{Min } a_4 = d_6^-$$

Kısıtlar

$$x_1 + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$x_2 + d_2^- - d_2^+ = 0$$

$$(x_1 - 4)^2 + x_2^2 + d_3^- - d_3^+ = 10.25$$

$$x_1 \cdot x_2 + d_4^- - d_4^+ = 3$$

$$5x_1 + 4x_2 + d_5^- - d_5^+ = 20$$

$$a_i \leq a_i^* \quad i = 1, \dots, 3$$

$$x_1 + 2x_2 + d_6^- - d_6^+ = 8$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad d_i^- \cdot d_i^+ = 0 \quad \forall i$$

Önce başlangıç temel nokta belirlenir $(x_1, x_2) = (8, 6)$. Problem 1'in başarı fonksiyonu $a_1(d^+, d^-) = d_1^- + d_2^-$ aşağıdaki şekilde değerlendirilir.

$$d_1 = c_1 - g_1(\underline{x}) = 0 - x_1 = -8 \leq 0 \quad x_1 = 8$$

$$d_1^- = 0 \text{ yapılır.}$$

Benzer şekilde,

$$d_2 = c_2 - g_2(\underline{x}) = 0 - x_2 = -6 \quad x_2 = 6$$

$$a_1^* = \min a_1 = 0 \quad (x_1, x_2) = (8, 6)$$

Temel nokta problem 2'deki başarı fonksiyonunda yerine konulursa;

$$d_3^+ = f_1(\underline{x}) - b_1 = (x_1 - 4)^2 + x_2^2 - 10.25 = 41.75 \neq 0$$

değeri elde edilir. KP= 2 yapılır ve Hookes ve Jeeves arama metodu uygulanır.

$$a_2 = (x_1 - 4)^2 + x_2^2 - 10.25 = 0$$

maliyet eğrisi $(x_1 - 4)^2 + x_2^2 = 10.25$ şekil 3.5'de çizilmiştir. Noktalardaki sayılar seçilme sırasını göstermektedir. Tablo 3.8'de adım adım Hookes Jeeves prosedürünün sonuçları görülmektedir.

Şekil incelendiğinde, $\underline{x}^1 = (8,6)$ başlangıç noktası, (B_{20}) 'de problem 1'in en son temel noktasıdır. Adım boyu $f = (f_1, f_2) = (0.5, 0.5)$ dir. $\underline{x}^1$ temel nokta ile başlanır, arama metodu ile x_1 yönünde yapılan hareketler sonunda $\underline{x}^2 = (8.5,6)$ elde edilir. Başarı fonksiyonunun değeri $a_2^1|\underline{x}^2|$ $a_1^1|\underline{x}^2|$ ile $a_2|\underline{x}^1|$ ise a_1^* ile karşılaştırıldığında ve incelendiğinde; $\underline{x}^2$ nin başarılı bir çözüm olmadığı görülür. Yeniden arama metodu uygulanır ve f_1 adım aralığı ile $\underline{x}^3 = (7.5,6)$ değeri elde edilir. $a_2^1|\underline{x}^3| = 38$, $a_2|\underline{x}^1| = 41.75$ ve $a_1^1|\underline{x}^3| = 0 = a_1^*$ kontrol kısıtlarına bakıldığında $\underline{x}^3$ 'ün başarılı nokta olduğu gözlenir. $a_2|\underline{x}^3| = 38.0$ ve yine arama metodu ile $\underline{x}^3$ noktasından x_2 yönünde bir hareket yapılır. Elde edilen $\underline{x}^4 = (7.5, 6.5)$ değeri başarılı bir nokta değildir. Çünkü $a_2^2|\underline{x}^4| = 44.25 > a_2|\underline{x}^3| = 38$, $a_2^2|\underline{x}^4| = 0 = a_1^*$ kontrol kısıtlarını sağlamaz.

Benzer hareketler neticesinde elde edilen $\underline{x}^5 = (7.5, 5.5)$ başarılı bir noktadır. Çünkü $a_2^2|\underline{x}^5| = 32.25 < 38$ $a_1^2|\underline{x}^5| = 0 = a_1^*$ dir. $\underline{x}^5 = (7.5, 5.5)$ arama metodu ile yapılan hareketin sonudur. $\underline{x}^5$ noktası $\underline{x}^1$ 'den daha iyi bir çözüm olduğundan $\underline{x}^5$ noktası yeni temel nokta B_{21} olarak kabul edilir $\underline{x}^6 = (7,5)$ ise formüle etme metodunda kullanılan denklemden elde edilir $\underline{x}^6 = (7,5)$ 'den hareketle arama metodu uygulanır ve benzer adımlar izlenerek $\underline{x}^{10} = (6.5, 4.5)$ yeni temel nokta bulunur. Bu başarılı bir noktadır. Çünkü $a_2^2|\underline{x}^{10}| = 16.25 < a_2(\underline{x}^5) = 32.25$ $a_1^2|\underline{x}^{10}| = 0 = a_1^*$ dir. $\underline{x}^{11} = (5.5, 3.5)$ formüle etme metodunda kullanılan eşitlikten elde edilir.

$\underline{x}^{15} = (5.0, 3.0)$ noktası $\underline{x}^{11}$ noktasından başlayarak arama metodu ile yapılan hareketler sonucunda elde edilir.

$\underline{x}^{13}$ ve $\underline{x}^{15}$ istenen noktalardır. Çünkü $a_2^1 |\underline{x}^{13}| < a_2^1 |\underline{x}^{11}|$ ve $a_1^1 |\underline{x}^{13}| = a_1^*$, $a_2^2 |\underline{x}^{15}| < a_2^1 |\underline{x}^{13}|$ ve $a_1^2 |\underline{x}^{15}| = a_1^*$ $a_2^2 |\underline{x}^{15}| < a_2^2 |\underline{x}^{10}|$ $a_2 |\underline{x}^{15}| = 0$, $a_1 |\underline{x}^{15}| = a_1^*$ olduğundan $\underline{x}^{15} = (5,3)$ problem 2'nin çözümüdür. $a_2^* = a_2 |\underline{x}^{15}| = 0$ olur. KP=3 yapılır ve problem 3'ün (min $a_3 = d_4^- - d_5^+$) çözümüne problem 2'deki son temel noktadan başlanır. $B_{30} = (5,3)$. Problem 3'ün adım adım sonuçları Tablo 3.9'da verilmiştir. Bir seri hareket prosedürleri uygulandıktan sonra $\underline{x}^{13} = (3.0, 1.0)$ elde edilir ve böylece 1., 2., 3. öncelik düzeyleri karşılanmış olur. Bu noktada $a_1 = a_2 = a_3 = 0 = a_3^*$ dır. Sonuçlar, şekil 3.6'da gösterilmiştir. Aynı arama prosedürü problem 4'ü çözmek için kullanılır. min $a_4 = d_6^-$ KP=4 yapılır. Sonra problem 3 sonunda elde edilen son temel nokta problem 4'ün başlangıç noktası (B_{40}) olarak alınır. Problem 4'ün adım adım çözümü Tablo 3.10'da belirtilmiştir ve a_4 'ün minimum değeri $\underline{x}^{27}$ noktasında elde edilir. Bu değer (2.0, 2.5)'dir, ki bu noktada, $a_1 = 0$ $a_2 = 0$ $a_3 = 0$ $a_4 = 1.0$ 'dir ve bu çözüm optimaldir.

İteratif nonlinear hedef programlama algoritması çok etkin bir prosedürdür. Bu etkinlik herbir öncelik düzeyindeki kısıtları tatmin eden bir çok çözümlerin var olduğu hedef programlama karakteristiğine dayanmaktadır. Ayrıca bu algoritma klasik nonlinear problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılabilir.

TABLO: 3.7. Nonlinear Hedef Programlama Problemine Ait Başlangıç Tablosu

n	Temel Nokta $\underline{x}_B$	Adım Aralığı	Daha iyi nokta $\underline{x}$	Deneme noktası $\underline{x}^n$	Açıklama a_1
1	B_{10}	(.5,.5)	(8.0,6.0) 0.0		1.önce- lik dü- zeyi kar- şılandı.

TABLO: 3.8. Nonlineer Hedef Programlama Probleminin Adım Adım Çözümü

n	Temel nokta x_B	Adım Aralığı	Daha iyi Nokta x	* a_1	* a_j	Deneme noktası x^n	a_1	a_2	a_j	Açıklama
1	$B_{20}=B_{10}$	(.5,.5)	(8.0,6.0)	0.0		41.75				Başlangıç Temel Noktası
2			(8.0,6.0)	0.0		41.75	(8.5,6.0)	0.0	46.0	AMVH Başarısız
3			(8.0,6.0)	0.0		41.75	(7.5,6.0)	0.0	38.0	AMVH Başarılı
4			(7.5,6.0)	0.0		38.0	(7.5,6.5)	0.0	44.25	AMVH Başarısız
5			(7.5,6.0)	0.0		38.0	(7.5,5.5)	0.0	32.25	AMVH Başarılı
6	B_{21}		(7.5,5.5)	0.0		32.25				
7			(7.5,5.5)	0.0		32.25	(7.0,5.0)	0.0	27.0	FEMVH Başarılı
8			(7.0,5.0)	0.0		23.75	(6.5,5.0)	0.0	21.0	AMVH Başarısız
9			(6.5,5.0)	0.0		21.0	(6.5,5.5)	0.0	26.25	AMVH Başarılı
10			(6.5,5.0)	0.0		21.0	(6.5,4.5)	0.0	16.25	AMVH Başarısız
11	B_{22}	(.5,.5)	(6.5,4.5)	0.0		16.25				
12			(6.5,4.5)	0.0		16.25	(5.5,3.5)	0.0	4.25	FEMVH Başarılı
13			(5.5,3.5)	0.0		4.25	(6.0,3.5)	0.0	6.0	AMVH Başarısız
14			(5.5,3.5)	0.0		4.25	(5.0,3.5)	0.0	3.0	AMVH Başarılı
15			(5.0,3.5)	0.0		3.0	(5.0,4.0)	0.0	6.75	AMVH Başarısız
16	B_{23}		(5.0,3.5)	0.0		3.0	(5.0,3.0)	0.0	0.0	AMVH Başarılı
17			(5.0,3.0)	0.0		0.0				1.ve 2.öncelik düzeyleri kar- şılandı.

AMVH:Arama metodu ile yapılan hareket

FEMVH:Formüle etme metodu ile yapılan hareket

TABLO: 3.9. Nonlineer Hedef Programlama Probleminin Adım Adım Çözümü

n	Temel nokta x^n	Adım Aralığı	Daha iyi nokta x	* a_1	* a_j	* a_2	* a_3	Deneme noktası	a_1	a_2	a_3	Açıklama
1	$B_{30} = B_{23}$	(.5,.5)	(5.,3.0)	0.0	0.0	0.0	17.0					Başlangıç Tem.Ndk
2			(5.0,3.0)	0.0	0.0	0.0	17.0	(5.5,3.0)	0.0	1.0	19.5	AMVH Başarısız
3			(5.0,3.0)	0.0	0.0	0.0	17.0	(4.5,3.0)	0.0	0.0	14.5	AMVH Başarılı
4.			(4.5,3.0)	0.0	0.0	0.0	14.5	(4.5,3.5)	0.0	2.25	16.5	AMVH Başarısız
5			(4.5,3.0)	0.0	0.0	0.0	14.5	(4.5,2.5)	0.0	0.0	12.5	AMVH Başarılı
5	B_{31}		(4.5,2.5)	0.0	0.0	0.0	12.5					
6			(4.5,2.5)	0.0	0.0	0.0	12.5	(4.0,2.0)	0.0	0.0	8.0	FEMVH Başarılı
7			(4.0,2.0)	0.0	0.0	0.0	8.0	(4.5,2.0)	0.0	0.0	10.5	AMVH Başarısız
8			(4.0,2.0)	0.0	0.0	0.0	8.0	(3.5,2.0)	0.0	0.0	5.5	AMVH Başarılı
9			(3.5,2.0)	0.0	0.0	0.0	5.5	(3.5,2.5)	0.0	0.0	7.5	AMVH Başarısız
10			(3.5,2.0)	0.0	0.0	0.0	5.5	(3.5,1.5)	0.0	0.0	3.5	AMVH Başarılı
10	B_{32}		(3.5,1.5)	0.0	0.0	0.0	3.5					
11			(3.5,1.5)	0.0	0.0	0.0	3.5	(2.5,0.5)	0.0	0.0	1.75	FEMVH Başarılı
12			(2.5,0.5)	0.0	0.0	0.0	1.75	(3.0,0.5)	0.0	0.0	1.5	AMVH Başarılı
13			(3.0,0.5)	0.0	0.0	0.0	1.5	(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	AMVH Başarılı
13	B_{33}		(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	0.0					1.2 ve 3.Önce- lik düzeyleri karşılandı.

AMVH: Arama metodu ile yapılan hareket

FEMVH: Formüle etme metodu ile yapılan hareket

TABLO: 3.10. Nonlinear Hedef Programlama Probleminin Adım Adım Çözümü

n	Temel nokta x_B	Adım aralığı	Daha iyi nokta x	a_1^*	a_2^*	a_3^*	a_4^*	Deneme nokta.	a_1	a_2	a_3	a_4	Açıklama
1	$B_{40} = B_{33}$	(.5,.5)	(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0						Başlangıç Tem.Nok.
2			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(3.5,1.0)	0.0	0.0	1.5	2.5	AMVH Başarısız
3			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(2.5,1.0)	0.0	0.0	0.5	3.5	AMVH Başarısız
4			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(3.0,1.5)	0.0	0.0	1.0	2.0	AMVH Başarısız
5			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(3.0,0.5)	0.0	0.0	1.5	4.0	AMVH Başarısız
1	B_{40}	(.25,.25)	(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0						Başlangıç Tem.Nok.
6			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(3.25,1.0)	0.0	0.0	0.75	2.75	AMVH Başarısız
7			(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(2.75,1.0)	0.0	0.0	0.25	3.25	AMVH Başarısız
8		(.25,.25)	(3.0,1.0)	0.0	0.0	0.0	3.0	(3.0,1.25)	0.0	0.0	0.0	2.5	AMVH Başarılı
8	B_{41}	(.25,.25)	(3.0,1.25)	0.0	0.0	0.0	2.5						
9			(3.0,1.25)	0.0	0.0	0.0	2.5	(3.0,1.5)	0.0	0.0	1.0	2.0	FEMVH Başarısız
10			(3.0,1.25)	0.0	0.0	0.0	2.5	(3.25,1.5)	0.0	0.0	2.25	1.75	AMVH Başarısız
11			(3.0,1.25)	0.0	0.0	0.0	2.5	(2.75,1.5)	0.0	0.0	0.0	2.25	AMVH Başarılı
12			(2.75,1.5)	0.0	0.0	0.0	2.25	(2.75,1.25)	0.0	0.0	0.75	1.75	AMVH Başarısız
13			(2.75,1.5)	0.0	0.0	0.0	2.25	(2.75,1.75)	0.0	0.0	0.0	2.75	AMVH Başarısız

FEMVH: Formüle etme metodu ile yapılan hareket

AMVH : Arama metodu ile yapılan hareket

TABLO: 3.10'un Devamı

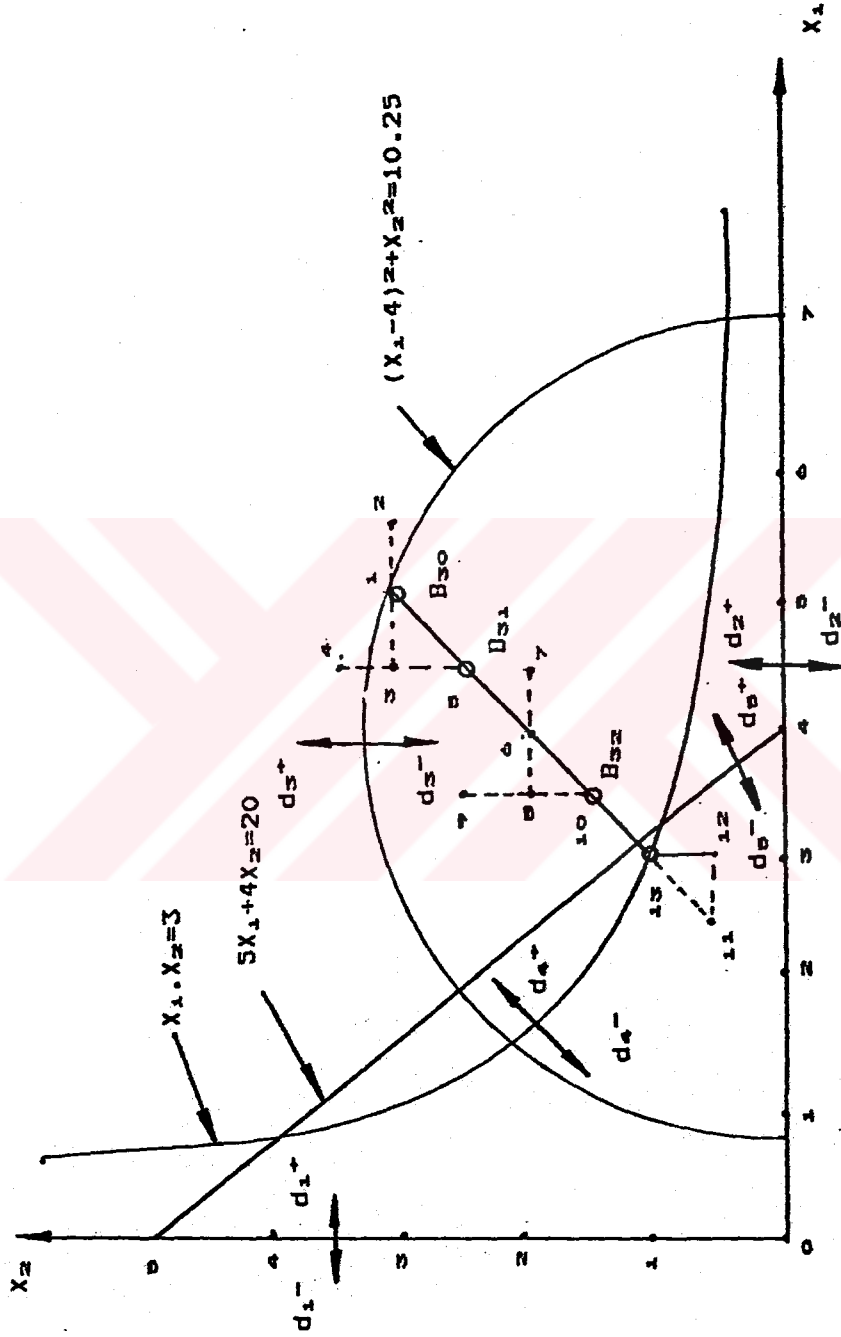
n	Temel nokta	Adım aralığı	Daha iyi nokta	Deneme noktası				Açıklama			
	x_B		x	a_1^*	a_2^*	a_3^*	a_4^*	a_1	a_2	a_3	a_4
11	B_{42}		(2.75, 1.5)	0.0	0.0	0.0	2.25				
14			(2.75, 1.5)	0.0	0.0	0.0	2.25	(2.5, 1.75)	0.0	0.0	2.0
15			(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0	(2.75, 1.75)	0.0	0.75	1.75
16			(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0	(2.75, 1.75)	0.0	0.0	2.25
17			(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0	(2.5, 2.0)	0.0	0.0	2.0
18			(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0	(2.5, 1.5)	0.0	0.0	2.5
19	B_{43}	(25, .25)	(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0				
20			(2.5, 1.75)	0.0	0.0	0.0	2.0	(2.25, 2.0)	0.0	0.0	1.75
21			(2.25, 2.0)	0.0	0.0	0.0	1.75	(2.5, 2.0)	0.0	0.5	1.5
22			(2.25, 2.0)	0.0	0.0	0.0	1.75	(2.0, 2.0)	0.0	0.0	2.0
23			(2.25, 2.0)	0.0	0.0	0.0	1.75	(2.25, 2.25)	0.0	0.25	1.25
19	B_{44}		(2.25, 2.0)	0.0	0.0	0.0	1.75	(2.25, 1.75)	0.0	0.0	2.25
24			(2.25, 2.0)	0.0	0.0	0.0	1.75				
25			(2.0, 2.25)	0.0	0.0	0.0	1.5	(2.0, 2.25)	0.0	0.0	1.5
26			(2.0, 2.25)	0.0	0.0	0.0	1.5	(1.75, 2.25)	0.0	0.0	1.75
27			(2.0, 2.25)	0.0	0.0	0.0	1.5	(2.0, 2.5)	0.0	0.0	1.0
27	B_{45}		(2.0, 2.50)	0.0	0.0	0.0	1.0				
28			(2.0, 2.5)	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.75, 3.0)	0.0	3.81	0.75
										0.25	FEMVH Başarısız

AMYH: Arama metodu ile yapılan hareket
FEMVH: Formüle etme metodu ile yapılan hareket

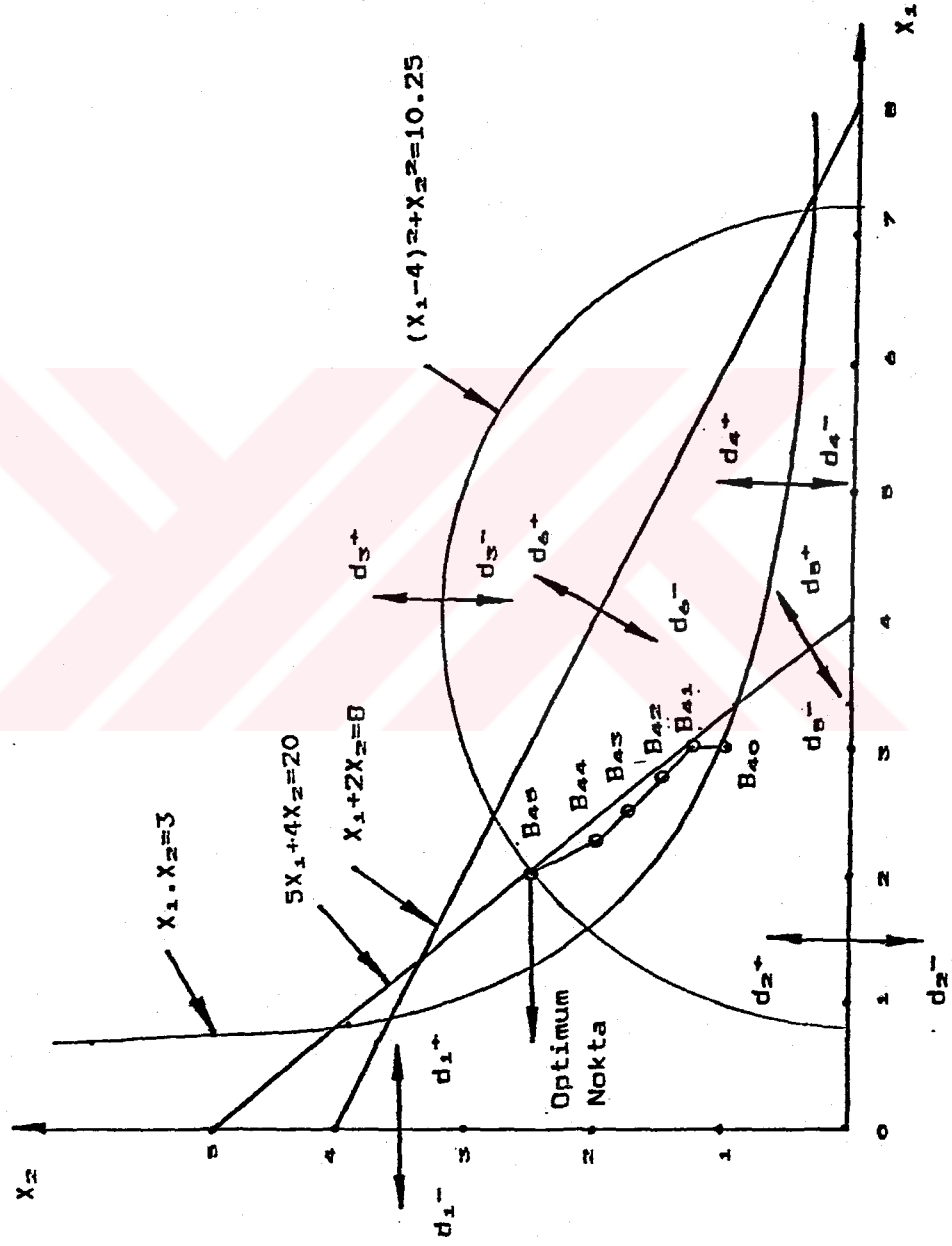
TABLO: 3.10'un Devamı

n	Temel nokta	Adım aralığı	Daha iyi nokta	* a ₁	* a ₂	* a _j	* a ₃	* a ₄	Deneme noktası	a ₁	a ₂	a _j	a ₃	a ₄	Açıklama
29			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0,3.0)	0.0	2.75	2.0	2.0	0.0	AMYH Başarısız
30			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.5,3.0)	0.0	5.0	0.0	0.0	0.5	AMYH Başarısız
31			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.75,3.25)	0.0	5.38	1.75	1.75	0.0	AMYH Başarısız
32			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.75,2.75)	0.0	2.38	0.0	0.0	0.75	AMYH Başarısız
27	B ₄₅	(.125,.125)	(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.125,2.5)	0.0	0.0	0.63	0.63	0.88	Başlangıç Temel Nok.
33			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.875,2.5)	0.0	0.52	0.0	0.0	1.13	AMYH Başarısız
34			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0,2.625)	0.0	0.64	0.5	0.5	0.75	AMYH Başarısız
35			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0,2.375)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.25	AMYH Başarısız
36			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0625,2.5)	0.0	0.0	0.31	0.31	0.94	Başlangıç Temel Nok.
27	B ₄₅	(.0625,.0625)	(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(1.9375,2.5)	0.0	0.25	0.0	0.0	1.06	AMYH Başarısız
37			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0,2.5)	0.0	0.25	0.0	0.0	1.06	AMYH Başarısız
38			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	(2.0,2.5)	0.0	0.25	0.0	0.0	1.06	AMYH Başarısız
.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.			(2.0,2.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	.	.	.	.	.	.	Optimal çözüm

AMYH: Arama metodu ile yapılan hareket



ŞEKİL: 3.5. Örnek 3.4'e Ait Ara Çözümü Gösteren Grafik.



ŞEKİL: 3.6. Örnek 3.4'e Ait Çok Amaçlı Çözümü Gösteren Grafik.

BÖLÜM 4. ÇOK AMAÇLI SİMPLEKS METODU

4.1. Çok Amaçlı Problemlerin Grafik Gösterimi

Çok amaçlı problemlere grafik yöntemle yaklaşmak mümkündür. Çözüm tekniği ve anlaşılması açısından bir avantaj sağlamasına rağmen karar değişken sayısı ile ilgili kısıt nedeniyle büyük bir dezavantaj söz konusudur. Karar değişken sayısı üçü geçtiğinde, bunun grafik gösterimi mümkün değildir ve bu tip problemler sadece çok amaçlı simpleks metodu ile çözülebilir. Aşağıdaki örnekler çok amaçlı problemler ile grafik analizler arasındaki etkileşimi göstermektedir.

Örnek 4.1:

$$\max f_1(x) = 4x_1 + x_2$$

$$\max f_2(x) = x_2$$

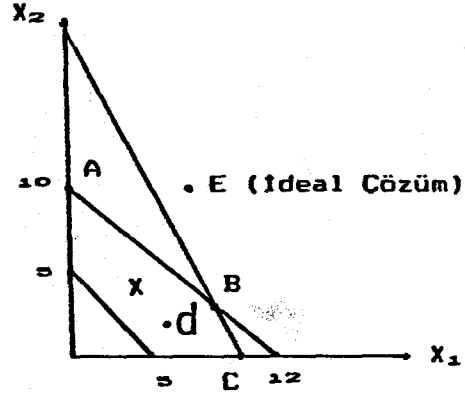
Kısıtlar

$$2x_1 + x_2 \leq 20$$

$$x = \frac{5}{6}x_1 + x_2 \leq 10 \quad x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

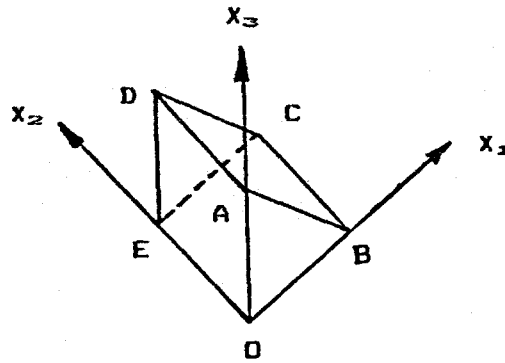
$$x_1 + x_2 \geq 5$$

Örnek 4.1'ile ilgili x olurlu bölge şekil 4.1'de gösterilmiştir.



ŞEKİL: 4.1. Örnek 4.1'ile İlgili Karar Değişkenleri Uzayı.

Bu bölge içindeki D noktası incelendiğinde bu noktanın baskın olduğu gözlenir. Çünkü her iki amaç fonksiyonu olurlu bölge içinde geliştirilebilir. Bütün baskın çözümler olurlu bölge içindedir. Baskın çözüm kümesi A,B,C, noktalarını bağlayan doğrudur. Aşağıdaki grafikte örnek 4.2 ile ilgili karar değişkenler uzayı görülmektedir. Bu tip problemlerin analizinde simpleks metodu daha etkin kullanılabilir.



ŞEKİL: 4.2. Örnek 4.2'ile İlgili Üç Boyutlu Karar Değişkenleri Uzayı.

Örnek 4.2:

$$f_1(x) = x_1$$

$$f_2(x) = x_2$$

$$f_3(x) = x_3$$

Baskın çözüm seti (ABCD) düzlemidir. $f_3(x)$ A ve D'de, $f_1(x)$ B ve C'de, $f_2(x)$ ise C, D ve E'de maksimumdur. $f_2(x)$ ve $f_3(x)$ 'in ortak maksimum doğrusu DC, ortak maksimum noktası ise D'dir. Benzer şekilde $f_1(x)$ ve $f_2(x)$ in ortak maksimum noktası C'dir.

4.2. Çok Amaçlı Problemlere Simpleks Metodu İle Yaklaşım

4.2.1. Çok Amaçlı Simpleks Metodu Formülasyonu

Çok amaçlı probleme ait bütün baskın çözümlerin temini çok amaçlı simpleks metodu sayesinde olur. Aşağıda simpleks metodunun formülasyonu görülmektedir.

$$f_1(\underline{x}) = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n$$

$$f_L(\underline{x}) = c_{L1}x_1 + c_{L2}x_2 + \dots + c_{Ln}x_n$$

$$f_i(\underline{x}) = \sum_{j=1}^n c_{ij}x_j \quad i=1, \dots, L$$

$x_j=1, \dots, n$ karar değişkenine sahip lineer çok amaçlı problemin m tane lineer kısıtı:

$$\begin{aligned} g_1(x) &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$g_m(x) = a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$g_r(x) = \sum_{j=1}^n a_{rj}x_j = b_r \quad r=1, \dots, m$$

$$x_i \geq 0 \quad \text{negatif olmama koşulu.}$$

c_{ij} katsayısı pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Bunlar kazanç veya kaybı gösterir. a_{rj} ise teknolojik katsayıdır ve x_j 'deki her birim artışta r . kaynağın ne kadar sarfedildiğini gösterir.

4.2.2. Çok Amaçlı Simpleks Tablosunun Oluşturulması Ve Çözüm Aşamalarının İncelenmesi

Sembolik notasyonlar ve genel simpleks tablo formatı çok amaçlı simpleks metodunun prosedürünü anlamak için önemlidir.

Yapay değişkenler dahil bütün değişkenler iki gruba bölünürler. m temel değişken $x_1, \dots, x_m$ ile (çözümde yer alan) $n-m$ temel olmayan değişken $x_{m+1}, \dots, x_n$ ile gösterilir ve bunların değeri sifıra eşittir. m kısıt ve n değişken olduğundan m değişken pozitif, kalan $(n-m)$ tanesi sıfırdır. Kısıt olarak nonnegatif koşulunun sağlanması gerekmez çünkü simpleks metodu bunu otomatik olarak yapar.

m temel (n-m) temel olmayan değerlerden oluşan çözüm istenen çözümdür. x^0 , x^1 , x^2 şeklinde ifade edilir. Çok amaçlı simpleks başlangıç tablosu aşağıda görülmektedir [3].

TABLO: 4.1. Çok Amaçlı Simpleks Tablosu

Temel değişkenler $x_1 \dots x_m$			Temel olmayan değişkenler $x_{m+1} \dots x_n$		Temel değişkenlerin değerleri
x_1	1	0	$y_{1(m+1)} \dots y_{1n}$		x_1^0
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
x_m	0	1	$y_{m(m+1)} \dots y_{mn}$		x_m^0
Kriter	0	0	$Z_{1(m+1)}$	Z_{1n}	$f_1(x^0)$
Satır- ları	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	0	0	$Z_{L(m+1)}$	Z_{Ln}	$f_L(x^0)$

Bu çok amaçlı simpleks tablosunun klasik simpleks tablosundan tek farklı birden fazla amaç satırının olmasıdır.

$y_{rj}, (r=1, \dots, m) (j=1, \dots, n)$, x_r ve x_j değişkenleri arasında bir oranı ifade etmektedir. x_j 'yi bir birim arttırabilmek için x_r 'nin ara değerinden y_{rj} miktar fedakarlık etmek gerekir. x_j 'yi bir birim arttırmanın anlamı $x_1, \dots, x_m$ değişkenlerini $y_{1j} \dots y_{mj}$ kadar azaltmakla gerçekleşir. Toplam fedakârlığı değerlendirmede bütün y_{rj} değerlerini c_{ir} ile çarpmak gerekmektedir.

$$\sum_{r=1}^m C_{ir} y_{rj} \quad (4.2)$$

4.3 formülü x_j 'yi bir birim arttırmakla i . amaç fonksiyonunda ne kadarlık bir kazanç sağlayacağını göstermektedir.

$$Z_{ij} = \sum_{r=1}^m C_{ir} \cdot y_{rj} - C_{ij} \quad (4.3)$$

Bütün amaç fonksiyonlarının ara değerleri tablodan direkt olarak temin edilebilir.

$$f_i(x^0) = \sum_{L=1}^m C_{ir} x_{rL}^0 \quad i=1, \dots, L \quad (4.4)$$

Ayrıca Z_{ij} değeri, temel olmayan değişkendeki her bir birim artış için $f_i(x^0)$ 'daki artış miktarını verir. Eğer $Z_{ij} \geq 0$ ise herhangi bir temel olmayan değişken için $f_i(x^0)$ 'ın değeri x_j 'nin her birimlik artışı için ya sabit kalacak yada azalacaktır. Sonuç olarak, bütün temel olmayan değişkenler için ($j= m+1, \dots, n$) $Z_{ij} \geq 0$ ise bununla alakalı amaç fonksiyonu $f_i(x)$ maksimuma ulaşır. Daha ileriye gidilmesi mümkün değildir. Eğer temel olmayan bütün değişkenlerde $Z_{ij} \geq 0$ fakat en az birinde $Z_{ij} < 0$ ise o zaman en az bir tane alternatif maksimum çözüm vardır denir [21,22].

İlk olurlu çözüm nasıl bulunur ve başlangıç simpleks tablosu nasıl oluşturulur. Eğer bütün kısıtlar $\leq$ ise bu sorunun cevabı çok basittir. m yapay değişken temel değişkene dönüştürülür ve sıfıra eşitlenir. $y_{rj} = a_{rj}$, $Z_{ij} = -C_{ij}$ yapıldıktan sonra b_r değerleri aynı klâsik simpleks metodunda olduğu gibi temel değerler sütununa

yazılır. Örnek 4.3 konunun daha iyi anlaşılması için verilmiştir.

Örnek 4.3:

$$\max 10x_1 + 20x_2$$

$$\max 23x_1 + 32x_2$$

$$10x_1 + 6x_2 = x_3^{\oplus} = 2500$$

$$5x_1 + 10x_2 + x_4^{\oplus} = 2000$$

$$7x_1 + 7x_2 + x_5^{\oplus} = 2050$$

Tablo 4.1'deki format kullanılarak başlangıç tablosu oluşturulur. Tablo 4.2'de bu problem ile ilgili değerler görülmektedir. Buna uygun ilk çözüm $\underline{x}^0 = (0,0,2500, 2000,2050)$ ve $f_1(\underline{x}^0) = 0$, $f_2(\underline{x}^0) = 0$ 'dır.

TABLO: 4.2. Örnek 4.3'ile İlgili Çok Amaçlı Simpleks Başlangıç Tablosu

	Temel olmayan değişken		Temel değişken			Temel Değ.Değerleri
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
x_3	10	6	1	0	0	2500
x_4	5	10	0	1	0	2000
x_5	7	7	0	0	1	2050
Kriter	-10	-20	0	0	0	0
satır- ları	-23	-32	0	0	0	0

Tabloya bakıldığında Z_{ij} değerlerinin sıfırdan küçük veya eşit olduğu görülür. Bu da x_1 'deki her birimlik artışın i. amaç fonksiyon değerinde bir artışa sebep olacağını gösterir. Kriter satırlarına bakıldığında x_2 kolonunu pivot kolon olarak seçmek daha avantajlı olur. Pivot satır klasik simpleks metodunda uygulanan yöntemle bulunur.

Pivot sütunu belirlerken bulunan y_{rj} değerleri sırasıyla $y_{32}=6$ $y_{42}=10$ $y_{52}=7$ 'dir. Bunların anlamı x_2 'yi bir birim arttırmakla temel değişken x_3, x_4, x_5 üzerinde ne kadarlık fedakarlık yapılacağını gösterir. Örneğin: $x_3 = 2500$, x_3 tarafından izin verilen x_2 'deki maksimum artış $\frac{2500}{6} = 416. \frac{2}{3}$ 'dür. Benzer şekilde x_4 ve x_5 'deki artış hesaplanırsa sırasıyla 200 ve 292.86 değerleri bulunur. En küçük değer seçilir ve x_2 , x_4 'ün yerine geçer. x_2 kolonunda aşağıdaki şekilde bir dönüştürme yapılır.

$$f_1(\underline{x}') = f_1(\underline{x}^0) + 10 (200) = 4000$$

$$f_2(\underline{x}') = f_2(\underline{x}^0) + 32 (200) = 6400$$

TABLO: 4.3. Simpleks Metotta Kullanılan Dönüşüm Tablosu

		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	x_3	10	6	1	0	0
2	x_4	5	10	0	1	0
3	x_5	7	7	0	0	1
4	f_1	-10	-20	0	0	0
5	f_2	-23	-32	0	0	0

Bu dönüştürme işlemi yapıldıktan sonra yeni temel çözüm Tablo 4.4 elde edilir. Bu yeni temel çözümde $\underline{x}' = (0, 200, 1300, 0, 650)$ 'dir. $\underline{x}'$ çözümünde 1. amaç fonksiyonu maksimum olmaktadır. Ancak $Z_{21} = -7$ değeri bundan daha iyi bir çözüm olduğunu gösterir ve o sütun pivot kolon olarak seçilir ve işleme devam edilir.

TABLO: 4.4. Örnek 4.3'e Ait Ara Çözüm Değerleri

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Temel Değ.Değerleri
x_3	7	0	1	$-3/5$	0	1300
x_2	$1/2$	1	0	$1/10$	0	200
x_5	$7/2$	0	0	$-7/10$	1	650
	0	0	0	2	0	4000 $f_1(x)$
	-7	0	0	$3 \cdot \frac{1}{5}$	0	6400 $f_2(x)$

Tablodanda görüldüğü gibi x_1 deki artış ikinci amaç fonksiyonunu geliştirecektir. Bu durumda birinci amaç fonksiyonu sabit kalacaktır. Bu da $\underline{x}'$ 'in baskın olmayan çözüm olduğunu gösterir. Prosedür x_1 satırı için tekrarlanır, öncelik oranları belirlenir. Bunlar sırasıyla $\frac{1300}{7} = 185.71$, $200/1/2 = 400$, $600 \cdot 7/2 = 185.71$ 'dir. En küçük iki değer mevcuttur. Onun için biri keyfi olarak belirlenir. x_1 , x_3 'ün yerine geçer ve yeni tablo oluşturulur.

TABLO: 4.5. Örnek 4.3 ile ilgili Çözüm Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Temel Değişken Değerleri
x_1	1	0	1/7	-3/35	0	1300/7
x_2	0	1	-1/14	1/7	0	750/7
x_5	0	0	-1/2	2/5	1	0
	0	0	0	2	0	4000
	0	0	1	13/5	0	7700

Tablo 4.5 incelendiğinde Z_{1j} ve Z_{2j} ($j=1, \dots, 5$) değerleri nonnegatiftir. Bu da çözümün baskın olduğunu gösterir.

4.2.2.1. Baskın Çözümün Aranması

Tablo 4.1'deki herbir temel olmayan değişken ile ilgili kriter satırındaki kolon vektörü:

$$Z_j = \begin{bmatrix} Z_{1j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_{Lj} \end{bmatrix} \quad \text{ile ifade edilir} \quad (4.5)$$

Amaç fonksiyonunun ara değerleri ile ilgili kolon vektörü ise

$$f^0 = \begin{bmatrix} f_1(x^0) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ f_L(x^0) \end{bmatrix} \quad \text{şeklinde gösterilir.} \quad (4.6)$$

$|x^0$ çözümüne ait|

Her bir temel olmayan değişken x_j için

$$k_j = \min \frac{x_r^0}{y_{rj}} \quad \text{şeklinde bir oran tanımlanır.} \quad (4.7)$$

Burada $y_{rj} > 0$ olmak zorundadır. Bu ifade hangi temel değişkenin çözümü terkedeceğini belirtir. Tablo 4.4'deki değerler kullanılarak 4.5 ve 4.6'daki formüller incelendiğinde şu sonuçlar elde edilir. x_1 bir birim artarsa buna mukabil x_3, x_2, x_5 değişkenlerinin değerleri sırasıyla $7, 1/2, 7/2$ kadar azalacaktır. Eğer x_1 $1300/7$ kadar artarsa yeni x_3, x_2, x_5 değerleri sırasıyla $0, 750/7, 0$ olur. Temel çözümün baskın olup olmadığının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$f' = f^0 - k_j z_j \quad (4.8)$$

Tablo 4.2'deki değerler kullanılarak $k_2=200$ elde edilir ve formüldeki yerine konur.

$$\begin{vmatrix} 4000 \\ 6400 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix} - 200 \times \begin{vmatrix} -20 \\ -32 \end{vmatrix}$$

Benzer şekilde $k_1 = 1300/7$ değer için:

$$f^2 = f^1 - k_1 z_1 = \begin{vmatrix} 4000 \\ 7700 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4000 \\ 6000 \end{vmatrix} - \frac{1300}{7} \times \begin{vmatrix} 0 \\ -7 \end{vmatrix}$$

Çözümün baskın çözüm olup olmadığının belirlenmesinde aşağıdaki üç kural büyük önem taşımaktadır.

1. z_j eğer negatif değerler içeriyorsa x^0 baskın olmayan çözümdür.

2. x_j ve x_k şeklinde iki temel olmayan değişken düşünelim. k_j, z_j 'nin değerleri k_k, z_k dan küçük veya en az bir tane küçük diğerleri eşit ise x_k, x_j 'den daha iyi çözümdür.

3. Herhangi bir i . amaç fonksiyonu ile ilgili z_{ij} değerleri sıfırdan büyük veya eşit ise o çözüm baskın çözümdür.

Bazı olaylarda bu kurallara başvurularak karar verilmesi mümkün olmayabilir. Buna ek olarak aşağıda bir başka çözüm testi incelenmektedir. Temel çözüm x^* 'in baskın çözüm olup olmadığı 4.9'daki LP modelini çözmekle anlaşılır [23,24,25].

$$\max \sum_{i=1}^L d_i$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_r \quad i=1, \dots, m$$

ve

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_j - d_i \geq f_i(x^*) \quad (4.9)$$

$$d_i \geq 0$$

$$x_j = 0$$

$$w = \max \sum_{i=1}^L d_i \geq 0$$

1. x^* 'in baskın çözüm olması için $w=0$ olması gerekir.

2. $w > 0$ ise x^* baskın olmayan çözümdür.

Örnek 4.4

$$f_1(x) = x_1 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 + 2x_5 + x_7$$

$$f_2(x) = x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 + x_6$$

$$f_3(x) = x_1 + x_3 - x_4 - x_6 - x_7$$

Kısıtlar

$$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 2x_5 + x_6 + 2x_7 \leq 16$$

$$-2x_1 - x_2 + x_4 + 2x_5 + x_7 \leq 16$$

$$-x_1 + x_3 + 2x_5 - 2x_7 \leq 16$$

$$x_2 + 2x_3 - x_4 + x_5 - 2x_6 - x_7 \leq 16$$

$$x_j \geq 0 \quad j=1, \dots, 7$$

TABLO: 4.6. Örnek 4.4. İle İlgili Çok Amaçlı Simpleks Başlangıç Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel değiş- ken değerleri
x_8	1	2	1	1	2	1	2	1	0	0	0	16
x_9	-2	-1	0	1	2	0	1	0	1	0	0	16
x_{10}	-1	0	1	0	2	0	-2	0	0	1	0	16
x_{11}	0	1	2	-1	1	-2	-1	0	0	0	1	16
kriter	-1	-2	1	-3	-2	0	-1	0	0	0	0	$0 f_1(x)$
satır- ları	0	-1	-1	-2	-3	-1	0	0	0	0	0	$0 f_2(x)$
	-1	0	-1	1	0	1	1	0	0	0	0	$0 f_3(x)$
	-2	-3	-1	-4	-5							

İlk çözüm $\underline{x}' = (0,0,0,0,0,0,16,16,16,16)$ baskın çözüm-
dür. Kriter satırındaki değerleri toplamak suretiyle
sütun seçmede bir yaklaşıma gidilebilir. x_5 sütunu seçi-
lir. Buradan $k_5 = 8$ bulunur. Bunu x_8, x_9, x_{10} sağlar.
Keyfi olarak x_8 seçilir ve yeni tablo oluşturulur.

TABLO: 4.7. Örnek 4.4 İle İlgili Çok Amaçlı Simpleks Ara Çözüm Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değiş. Değer.
x_5	1/2	1	1/2	1/2	1	1/2	1	1/2	0	0	0	8
x_9	-3	-3	-1	0	0	-1	-1	-1	1	0	0	0
x_{10}	-2	-2	0	-1	0	-1	-4	-1	0	1	0	0
x_{11}	-1/2	0	3/2	-3/2	0	-5/2	-2	-1/2	0	0	1	8
	0	0	2	-2	0	1	1	1	0	0	0	16
	3/2	2	1/2	-1/2	0	1/2	3	3/2	0	0	0	24
	-1	0	-1	1	0	1	1	0	0	0	0	0

Bununla ilgili temel çözüm $\underline{x}^2 = (0,0,0,0,8,0,0,0,0,8)'$ dir. $x_5 = 8$, $x_{11} = 8$ diğer değişkenler sıfırdır. $\underline{x}^2$ 'de amaç fonksiyonlarından hiçbirisi maksimuma ulaşmamıştır. $\underline{x}^2$ 'nin baskın olup olmadığını öğrenmek için baskın çözüm testi uygulanır.

$$W = \max \sum_{i=1}^L d_i = d_1 + d_2 + d_3$$

Kısıtlar

$$f_1(x) - d_1 \geq 16$$

$$f_2(x) - d_2 \geq 24$$

$$f_3(x) - d_3 \geq 0$$

Bu LP çözüldüğünde $W=0$ çıkar. Bu da $\underline{x}^2$ 'nin baskın çözüm olduğunu gösterir. Tablo 4.7'ye bakıldığında x_2 , x_6 , x_7 ve x_8 'e ait Z_j değerleri pozitif değerler içerdiğinden, x_1 , x_3 ve x_4 kolonlarında herhangi biri üzerinde yeni bir çözüm aranır. Önce k_1 , k_3 ve k_4 hesaplanır.

$$k_1 = 16, k_3 = \frac{16}{3}, k_4 = 16 \text{ daha sonra } Z_1, Z_3, Z_4$$

$$16. \begin{vmatrix} 0 \\ 3/2 \\ -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 24 \\ -16 \end{vmatrix}$$

$$\frac{16}{3} \cdot \begin{vmatrix} 2 \\ 1/2 \\ -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10.67 \\ 2.67 \\ -5.33 \end{vmatrix}$$

$$16 \cdot \begin{vmatrix} -2 \\ -1/2 \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -32 \\ -8 \\ 16 \end{vmatrix}$$

Bu değerlerden hareketle bir eleme yapmak mümkün değildir. Bundan dolayı aşağıdaki formül kullanılarak işlem genişletilir.

$$f^2 = f^1 - k_j \cdot z_j$$

$$\begin{vmatrix} 16 \\ 24 \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 0 \\ 24 \\ -16 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 16 \\ 0 \\ -16 \end{vmatrix} \quad 1$$

$$\begin{vmatrix} 16 \\ 24 \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 10.67 \\ 2.67 \\ -5.33 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5.33 \\ 21.33 \\ 5.33 \end{vmatrix} \quad 2$$

$$\begin{vmatrix} 16 \\ 24 \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} -32 \\ -8 \\ 16 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 48 \\ 32 \\ -16 \end{vmatrix} \quad 3$$

Bu basit testten sonra hangisinin baskın çözüm olduğunu söylemek zor olduğu ve karşılaştırmanın mümkün olmadığı için ifadeler teker teker denenir. Keyfi olarak x_4 seçilir ve x_5 'in yerine geçer. Tablo 4.8 bu değişimin sonuçlarını göstermektedir.

TABLO: 4.8. Örnek 4.4.'e Ait x^3 Çözüm Değerleri

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerleri
x_4	1	2	1	1	2	1	2	1	0	0	0	16
x_9	-3	-3	-1	0	0	-1	-1	-1	1	0	0	0
x_{10}	-1	0	1	0	2	0	-2	0	0	1	0	16
x_{11}	1	3	3	0	3	-1	1	0	0	0	1	32
	2	4	4	0	4	3	5	3	0	0	0	$48 f_1(x)$
	2	3	1	0	1	1	4	2	0	0	0	$32 f_2(x)$
	-2	-2	-2	0	-2	0	-1	-1	0	0	0	$-16 f_3(x)$

$x^3 = (0,0,0,16,0,0,0,0,0,16,32)$ Burada $x_4 = 16$ ve yapay değişkenler x_{10} ve x_{11} sırasıyla 16 ve 32'dir. Diğer bütün değişkenler sıfırdır. x^2 baskın çözümdür. İncelendiğinde hem $f_1(x)$ ve $f_2(x)$ $x^{2,i}$ de maksimum değerine ulaşır. Çünkü $Z_{ij} = 0$, $i=1,2$ 'dir. Toplam amaç fonksiyonu gözönüne alınarak işlemlere devam edilir.

TABLO: 4.9. Örnek 4.4'e Ait Simpleks Ara Çözüm Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerler
x_1	1	2	1	1	2	1	2	1	0	0	0	16
x_9	0	3	2	3	6	2	5	2	1	0	0	48
x_{10}	0	2	2	1	4	1	0	1	0	1	0	32
x_{11}	0	1	2	-1	1	-2	-1	0	0	0	1	16
	0	0	2	-2	0	1	1	1	0	0	0	16
	0	-1	-1	-2	-3	-1	0	0	0	0	0	0
	0	2	0	2	2	2	3	1	0	0	0	16
	0	1	1	-2	-1	2	4	2	0	0	0	32

Yine $x^4 = (16, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ baskin çözümdür. Çünkü 3. amaç fonksiyonu maksimum değerine ulaşır.

TABLO: 4.10. Örnek 4.4. ile ilgili Çok Amaçlı Ara Çözüm Değerleri

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerler
x_1	1	3/2	0	3/2	3/2	2	5/2	1	0	0	-1/2	8
x_9	0	2	0	4	5	4	6	2	1	0	-1	32
x_{10}	0	1	0	2	3	3	1	1	0	1	-1	16
x_3	0	1/2	1	-1/2	1/2	-1	-1/2	0	0	0	1/2	8
	0	-1	0	-1	-1	3	2	1	0	0	-1	0
	0	-1/2	0	-5/2	-5/2	-2	-1/2	0	0	0	1/2	8
	0	2	0	2	2	2	3	1	0	0	0	16
	0	1/2	0	-3/2	-3/2	3	9/2	2	0	0	-1/2	24

$\underline{x}^5 = (8, 0, 8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ 'de baskın çözümdür. Üçüncü amaç fonksiyonu bu noktada maksimum'a ulaşır. Son iki alternatif çözüm karşılaştırıldığında hangisinin daha iyi çözüm olduğunu söylemek mümkün değildir.

0 16
8 0
16 16
....
24 32

işlemlere devam edilirse,

TABLO: 4.11. Örnek 4.4 ile ilgili Simpleks Ara Çözüm Değerleri

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerler
x_4	$2/3$	1	0	1	1	$4/3$	$5/3$	$2/3$	0	0	$-1/3$	$16/3$
x_9	$-8/3$	-2	0	0	1	$-4/3$	$-2/3$	$-2/3$	1	0	$1/3$	$32/3$
x_{10}	$-4/3$	-1	0	0	1	$1/3$	$-7/3$	$-1/3$	0	1	$-1/3$	$16/3$
x_3	$1/3$	1	1	0	1	$-1/3$	$1/3$	$1/3$	0	0	$1/3$	$32/3$
	$2/3$	0	0	0	0	$13/3$	$11/3$	$5/3$	0	0	$-4/3$	$16/3$
	$5/3$	2	0	0	0	$4/3$	$11/3$	$5/3$	0	0	$-1/3$	$64/3$
	$-4/3$	0	0	0	0	$-2/3$	$-1/3$	$-1/3$	0	0	$2/3$	$16/3$
	1	2	0	0	0	5	7	3	0	0	-1	32

$\underline{x}^6 = (0, 0, 32/3, 16/3, 0, 0, 0)$ hiçbir amaç fonksiyonu maksimuma ulaşmıyor. Test edilerek başkin çözüm olup olmadığı incelenir.

TABLO: 4.12. $\underline{x}^6$ Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığının Gösteren Tablo

2/3	0	13/3	11/3	5/3	-4/3	1	0	0	0
5/3	2	4/3	11/3	5/3	-1/3	0	1	0	0
-4/3	0	-2/3	-1/3	-1/3	2/3	0	0	1	0
1	2	5	7	3	-1	0	0	0	0
-2	0	3	3	1	0	1	0	2	0
1	2	1	21/6	3/2	0	0	1	1/2	0
-2	0	-1	-1/2	-1/2	1	0	0	3/2	0
-1	2	4	13/2	5/2	0	0	0	3/2	0
0	4	5	10	4	0	1	2	3	0
1	2	1	21/6	3/2	0	0	1	1/2	0
0	4	1	13/2	5/2	1	0	2	5/2	0
0	4	5	10	4	0	0	1	2	0

Son tablo gözleendiğinde $\underline{x}^6$ 'nin baskın çözüm olduğu görölür. Daha fazla analiz yapmadan $\underline{x}^7$ 'nin de baskın çözüm olduğu izlenir. Çünkü $\underline{x}^6$ ve $\underline{x}^7$ farklı olmasına rağmen, değer uzayında benzer özelliğe sahiptir.

TABLO: 4.13. Örnek 4.4'e Ait $\underline{x}^7$ Çözüm Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerler
x_5	2/3	1	0	1	1	4/3	5/3	2/3	0	0	-1/3	16/3
x_9	-10/3	-3	0	-1	0	-8/3	-7/3	-4/3	1	0	2/3	16/3
x_{10}	-2	-2	0	-1	0	-1	-4	-1	0	1	0	0
x_3	-1/3	0	1	-1	0	-5/3	-4/3	-1/3	0	0	2/3	16/3
	2/3	0	0	0	0	13/3	11/3	5/3	0	0	-4/3	16/3
	5/3	2	0	0	0	4/3	11/3	5/3	0	0	-1/3	64/3
	-4/3	0	0	0	0	-2/3	-1/3	1/3	0	0	2/3	16/3
	1	2	0	0	0	5	7	3	0	0	-1	32

$$\underline{x}^7 = (0, 0, 16/3, 0, 16/3, 0, 0)$$

TABLO: 4.14. Örnek 4.4 ile ilgili Ara Çözüm Değerleri

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişen Değerler
x_6	1/2	3/4	0	3/4	3/4	1	5/4	1/2	0	0	-1/4	4
x_9	-2	2	0	1	2	0	1	0	1	0	0	16
x_{10}	-3/2	-5/4	0	-1/4	3/4	0	11/4	-1/2	0	1	-1/4	4
x_3	1/2	5/4	1	1/4	5/4	0	3/4	1/2	0	0	1/4	12
	-3/2	-13/4	0	-13/4	-13/4	0	-7/4	-1/2	0	0	-1/4	-12
	1	1	0	-1	-1	0	2	1	0	0	0	16
	-1	1/2	0	1/2	1/2	0	1/2	0	0	0	1/2	8
	-3/2	-7/4	0	-15/4	-15/4	0	3/4	1/2	0	0	1/4	12

$\underline{x}^8: (0, 0, 12, 0, 0, 4, 0)$ $\underline{x}^8$ 'in baskın çözüm olup olmadığı test edilirse

TABLO: 4.15. $\underline{x}^B$ Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığını Gösteren Tablo

-3/2	-13/4	-13/4	-13/4	-7/4	-1/2	-1/4	1	0	0	0
1	1	1	-1	2	1	0	0	1	0	0
-1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	0	0	1	0
-3/2	-7/4	-15/4	-15/4	3/4	1/2	1/4	0	0	0	0
-8	0	0	0	3/2	-1/2	3	1	0	13/2	0
-1	2	0	0	3	1	1	0	1	2	0
-2	1	1	1	1	0	1	0	0	2	0
-9	2	0	0	9/2	1/2	4	0	0	15/2	0

Son tabloda 1. kolondan dolayı $\underline{x}^B$ baskın olmayan çözümdür.

TABLO: 4.16. Örnek 4.4'e Ait X^9 Çözüm Tablosu

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Temel Değişken Değerler
x_7	2/5	3/5	0	3/5	3/5	4/5	1	2/5	0	0	-1/5	16/5
x_9	-12/5	7/5	0	2/5	7/5	-4/5	0	-2/5	1	0	1/5	4/5
x_{10}	-2/5	2/5	0	7/5	12/5	11/5	0	3/5	0	1	4/5	64/5
x_3	1/5	4/5	1	-1/5	4/5	-3/5	0	1/5	0	0	2/5	48/5
	-4/5	-11/5	0	-11/5	-11/5	7/5	0	1/5	0	0	-3/5	-32/5
	1/5	-1/5	0	-11/5	-11/5	-8/5	0	1/5	0	0	2/5	48/5
	-6/5	1/5	0	1/5	1/5	-2/5	0	-1/5	0	0	3/5	32/5
	-9/5	-11/5	0	-21/5	-21/5	-3/5	0	1/5	0	0	2/5	48/5

$x^9 = (0, 0, 48/5, 0, 0, 0, 16/5)$ başkin olup olmadığı test edilirse

TABLO: 4.17. $\underline{x}^9$ Değerinin Baskın Çözüm Olup Olmadığını Gösteren Tablo.

-4/5	-11/5	-11/5	7/5	1/5	-3/5	1	0	0	0
1/5	-1/5	-11/5	-8/5	1/5	2/5	0	1	0	0
-6/5	1/5	1/5	-2/5	-1/5	3/5	0	0	1	0
-9/5	-11/5	-21/5	-3/5	1/5	2/5	0	0	0	0
-14	0	0	0	-3	-2	6	1	0	11
-13	2	0	0	6	-2	7	0	1	11
-6	1	1	1	-2	-1	3	0	0	5
-27	2	0	0	-9	-4	13	0	0	107/5

Son tablodaki 1. kolondan dolayı $\underline{x}^9$ baskın olmayan çözümdür. Elde edilen bütün sonuçlar Tablo 4.18' de gösterilmiştir. Burada D= Baskın olmayan çözüm, N=Baskın çözümü göstermektedir.

TABLO: 4.18. Sonuç Tablosu

	$\underline{x}^2$	$\underline{x}^3$	$\underline{x}^4$	$\underline{x}^5$	$\underline{x}^6$	$\underline{x}^7$	$\underline{x}^8$	$\underline{x}^9$
f_1	16	48	16	0	5.33	5.33	-12	-6.4
f_2	24	32	0	8	21.33	21.33	16	9.6
f_3	0	-16	16	16	5.33	5.33	8	6.4
	N	N	N	N	N	N	D	D

BÖLÜM 5. ÇOK AMAÇLI TRANSPORTASYON PROBLEMİ

5.1. Çok Amaçlı Transportasyon Probleminin Formülasyonu

Lineer programlamanın en yaygın uygulamalarından biri de transportasyon problemleridir. m kaynaktan n pazara tahsis edilmesi ile alakalıdır. Kaynaklar, mevcut kapasiteleri $a_1, \dots, a_m$ şeklinde karakterize edilen üretim birimleri olarak ifade edilir. Pazarlar ise istenilen talep düzeyleri $b_1, \dots, b_n$ şeklinde karakterize edilen tüketim birimleri olarak ifade edilir. Bir birim malı i . kaynaktan j . pazara taşıma ile ilgili olarak C_{ij}^k şeklinde bir ceza faktörü söz konusudur. Burada k ise k . karar kriterini göstermektedir. Karar kriteri taşıma maliyeti, taşıma zamanı, taşınacak malın miktarı, karşılanmamış talep, taşımanın emniyeti v.s olabilir [26].

Amaç i . kaynaktan j . pazara transfer edilecek x_{ij} miktarını belirlemektir. Bu problem aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\begin{aligned} \min \quad & C_{11}^1 x_{11} + \dots + C_{mn}^1 x_{mn} \\ \min \quad & C_{11}^L x_{11} + \dots + C_{mn}^L x_{mn} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} &= a_1 \\ x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} &= a_m \end{aligned}$$

ve,

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = b_1$$

$$x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} = b_n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad a_i \geq 0 \quad b_j \geq 0$$

$$c_{ij}^k \geq 0 \quad \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Bu transportasyon problemi, tablo şeklinde de düşünülebilir.

TABLO: 5.1. Çok Amaçlı Transportasyon Matrisinin Gösterimi

Pazar. Kaynak. i. j.	1	2		n	Kapasite
1.	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}		c_{1n} x_{1n}	a_1
2.	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}		c_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...
m.	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}		c_{mn} x_{mn}	a_m
Talep	b_1	b_2		b_n	

Bu tablodaki C_{ij} değerleri $C_{ij} = (C_{ij}^1, C_{ij}^2, \dots, C_{ij}^k)$ şeklinde bir vektör olarak tanımlanır. Bu problemin genel ifadesi:

$$\text{Minimizasyon} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^k x_{ij} \quad k=1, \dots, L$$

$$\text{Kısıtlar} \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad i=1, \dots, m$$

(5.2)

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = b_j \quad j=1, \dots, n$$

Çözüm algoritması ise şöyledir; L kriterin herbiri tek tek gözününe alınarak transportasyon problemi çözülür ve bir ideal çözüm elde edilir. Daha sonra ideal çözüme en yakın çözümü bulmak için bir uzlaşık çözüm araştırılır.

$$\min f_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^k \cdot x_{ij} \quad (5.3)$$

f_k^* ise 5.3 ifadesinden elde edilen optimum çözümdür. Buna bağlı olarak x_{ij}^* ise bu çözümün karar değişkenleridir. Bütün k 'lar için bu tekrarlanırsa $f^* = (f_1^*, \dots, f_L^*)$ şeklinde bir ideal çözüm seti bulunur. f^* vektörünü sağlayan x_{ij}^* karar değişkenler kümesi uygun çözüm bölgesi içinde bulunmaz. Bunun için f^* 'a en yakın uzlaşık çözüm araştırılır. Uzlaşık çözüm için aşağıdaki yakınlık ölçütleri (d_1 ve d_2) kullanılır.

$$d_1 = \sum_{k=1}^L \frac{1}{f_k^*} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k \cdot x_{ij} \quad (5.4)$$

bir diğ er ölçüm ise;

$$d_2 = \sum_{k=1}^L \left(\frac{1}{f_k^*} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k \cdot x_{ij} - 1 \right)^2 \quad (5.5)$$

d_1 ve d_2 'yi minimize ederken elde edilen x_{ij} çözümleri her zaman baskın çözümdür.

5.2. Çok Amaçlı Transportasyon İle İlgili Bir Örnek

Örnek 5.1: Diaz'dan [24] adapte edilen çok amaçlı transportasyon probleminde dört kaynak ve beş sipariş noktası mevcuttur. Bunların talebi ve kapasiteleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

TABLO: 5.2. Örnek 5.1' ile İlgili Kapasite-Talep Matrisi

	1	2	3	4	5	Kapasite
1						5
2						4
4						2
4						9
Talep	4	4	6	2	4	20

Bu problemde 3 kriter söz konusudur, bunlar sırasıyla;

- 1)- Taşıma maliyeti
- 2)- Taşıma zamanı
- 3)- Emniyet

TABLO: 5.3. Maliyet Matrisi

	1	2	3	4	5
1	9	12	9	6	9
2	7	3	7	7	5
3	6	5	9	11	3
4	6	8	11	2	2

TABLO 5.4. Zaman Matrisi

	1	2	3	4	5
1	2	9	8	1	4
2	1	9	9	5	2
3	8	1	8	4	5
4	2	8	6	9	8

TABLO: 5.5. Emniyet Matrisi

	1	2	3	4	5
1	2	4	6	3	6
2	4	8	4	9	2
3	5	3	5	3	6
4	6	9	6	3	1

Emniyet matrisindeki değerler 1 ile 10 arasında değişen bir ölçekle belirlenmiřtir. (1:en emniyetli 10: en az emniyetli).

Bu üç kriter eşit önem düzeyinde düşünülür. Bu transportasyon problemi değişik metodlarla çözülebilir. Öncelikle tek amaç olarak maliyet kriteri ele alınır ve klasik transportasyon metodu uygulanır. Sonuçta, $f_1^* = 102$, $f_2 = 141$, $f_3 = 94$ değerleri elde edilir. (f_1 maliyet, f_2 zaman, f_3 emniyet)

2. Zaman minimizasyonu:

$$x_{11}=3 \quad x_{14}=2 \quad x_{25}=4 \quad x_{32}=2 \quad x_{41}=2 \quad x_{42}=2 \quad x_{43}=6$$

$$f_2^* = 2(3) + 1(2) + 2(4) + 1(2) + 2(1) + 8(2) + 6(6) = 72$$

Diğer fonksiyonlar ise $f_1 = 157$ $f_3 = 86$ 'dır.

3. Emniyet faktörü:

$$x_{11}=3 \quad x_{12}=2 \quad x_{23}=4 \quad x_{32}=2 \quad x_{41}=1 \quad x_{43}=2 \quad x_{44}=2 \quad x_{45}=4$$

$$f_3^* = 2(3) + 4(2) + 4(4) + 3(2) + 6(1) + 6(2) + 3(2) + 1(4) = 64$$

$f^* = (f_1^*, f_2^*, f_3^*) = (102, 72, 64)$ İdeal çözüm elde edilir.

d_1 'in minimizasyonu sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

$f_1=141$ $f_2=86$ $f_3=82$ $d_1=3.858$ benzer şekilde d_2 'nin minimizasyonu ile de $f_1=136.33$ $f_2=92$ $f_3=80$ $d_2=0.25296$ değerleri bulunur.

Aşağıdaki sonuç tablosu örnek 5.1 ile ilgili baskın çözüm değerlerini göstermektedir.

TABLO: 5.6. Sonuç Tablosu

	Maliyet	Zaman	Emniyet
1	102	141	94
2	157	72	86
3	129	126	64
4	141	86	82
5	136 $\cdot \frac{1}{3}$	92	80

5.3. Çok Amaçlı Transportasyon Probleminin Gerçek Bir Model Üzerinde Uygulanması

5.3.1. Verilerin Temini Ve Analizi

Bu dağıtım modeli ile ilgili veriler EK-A'da belirtilmiştir. Veriler 2 kısımda incelenir.

- 1)- Dağıtım maliyetleri ile ilgili veriler
- 2)- Siparişin zamanında temini ile ilgili veriler.

1)- Dağıtım maliyetleri: i. depodan j. pazara dağıtımın maliyeti $m_{ij} \times 118.26 + 5500 \times 2 + k_j$ formülü ile bulunur. Burada m_{ij} i. depodan j. pazara olan mesafe, 118.26 (1 ton malı 1 km taşımanın maliyeti), 5500 (Ham-maliye), k_j (merkez depodan j. pazara olan taşıma maliyeti).

2)- Siparişin zamanında temini: i. depodan j. tane sipariş noktasına olan uzaklıklar küçükten büyüye dizilir ve 1-39 arasında değer atanır.

5.3.2. Modelin Kurulması

Problemin genel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^k \cdot x_{ij} \quad k=1,2$$

k=1 Taşıma maliyeti
k=2 Siparişin zamanında temini ile ilgili kriter.

m (depo sayısı) = 1,....., 10

n (sipariş noktası) = 1,...., 39

$$\text{Kısıtlar} \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad i=1,.....,10$$

a_i i. Deponun kapasitesi
j=1,....., 39

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad b_j \text{ (j. Sipariş noktasının ihtiyacı)}$$

5.3.3. Modelin Çözümü

Modelin akış diyagramı ve uzlaşık çözümü EK-A'da incelenmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çok amaçlı karar verme tekniklerinden biri olan hedef programlama ve çok amaçlı transportasyon üzerinde durulmuştur. Hedef programlama tekniklerinden Lineer, Nonlineer, 0-1 tamsayılı, tamsayılı sistemler incelenmiş ve konuların daha iyi anlaşılabilmesi için örnekler verilmiştir. Ayrıca gerçek bir sistem ele alınarak, transportasyon problemine çok amaçlı yaklaşılmış ve konu ile ilgili bilgisayar uygulaması yapılmıştır.

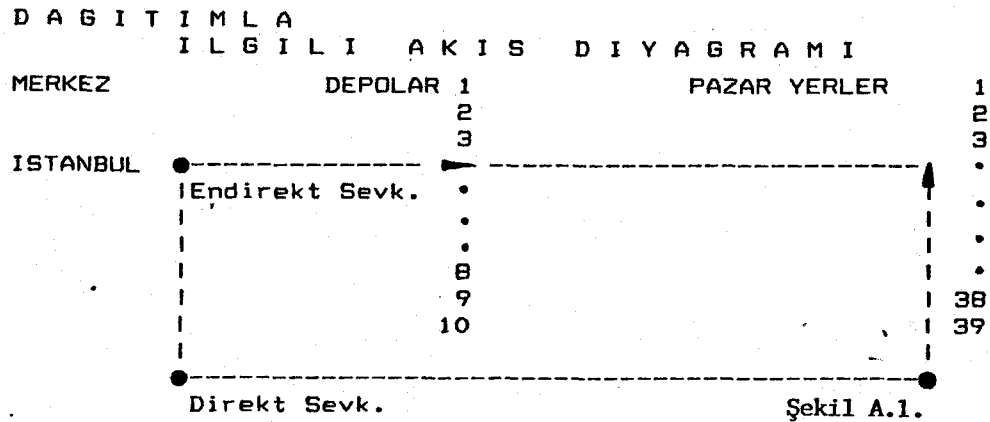
Günümüzde çok amaçlı karar verme teknikleri yavaş yavaş bütün sistemlerde, alt sistemlerde uygulanmaya başlanmış ve bu sayede olaylara daha karmaşık bakma olanağı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] EVREN, R., Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri Üzerine Bir İnceleme, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul, 1989.
- [2] KEENEY, R.L. and H.Raiffa, Decisions with Multiple objectives, Preferences and value Tradeoffs, New York, 1976.
- [3] ZELENY, M., Multiple Criteria Decision Making, Mc Graw Hill, 1982.
- [4] FRIEDMAN, M., Price Theory, A Provisional Text, Aldine, Chicago, 1962.
- [5] LEIBENSTEIN, H., Beyond Economic Man: A New Foundation for Microeconomics, Harvard, Cambridge, Mass. 1976.
- [6] DRUCKER, P.F., Management, Tasks, Responsibilities, Practices, Harper Row, New York, 1974.
- [7] HARRIS, J., Management Decision and Decision Analysis, pp.227-229, 1975.
- [8] ZELENY, M., Macroeconomic Policy Making, in J.L. Cochrane and M.Zeleny Eds, Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, Columbia, pp 373-391, 1973.
- [9] HWANG, C., Lecture Notes in Economics and Mathematical System, Linear and Non Linear Goal Programming, pp.56-97, 1976.
- [10] STARR, M., Multiple Criteria Decision Making, Integer Goal Programming, North Holland, Vol.6, pp 273-291, 1977.
- [11] WHITE, J.P. A branch and bound method for multiobjective Boolean Problems, European-Journal of Operational Research 15(1).pp. 126-130, 1984.

- [12] BITRAN, G.B., Linear Multiple Objectives Programs with zero one variables, Mathematical Programming 13. pp.121-139, 1977.
- [13] SHAPIRO, J.F., Multiple Criteria Public Investment Decision Making by Mixed Integer Programming, Multiple Criteria Decision Making, Springer, Berlin, 1976, 170-181.
- [14] STEUER, R.E., and CHOO, E.U., An interactive Weighted Tchebycheff Procedure for Multiple Objective Programming. Vol.26, pp 326-344, 1983.
- [15] BROWMAN, V. J., On Relation Of The Tchebycheff Norm And The Efficient Frontier Of Multiple Criteria Objectives, Multiple Criteria Decision Making, Springer, Berlin, pp.76-85, 1976.
- [16] WHITE, J.P., A Multiple Objective Interactive Lagrangean Relaxation Approach, European Journal of Operational Research, Vol 19., pp 82-90, 1985.
- [17] GABBANI, D., An Interactive Heuristic Approach For Multiobjective Integer Programming Problems, Working Paper, Department of Management Science, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 1985.
- [18] ZIONTS, S., A Multiple Criteria Method for Choosing Among Discrete Alternatives, European Journal of Optimal Research, Vol.7., pp 143-147. 1981.
- [19] LEE, S. M., and MORRIS, R.L., Integer Programming Methods, Multiple Criteria Decision Making, North Holland, N.Y. pp.173-189, 1977.
- [20] BURKARD, R.E., KRARUP, J., PRUZA, P.M., Efficiency and Optimality in Minisum, Minimax 0-1 Programming Problems, Journal of the Operational Research Society, Vol. 33, pp 137-151, 1982.
- [21] COHON, J.L., Multiobjective Programming and Planning, Academic, New York, 1978.

- [22] ISERMAN, H., The Enumeration of the Set of All Efficient Solutions for Linear Multiple Objective Programs, Operational Research Quaterly, Vol 28, No:3, pp. 771-725, 1977.
- [23] DANTZIG, G.B., Linear Programming and Extensions, Princeton, Princeton, N.J. 1963.
- [24] EVANS, J.P., Generating Efficient Extreme. Solutions in Linear Multiple Objectives Programming, University of South Carolina Press, Columbia, pp-349-365, 1973.
- [25] SENGUPTA, S.S., Probabilities of Optima in Multi Objective Linear Programming, Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, Columbia, pp 217-235, 1973.
- [26] DIAZ, J.A., Finding a Complete Description of All Efficient Solutions to a Multiple Objective Transportation Problem, Ekonomico-Matematitsky Obzor, Vol.15. No:1, pp 62-73, 1979.



TALEP VE KAPASİTELERİ GÖSTEREN TABLO

TABLO A.1.

Input Data Describing Your Problem 6 (Capacities and Demands)

Sources:									
ISTANB:	25470	ANKARA:	14188	IZMIR:	11146	ERZURU:	1392	SAMSUN:	3310
ANTALY:	3357	BURSA:	7796	MERSIN:	6759	IZMIT:	2673	G.ANTE:	3366
Destinations:									
KONYA:	5854	B.ESIR:	824	TRABZO:	783	G.ANTE:	1337	USAK:	271
BOLU:	0	ESEHIR:	3570	C.KALE:	574	ADANA:	4960	VAN:	268
URFA:	177	SAKARY:	719	MALATY:	1092	AYDIN:	346	BURDUR:	134
DENIZL:	846	DBAKIR:	453	ERZINC:	304	GIRESU:	64	ISPART:	347
KARS:	238	KAYSER:	1477	KUTAHY:	138	MARAS:	307	ISTANB:	22475
ANKARA:	6857	IZMIR:	9683	ERZURU:	582	SAMSUN:	2463	ANTALY:	2876
MERSIN:	1799	IZMIT:	1954	CORUM:	383	AFYON:	540	HATAY:	548
ELAZIG:	548	ZONGUL:	432	SIVAS:	544	BURSA:	2690		

Press any key to continue.

```
10 CLS: BURCIN=0
20 PRINT: PRINT
30 PRINT "      COK AMACLI TRANSPORTASYON
40 PRINT "      ILE ILGILI BIR UYGULAMA "
50 PRINT: PRINT
60 PRINT "      HAZIRLAYAN BURCIN EREK "
70 PRINT "      787.Y.103 ": PRINT
80 REM Klasik transportasyon problemi cozumunde QSB paket programi kullanilmis
r.
90 PRINT "Satir ve Sutun sayisini gir="; INPUT N,M: PRINT
100 DIM A(N,M), B(N,M), C(N,M), Q(N,M), Y(N,M), PR(N,M), DEPO$(N), SEHIR$(M), D1(N,M),
(N,M), Y1(N,M), D2(N,M)
110 PRINT "pazar yerlerinin datadan okunusu": PRINT
120 FOR I=1 TO M
130 READ SEHIR$(I): NEXT I
140 PRINT "depo yerlerinin datadan okunusu": PRINT
150 FOR I=1 TO N
160 READ DEPO$(I): NEXT I
170 PRINT "depolar ve sehirler arasi mesafenin datadan okunusu ": PRINT
180 FOR I=1 TO N
190 FOR J=1 TO M
200 READ A(I,J): NEXT J: NEXT I
205 PRINT "Mesafe tablosunun oluturulmasi"
210 FOR I=1 TO N
220 FOR J=1 TO M
230 PR(I,J)=A(I,J)
240 NEXT J: NEXT I
250 GOSUB 870
260 FOR I=1 TO N
270 FOR J=1 TO M
280 Q(I,J)=J
290 NEXT J
300 NEXT I
310 CLS: PRINT "Dagitimla ilgili maliyet matrisi": PRINT
320 FOR I=1 TO N
330 FOR J=1 TO M
340 B(I,J)=118.26*A(I,J)+5500
350 REM 118.26 --> 1 ton mali 1 km tasimanin maliyeti
360 REM 5500 --> 1 ton malin hammaliyesi
370 IF I=2 THEN B(I,J)=B(I,J)+59190.04+5500
380 IF I=3 THEN B(I,J)=B(I,J)+72316!+5500
390 IF I=4 THEN B(I,J)=B(I,J)+151078!+5500
400 IF I=5 THEN B(I,J)=B(I,J)+92185!+5500
410 IF I=6 THEN B(I,J)=B(I,J)+91120!+5500
420 IF I=7 THEN B(I,J)=B(I,J)+34237!+5500
430 IF I=8 THEN B(I,J)=B(I,J)+115718!+5500
440 IF I=9 THEN B(I,J)=B(I,J)+18626+5500
450 IF I=10 THEN B(I,J)=B(I,J)+140316!+5500
460 NEXT J: NEXT I
470 FOR I=1 TO N
480 FOR J=1 TO M
490 PR(I,J)=B(I,J)
500 NEXT J
```

```
510 NEXT I
520 GOSUB 870
530 W=+9999999999#:PRINT "Siparisin zamaninda temini ile ilgili tablonun olu
urulmasi"
540 FOR I=1 TO N
550 W=+9999999999#
560 FOR J=1 TO M
570 U=W
580 FOR K=1 TO M
590 IF A(I,K)-U <= 0 THEN 610
600 GOTO 640
610 U=A(I,K)
620 C(I,J)=A(I,K)
630 D=K:Z=J
640 NEXT K
650 A(I,D)=W:Y(I,D)=Z
660 NEXT J
670 NEXT I
680 FOR I=1 TO N
690 FOR J=1 TO M
700 PR(I,J)=Y(I,J)
710 NEXT J:NEXT I
720 GOSUB 870
730 REM Compromise cozum ile ilgili ortak matrisin hesabi
740 F1=5.567173E+09:F2=215811!
750 FOR I=1 TO N
760 FOR J=1 TO M
770 B1(I,J)=B(I,J)/F1
780 Y1(I,J)=Y(I,J)/F2
790 NEXT J:NEXT I
800 FOR I=1 TO N:FOR J=1 TO M
810 D1(I,J)=B1(I,J)+Y1(I,J):NEXT J:NEXT I
820 FOR I=1 TO N
830 FOR J=1 TO M
840 PR(I,J)=D1(I,J):NEXT J:NEXT I
850 BURCIN=1:GOSUB 870
860 END
870 CLS
880 LOCATE 4,9:FOR I=1 TO 7:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
890 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
900 LOCATE 6,9
910 FOR I=1 TO N
920 FOR J=1 TO 7
930 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 950
940 PRINT USING "#####";PR(I,J);
950 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
960 STOP :CLS
970 LOCATE 4,9:FOR I=8 TO 14:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
980 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
990 LOCATE 6,9
1000 FOR I=1 TO N
```

```
1010 FOR J=8 TO 14
1020 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 1040
1030 PRINT USING "#####";PR(I,J);
1040 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
1050 STOP :CLS
1060 LOCATE 4,9:FOR I=15 TO 21:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
1070 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
1080 LOCATE 6,9
1090 FOR I=1 TO N
1100 FOR J=15 TO 21
1110 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 1130
1120 PRINT USING "#####";PR(I,J);
1130 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
1140 STOP :CLS
1150 LOCATE 4,9:FOR I=22 TO 28:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
1160 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
1170 LOCATE 6,9
1180 FOR I=1 TO N
1190 FOR J=22 TO 28
1200 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 1220
1210 PRINT USING "#####";PR(I,J);
1220 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
1230 STOP :CLS
1240 LOCATE 4,9:FOR I=29 TO 35:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
1250 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
1260 LOCATE 6,9
1270 FOR I=1 TO N
1280 FOR J=29 TO 35
1290 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 1310
1300 PRINT USING "#####";PR(I,J);
1310 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
1320 STOP :CLS
1330 LOCATE 4,9:FOR I=36 TO 39:PRINT SEHIR$(I);:NEXT I
1340 LOCATE 6,1:FOR I=1 TO N:PRINT DEPO$(I):NEXT I
1350 LOCATE 6,9
1360 FOR I=1 TO N
1370 FOR J=36 TO 39
1380 IF BURCIN=1 THEN PRINT USING " .#####";PR(I,J);:GOTO 1400
1390 PRINT USING "#####";PR(I,J);
1400 NEXT J:LOCATE 6+I,9:NEXT I
1410 STOP:CLS
1420 RETURN
1430 DATA " Konya"," B.esir"," Trabzon"," G.antep"," Usak"," Bolu"
1440 DATA " Esehirc"," C.kale"," Adana"," Van"," Urfa"," Sakarya"
1450 DATA " Malatya"," Aydin"," Burdur"," Denizli"," D.bakir"," Erzinca"
1460 DATA " Giresun"," Isparta"," Kars"," Kayseri"," Kutahya"," Maras"
1470 DATA " Istanbul"," Ankara"," Izmir"," Erzurum"," Samsun"," Antalya"
1480 DATA " Mersin"," Izmit"," Corum"," Afyon"," Hatay"," Elazig"
1490 DATA " Zonguld"," Sivas"," Bursa"
1500 DATA "Istanbul","Ankara","Izmir","Erzurum","Samsun","Antalya","Bursa"
1510 DATA "Mersin","Izmit","G.antep"
```

1520 DATA 664,393,1079,1140,505,262,331,322,939,1643,1278,148,1124,691,602
1530 DATA 653,1372,1037,942,603,1432,770,361,1060,0,454,565,1231,733,724
1540 DATA 932,111,610,458,1129,1221,337,892,243
1550 DATA 258,530,763,686,370,192,232,674,489,1248,824,306,670,601,421,476
1560 DATA 921,688,626,422,1083,316,645,606,454,0,582,882,417,543,482,343
1570 DATA 243,257,679,770,268,441,380
1580 DATA 548,172,1345,1105,211,595,415,316,898,1798,1243,481,1219,126,383
1590 DATA 232,1424,1270,1208,384,1665,865,337,1085,565,582,0,1464,999,470
1600 DATA 890,454,825,325,1088,1320,670,1023,322
1610 DATA 958,1392,322,647,1253,969,1114,1536,835,413,509,1083,425,1483
1620 DATA 1273,1358,328,194,435,1224,202,635,1192,648,1231,882,1464,0
1630 DATA 638,1371,904,1120,652,1139,823,324,1045,441,1242
1640 DATA 675,894,346,814,788,471,649,1038,745,1050,835,585,585,1018,838
1650 DATA 893,818,444,209,839,839,449,727,739,733,417,999,638,0,960,738
1660 DATA 622,174,674,914,667,547,338,744
1670 DATA 413,519,1306,760,375,690,441,728,553,1458,898,576,963,363,122
1680 DATA 238,1079,1177,1169,147,1572,736,363,740,724,543,470,1371,960
1690 DATA 0,484,613,786,286,743,1064,765,930,541
1700 DATA 481,150,1090,1037,322,273,148,294,831,1628,1176,159,1050,448
1710 DATA 419,445,1301,1048,953,420,1443,696,178,986,243,380,322,1242,744
1720 DATA 541,823,132,621,275,1021,1150,348,821,0
1730 DATA 348,884,1003,276,679,670,675,1093,69,974,414,784,479,847,606,722
1740 DATA 595,765,912,614,1103,324,662,256,932,482,890,904,738,484,0,821,564
1750 DATA 565,259,580,746,518,823
1760 DATA 553,282,968,1029,394,151,220,426,828,1532,1167,37,1013,580,491,542
1770 DATA 1261,926,831,492,1321,659,250,949,111,343,454,1120,622,613,821,0
1780 DATA 499,347,1018,1110,226,781,132
1790 DATA 563,1099,869,0,894,878,890,1308,207,698,138,992,247,1098,878,973
1800 DATA 319,611,870,829,846,370,877,80,1140,686,1105,647,814,760,738,1038
1810 DATA 645,780,195,348,954,476,1037

COK AMACLI TRANSPORTASYON
ILE ILGILI BIR UYGULAMA

HAZIRLAYAN BURCIN EREK
787.Y.103

Satir ve Sutun sayisini gir=? 10,39

Mesafe tablosunun oluturulmasi

TABLO A.2.

	Konya	B.esir	Trabzon	G.antep	Usak	Bolu	Esehir
Istanbul	664	393	1079	1140	505	262	331
Ankara	258	530	763	686	370	192	232
Izmir	548	172	1345	1105	211	595	415
Erzurum	958	1392	322	647	1253	969	1114
Samsun	675	894	346	814	788	471	649
Antalya	413	519	1306	760	375	690	441
Bursa	481	150	1090	1037	322	273	148
Mersin	348	884	1003	276	679	670	675
Izmit	553	282	968	1029	394	151	220
G.antep	563	1099	869	0	894	878	890

	C.kale	Adana	Van	Urfa	Sakarya	Malatya	Aydin
Istanbul	322	939	1643	1278	148	1124	691
Ankara	674	489	1248	824	306	670	601
Izmir	316	898	1798	1243	481	1219	126
Erzurum	1536	835	413	509	1083	425	1483
Samsun	1038	745	1050	835	585	585	1018
Antalya	728	553	1458	898	576	963	363
Bursa	294	831	1628	1176	159	1050	448
Mersin	1093	69	974	414	784	479	847
Izmit	426	828	1532	1167	37	1013	580
G.antep	1308	207	698	138	992	247	1098

	Burdur	Denizli	D.bakir	Erzinca	Giresun	Isparta	Kars
Istanbul	602	653	1372	1037	942	603	1432
Ankara	421	476	921	688	626	422	1083
Izmir	383	232	1424	1270	1208	384	1665
Erzurum	1273	1358	328	194	435	1224	202
Samsun	838	893	818	444	209	839	839
Antalya	122	238	1079	1177	1169	147	1572
Bursa	419	445	1301	1048	953	420	1443
Mersin	606	722	595	765	912	614	1103
Izmit	491	542	1261	926	831	492	1321
G.antep	878	973	319	611	870	829	846

	Kayseri	Kutahya	Maras	Istanbu	Ankara	Izmir	Erzurum
Istanbul	770	361	1060	0	454	565	1231
Ankara	316	645	606	454	0	582	882
Izmir	865	337	1085	565	582	0	1464
Erzurum	635	1192	648	1231	882	1464	0
Samsun	449	727	739	733	417	999	638
Antalya	736	363	740	724	543	470	1371
Bursa	696	178	986	243	380	322	1242
Mersin	324	662	256	932	482	890	904
Izmit	659	250	949	111	343	454	1120
G.antep	370	877	80	1140	686	1105	647

	Samsun	Antalya	Mersin	Izmit	Corum	Afyon	Hatay
Istanbul	733	724	932	111	610	458	1129
Ankara	417	543	482	343	243	257	679
Izmir	999	470	890	454	825	325	1088
Erzurum	638	1371	904	1120	652	1139	823
Samsun	0	960	738	622	174	674	914
Antalya	960	0	484	613	786	286	743
Bursa	744	541	823	132	621	275	1021
Mersin	738	484	0	821	564	565	259
Izmit	622	613	821	0	499	347	1018
G.antep	814	760	738	1038	645	780	195

	Elazig	Zonguld	Sivas	Bursa
Istanbul	1221	337	892	243
Ankara	770	268	441	380
Izmir	1320	670	1023	322
Erzurum	324	1045	441	1242
Samsun	667	547	338	744
Antalya	1064	765	930	541
Bursa	1150	348	821	0
Mersin	580	746	518	823
Izmit	1110	226	781	132
G.antep	348	954	476	1037

Dagitimla ilgili maliyet matrisi

TABLO A.3.

	Konya	B.esir	Trabzon	G.antep	Usak	Bolu	Esehir
Istanbul	84025	51976	133103	140316	65221	36484	44644
Ankara	100701	132868	160422	151316	113946	92896	97626
Izmir	148122	103657	242376	213993	108269	153681	132394
Erzurum	275371	326696	200158	238592	310258	276672	293820
Samsun	183011	208909	144103	199449	196374	158885	179936
Antalya	150961	163497	256568	191998	146468	183719	154273
Bursa	102120	62976	174140	167873	83317	77522	62739
Mersin	167872	231260	245333	159358	207017	205952	206544
Izmit	95024	62975	144102	151316	76220	47483	55643
G.antep	217896	281284	254084	151316	257040	255148	256567

	C.kale	Adana	Van	Urfa	Sakarya	Malatya	Aydin
Istanbul	43580	116546	199801	156636	23002	138424	87218
Ankara	149897	128019	217779	167636	106378	149424	141264
Izmir	120686	189513	295948	230313	140199	227475	98217
Erzurum	343725	260825	210919	222272	290154	212339	337458
Samsun	225939	191289	227358	201932	172367	172367	223574
Antalya	188213	167518	274543	208317	170238	216004	145048
Bursa	80005	143511	237764	184311	64040	169410	98217
Mersin	255976	134878	241903	175678	219434	183365	226884
Izmit	80005	127545	210800	167635	34002	149423	98217
G.antep	306000	175796	233861	167636	268630	180526	281166

	Burdur	Denizli	D.bakir	Erzinca	Giresun	Isparta	Kars
Istanbul	76693	82724	167753	128136	116901	76811	174848
Ankara	119978	126482	179108	151553	144221	120096	198266
Izmir	128610	110752	251718	233506	226174	128728	280219
Erzurum	312623	322675	200867	185020	213521	306828	185967
Samsun	202287	208791	199922	155692	127901	202405	202405
Antalya	116548	130266	229723	241312	240366	119504	288025
Bursa	94788	97863	199093	169173	157939	94906	215886
Mersin	198384	212102	197083	217187	234571	199330	257159
Izmit	87692	93723	178752	139135	127900	87810	185847
G.antep	255148	266383	189041	223573	254202	249354	251364

	Kayseri	Kutahya	Maras	Istanbu	Ankara	Izmir	Erzurum
Istanbul	96560	48192	130856	5500	59190	72317	151078
Ankara	107560	146468	141856	123880	70190	139017	174495
Izmir	185611	123170	211628	150133	152143	83316	256449
Erzurum	237173	303044	238710	307656	266383	335211	162078
Samsun	156284	189160	190579	189870	152499	221327	178635
Antalya	189159	145048	189632	187740	166335	157702	264254
Bursa	127546	66287	161841	73974	90176	83317	192116
Mersin	165034	205006	156993	236936	183719	231969	233625
Izmit	107559	59191	141855	42753	70189	83316	162077
G.antep	195072	255030	160777	286132	232442	281993	227830

	Samsun	Antalya	Mersin	Izmit	Corum	Afyon	Hatay
Istanbul	92185	91120	115718	18627	77639	59663	139016
Ankara	119504	134405	127191	110753	98927	100583	150489
Izmir	201458	138898	188567	137006	180881	121751	211983
Erzurum	237528	324212	268985	294529	239184	296776	259406
Samsun	103185	216715	190461	176743	123762	182892	211275
Antalya	215650	102120	159358	174613	195072	135942	189987
Bursa	133222	109216	142565	60847	118676	77759	165980
Mersin	213994	183956	126718	223809	193417	193535	157347
Izmit	103184	102119	126717	29626	88638	70662	150015
G.antep	247580	241194	238592	274070	227594	243559	174377

	Elazig	Zonguld	Sivas	Bursa
Istanbul	149895	45354	110988	34237
Ankara	161250	101884	122343	115129
Izmir	239419	162550	204296	121396
Erzurum	200394	285660	214231	308957
Samsun	182064	167873	143157	191170
Antalya	227949	192589	212102	166099
Bursa	181236	86391	142328	45237
Mersin	195309	214940	187977	224046
Izmit	160895	56353	121987	45236
G.ante	192470	264136	207608	273952

Siparisin zamaninda temini ile ilgili tablonun olusturulmasi TABLO A.4.

	Konya	B.esir	Trabzon	G.ante	Usak	Bolu	Esehir
Istanbul	19	10	30	33	13	5	7
Ankara	6	21	33	31	11	2	3
Izmir	16	3	35	29	4	19	12
Erzurum	21	36	4	14	32	22	25
Samsun	18	33	5	26	25	9	15
Antalya	9	13	36	25	8	19	10
Bursa	19	4	33	30	12	8	3
Mersin	7	31	37	5	22	20	21
Izmit	19	9	30	33	12	5	6
G.ante	11	36	23	1	29	27	28

	C.kale	Adana	Van	Urfa	Sakarya	Malatya	Aydin
Istanbul	6	26	39	36	3	31	20
Ankara	29	20	39	35	8	28	24
Izmir	6	24	39	32	15	31	2
Erzurum	39	18	7	11	24	8	38
Samsun	38	24	39	28	12	11	37
Antalya	21	16	38	28	17	31	7
Bursa	10	26	39	35	5	32	18
Mersin	38	2	36	8	27	9	30
Izmit	13	26	39	36	2	31	20
G.ante	39	5	16	3	32	6	35

	Burdur	Denizli	D.bakir	Erzinca	Giresun	Isparta	Kars
Istanbul	15	18	37	28	27	16	38
Ankara	14	18	37	32	26	15	38
Izmir	10	5	36	33	30	11	38
Erzurum	33	34	6	2	9	29	3
Samsun	29	32	27	7	3	31	30
Antalya	2	4	33	35	34	3	39
Bursa	15	17	37	31	27	16	38
Mersin	17	23	16	26	34	18	39
Izmit	15	18	37	28	27	16	38
G.ante	26	31	7	12	24	21	22

	Kayseri	Kutahya	Maras	Istanbul	Ankara	Izmir	Erzurum
Istanbul	23	9	29	1	11	14	35
Ankara	9	27	25	17	1	23	36
Izmir	22	9	27	17	18	1	37
Erzurum	12	28	15	30	19	37	1
Samsun	8	19	22	20	6	36	14
Antalya	22	6	23	20	15	11	37
Bursa	22	6	28	7	14	11	36
Mersin	6	19	3	35	10	32	33
Izmit	23	8	29	3	10	14	35
G.ante	9	25	2	38	15	37	14

	Samsun	Antalya	Mersin	Izmit	Corum	Afyon	Hatay
Istanbul	22	21	25	2	17	12	32
Ankara	13	22	19	10	4	5	30
Izmir	25	14	23	13	21	8	28
Erzurum	13	35	20	26	16	27	17
Samsun	1	35	21	13	2	17	34
Antalya	30	1	12	18	27	5	24
Bursa	23	20	25	2	21	9	29
Mersin	24	11	1	28	13	14	4
Izmit	22	21	25	1	17	11	32
G.ante	20	18	17	34	13	19	4

	Elazig	Zonguld	Sivas	Bursa
Istanbul	34	8	24	4
Ankara	34	7	16	12
Izmir	34	20	26	7
Erzurum	5	23	10	31
Samsun	16	10	4	23
Antalya	32	26	29	14
Bursa	34	13	24	1
Mersin	15	25	12	29
Izmit	34	7	24	4
G.antep	8	30	10	33

Compromise cozum ile ilgili ortak matris

TABLO A.5.

	Konya	B.esir	Trabzon	G.antep	Usak	Bolu	Esehir
Istanbul	.000103	.000056	.000163	.000178	.000072	.000030	.000040
Ankara	.000046	.000121	.000182	.000171	.000071	.000026	.000031
Izmir	.000101	.000033	.000206	.000173	.000038	.000116	.000079
Erzurum	.000147	.000225	.000054	.000108	.000204	.000152	.000169
Samsun	.000116	.000190	.000049	.000156	.000151	.000070	.000102
Antalya	.000069	.000090	.000213	.000150	.000063	.000121	.000074
Bursa	.000106	.000030	.000184	.000169	.000071	.000051	.000025
Mersin	.000063	.000185	.000216	.000052	.000139	.000130	.000134
Izmit	.000105	.000053	.000165	.000180	.000069	.000032	.000038
G.antep	.000090	.000217	.000152	.000032	.000181	.000171	.000176

	C.kale	Adana	Van	Urfa	Sakarya	Malatya	Aydin
Istanbul	.000036	.000141	.000217	.000195	.000018	.000169	.000108
Ankara	.000161	.000116	.000220	.000192	.000056	.000157	.000137
Izmir	.000049	.000145	.000234	.000190	.000095	.000185	.000027
Erzurum	.000242	.000130	.000070	.000091	.000163	.000075	.000237
Samsun	.000217	.000146	.000222	.000166	.000087	.000082	.000212
Antalya	.000131	.000104	.000225	.000167	.000109	.000182	.000058
Bursa	.000061	.000146	.000223	.000195	.000035	.000179	.000101
Mersin	.000222	.000033	.000210	.000069	.000165	.000075	.000180
Izmit	.000075	.000143	.000219	.000197	.000015	.000170	.000110
G.antep	.000236	.000055	.000116	.000044	.000197	.000060	.000213

	Burdur	Denizli	D.bakir	Erzinca	Giresun	Isparta	Kars
Istanbul	.000083	.000098	.000202	.000153	.000146	.000088	.000207
Ankara	.000086	.000106	.000204	.000176	.000146	.000091	.000212
Izmir	.000069	.000043	.000212	.000195	.000180	.000074	.000226
Erzurum	.000209	.000216	.000064	.000043	.000080	.000189	.000047
Samsun	.000171	.000186	.000161	.000060	.000037	.000180	.000175
Antalya	.000030	.000042	.000194	.000206	.000201	.000035	.000232
Bursa	.000087	.000096	.000207	.000174	.000153	.000091	.000215
Mersin	.000114	.000145	.000110	.000159	.000200	.000119	.000227
Izmit	.000085	.000100	.000204	.000155	.000148	.000090	.000209
G.antep	.000166	.000191	.000066	.000096	.000157	.000142	.000147

	Kayseri	Kutahya	Maras	Istanbu	Ankara	Izmir	Erzurum
Istanbul	.000124	.000050	.000158	.000006	.000062	.000078	.000189
Ankara	.000061	.000151	.000141	.000101	.000017	.000132	.000198
Izmir	.000135	.000064	.000163	.000106	.000111	.000020	.000218
Erzurum	.000098	.000184	.000112	.000194	.000136	.000232	.000034
Samsun	.000065	.000122	.000136	.000127	.000055	.000207	.000097
Antalya	.000136	.000054	.000141	.000126	.000099	.000079	.000219
Bursa	.000125	.000040	.000159	.000046	.000081	.000066	.000201
Mersin	.000057	.000125	.000042	.000205	.000079	.000190	.000195
Izmit	.000126	.000048	.000160	.000022	.000059	.000080	.000191
G.antep	.000077	.000162	.000038	.000227	.000111	.000222	.000106

	Samsun	Antalya	Mersin	Izmit	Corum	Afyon	Hatay
Istanbul	.000118	.000114	.000137	.000013	.000093	.000066	.000173
Ankara	.000082	.000126	.000111	.000066	.000036	.000041	.000166
Izmir	.000152	.000090	.000140	.000085	.000130	.000059	.000168
Erzurum	.000103	.000220	.000141	.000173	.000117	.000178	.000125
Samsun	.000023	.000201	.000132	.000092	.000031	.000112	.000195
Antalya	.000178	.000023	.000084	.000115	.000160	.000048	.000145
Bursa	.000131	.000112	.000141	.000020	.000119	.000056	.000164
Mersin	.000150	.000084	.000027	.000170	.000095	.000100	.000047
Izmit	.000120	.000116	.000139	.000010	.000095	.000064	.000175
G.antep	.000137	.000127	.000122	.000207	.000101	.000132	.000050

	Elazig	Zonguld	Sivas	Bursa
Istanbul	.000184	.000045	.000131	.000025
Ankara	.000187	.000051	.000096	.000076
Izmir	.000201	.000122	.000157	.000054
Erzurum	.000059	.000158	.000085	.000199
Samsun	.000107	.000076	.000044	.000141
Antalya	.000189	.000155	.000172	.000095
Bursa	.000190	.000076	.000137	.000013
Mersin	.000105	.000154	.000089	.000175
Izmit	.000186	.000043	.000133	.000027
G.antep	.000072	.000186	.000084	.000202



Summary of Results for 6				Page : 1			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	KONYA	0.0	84025	ISTANB	DBAKIR	0.0	167753
ISTANB	B.ESIR	0.0	51976	ISTANB	ERZINC	304.0	128136
ISTANB	TRABZO	0.0	133103	ISTANB	GIRESU	0.0	116901
ISTANB	G.ANTE	0.0	140316	ISTANB	ISPART	0.0	76811
ISTANB	USAK	0.0	65221	ISTANB	KARS	0.0	174848
ISTANB	BOLU	0.0	36484	ISTANB	KAYSER	0.0	96560
ISTANB	ESEHIR	624.0	44644	ISTANB	KUTAHY	138.0	48192
ISTANB	C.KALE	574.0	43580	ISTANB	MARAS	0.0	130856
ISTANB	ADANA	0.0	116546	ISTANB	ISTANB	22475.0	5500
ISTANB	VAN	0.0	199801	ISTANB	ANKARA	0.0	59190
ISTANB	URFA	0.0	156636	ISTANB	IZMIR	0.0	72317
ISTANB	SAKARY	719.0	23002	ISTANB	ERZURU	0.0	151078
ISTANB	MALATY	0.0	138424	ISTANB	SAMSUN	0.0	92185
ISTANB	AYDIN	0.0	87218	ISTANB	ANTALY	0.0	91120
ISTANB	BURDUR	0.0	76693	ISTANB	MERSIN	0.0	115718
ISTANB	DENIZL	0.0	82724	ISTANB	IZMIT	253.0	18627
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 2			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	CORUM	383.0	77639	ANKARA	VAN	0.0	217779
ISTANB	AFYON	0.0	59663	ANKARA	URFA	0.0	167636
ISTANB	HATAY	0.0	139016	ANKARA	SAKARY	0.0	106378
ISTANB	ELAZIG	0.0	149895	ANKARA	MALATY	548.0	149424
ISTANB	ZONGUL	0.0	45354	ANKARA	AYDIN	0.0	141264
ISTANB	SIVAS	0.0	110988	ANKARA	BURDUR	0.0	119978
ISTANB	BURSA	0.0	34237	ANKARA	DENIZL	0.0	126482
ANKARA	KONYA	4518.0	100701	ANKARA	DBAKIR	0.0	179108
ANKARA	B.ESIR	0.0	132868	ANKARA	ERZINC	0.0	151553
ANKARA	TRABZO	0.0	160422	ANKARA	GIRESU	0.0	144221
ANKARA	G.ANTE	0.0	151316	ANKARA	ISPART	0.0	120096
ANKARA	USAK	0.0	113946	ANKARA	KARS	0.0	198266
ANKARA	BOLU	0.0	92986	ANKARA	KAYSER	1477.0	107560
ANKARA	ESEHIR	0.0	97626	ANKARA	KUTAHY	0.0	146468
ANKARA	C.KALE	0.0	149897	ANKARA	MARAS	0.0	141856
ANKARA	ADANA	0.0	128019	ANKARA	ISTANB	0.0	123880
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 3			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANKARA	ANKARA	6857.0	70190	IZMIR	TRABZO	0.0	242376
ANKARA	IZMIR	0.0	139017	IZMIR	G.ANTE	0.0	213993
ANKARA	ERZURU	0.0	174495	IZMIR	USAK	271.0	108269
ANKARA	SAMSUN	0.0	119504	IZMIR	BOLU	0.0	153681
ANKARA	ANTALY	0.0	134405	IZMIR	ESEHIR	0.0	132394
ANKARA	MERSIN	0.0	127191	IZMIR	C.KALE	0.0	120686
ANKARA	IZMIT	0.0	110753	IZMIR	ADANA	0.0	189513
ANKARA	CORUM	0.0	98927	IZMIR	VAN	0.0	295948
ANKARA	AFYON	0.0	100583	IZMIR	URFA	0.0	230313
ANKARA	HATAY	0.0	150489	IZMIR	SAKARY	0.0	140199
ANKARA	ELAZIG	244.0	161250	IZMIR	MALATY	0.0	227475
ANKARA	ZONGUL	0.0	101884	IZMIR	AYDIN	346.0	98217
ANKARA	SIVAS	544.0	122343	IZMIR	BURDUR	0.0	128610
ANKARA	BURSA	0.0	115129	IZMIR	DENIZL	846.0	110752
IZMIR	KONYA	0.0	148122	IZMIR	DBAKIR	0.0	251718
IZMIR	B.ESIR	0.0	103657	IZMIR	ERZINC	0.0	233506
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 4			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIR	GIRESU	0.0	226174	IZMIR	HATAY	0.0	211983
IZMIR	ISPART	0.0	128728	IZMIR	ELAZIG	0.0	239419
IZMIR	KARS	0.0	280219	IZMIR	ZONGUL	0.0	162550
IZMIR	KAYSER	0.0	185611	IZMIR	SIVAS	0.0	204296
IZMIR	KUTAHY	0.0	123170	IZMIR	BURSA	0.0	121396
IZMIR	MARAS	0.0	211628	ERZURU	KONYA	0.0	275371
IZMIR	ISTANB	0.0	150133	ERZURU	B.ESIR	0.0	326696
IZMIR	ANKARA	0.0	152143	ERZURU	TRABZO	0.0	200158
IZMIR	IZMIR	9683.0	83316	ERZURU	G.ANTE	0.0	238592
IZMIR	ERZURU	0.0	256449	ERZURU	USAK	0.0	310258
IZMIR	SAMSUN	0.0	201458	ERZURU	BOLU	0.0	276672
IZMIR	ANTALY	0.0	138898	ERZURU	ESEHIR	0.0	293820
IZMIR	MERSIN	0.0	188567	ERZURU	C.KALE	0.0	343725
IZMIR	IZMIT	0.0	137006	ERZURU	ADANA	0.0	260825
IZMIR	CORUM	0.0	180881	ERZURU	VAN	268.0	210919
IZMIR	AFYON	0.0	121751	ERZURU	URFA	0.0	222272
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 5			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ERZURU	SAKARY	0.0	290154	ERZURU	ERZURU	582.0	162078
ERZURU	MALATY	0.0	212339	ERZURU	SAMSUN	0.0	237528
ERZURU	AYDIN	0.0	337458	ERZURU	ANTALY	0.0	324212
ERZURU	BURDUR	0.0	312623	ERZURU	MERSIN	0.0	268985
ERZURU	DENIZL	0.0	322675	ERZURU	IZMIT	0.0	294529
ERZURU	DBAKIR	0.0	200867	ERZURU	CORUM	0.0	239184
ERZURU	ERZINC	0.0	185020	ERZURU	AFYON	0.0	296776
ERZURU	GIRESU	0.0	213521	ERZURU	HATAY	0.0	259406
ERZURU	ISPART	0.0	306828	ERZURU	ELAZIG	304.0	200394
ERZURU	KARS	238.0	185967	ERZURU	ZONGUL	0.0	285660
ERZURU	KAYSER	0.0	237173	ERZURU	SIVAS	0.0	214231
ERZURU	KUTAHY	0.0	303044	ERZURU	BURSA	0.0	308957
ERZURU	MARAS	0.0	238710	SAMSUN	KONYA	0.0	183011
ERZURU	ISTANB	0.0	307656	SAMSUN	B.ESIR	0.0	208909
ERZURU	ANKARA	0.0	266383	SAMSUN	TRABZO	783.0	144103
ERZURU	IZMIR	0.0	335211	SAMSUN	G.ANTE	0.0	199499
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 6			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	USAK	0.0	196374	SAMSUN	KARS	0.0	202405
SAMSUN	BOLU	0.0	158885	SAMSUN	KAYSER	0.0	156284
SAMSUN	ESEHIR	0.0	179936	SAMSUN	KUTAHY	0.0	189160
SAMSUN	C.KALE	0.0	225939	SAMSUN	MARAS	0.0	190579
SAMSUN	ADANA	0.0	191289	SAMSUN	ISTANB	0.0	189870
SAMSUN	VAN	0.0	227358	SAMSUN	ANKARA	0.0	152499
SAMSUN	URFA	0.0	201932	SAMSUN	IZMIR	0.0	221327
SAMSUN	SAKARY	0.0	172367	SAMSUN	ERZURU	0.0	178635
SAMSUN	MALATY	0.0	172367	SAMSUN	SAMSUN	2463.0	103185
SAMSUN	AYDIN	0.0	223574	SAMSUN	ANTALY	0.0	216715
SAMSUN	BURDUR	0.0	202287	SAMSUN	MERSIN	0.0	190461
SAMSUN	DENIZL	0.0	208791	SAMSUN	IZMIT	0.0	176743
SAMSUN	DBAKIR	0.0	199922	SAMSUN	CORUM	0.0	123762
SAMSUN	ERZINC	0.0	155692	SAMSUN	AFYON	0.0	182892
SAMSUN	GIRESU	64.0	127901	SAMSUN	HATAY	0.0	211275
SAMSUN	ISPART	0.0	202405	SAMSUN	ELAZIG	0.0	182064
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 7			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	ZONGUL	0.0	167873	ANTALY	AYDIN	0.0	145048
SAMSUN	SIVAS	0.0	143157	ANTALY	BURDUR	134.0	116548
SAMSUN	BURSA	0.0	191170	ANTALY	DENIZL	0.0	130266
ANTALY	KONYA	0.0	150961	ANTALY	DBAKIR	0.0	229723
ANTALY	B.ESIR	0.0	163497	ANTALY	ERZINC	0.0	241312
ANTALY	TRABZO	0.0	256568	ANTALY	GIRESU	0.0	240366
ANTALY	G.ANTE	0.0	191998	ANTALY	ISPART	347.0	119504
ANTALY	USAK	0.0	146468	ANTALY	KARS	0.0	288025
ANTALY	BOLU	0.0	183719	ANTALY	KAYSER	0.0	187159
ANTALY	ESEHIR	0.0	154273	ANTALY	KUTAHY	0.0	145048
ANTALY	C.KALE	0.0	188213	ANTALY	MARAS	0.0	189632
ANTALY	ADANA	0.0	167518	ANTALY	ISTANB	0.0	187740
ANTALY	VAN	0.0	274543	ANTALY	ANKARA	0.0	166335
ANTALY	URFA	0.0	208317	ANTALY	IZMIR	0.0	157702
ANTALY	SAKARY	0.0	170238	ANTALY	ERZURU	0.0	264254
ANTALY	MALATY	0.0	216004	ANTALY	SAMSUN	0.0	215650
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 8			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANTALY	ANTALY	2876.0	102120	BURSA	ESEHIR	2946.0	62739
ANTALY	MERSIN	0.0	159358	BURSA	C.KALE	0.0	80005
ANTALY	IZMIT	0.0	174613	BURSA	ADANA	0.0	143511
ANTALY	CORUM	0.0	195072	BURSA	VAN	0.0	237764
ANTALY	AFYON	0.0	135942	BURSA	URFA	0.0	184311
ANTALY	HATAY	0.0	189987	BURSA	SAKARY	0.0	64040
ANTALY	ELAZIG	0.0	227949	BURSA	MALATY	0.0	169410
ANTALY	ZONGUL	0.0	192589	BURSA	AYDIN	0.0	98217
ANTALY	SIVAS	0.0	212102	BURSA	BURDUR	0.0	94788
ANTALY	BURSA	0.0	166099	BURSA	DENIZL	0.0	97863
BURSA	KONYA	1336.0	102120	BURSA	DBAKIR	0.0	199093
BURSA	B.ESIR	824.0	62976	BURSA	ERZINC	0.0	169173
BURSA	TRABZO	0.0	174410	BURSA	GIRESU	0.0	157939
BURSA	G.ANTE	0.0	167873	BURSA	ISPART	0.0	94906
BURSA	USAK	0.0	83317	BURSA	KARS	0.0	215886
BURSA	BOLU	0.0	77522	BURSA	KAYSER	0.0	127546
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 9			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
BURSA	KUTAHY	0.0	66287	BURSA	BURSA	2690.0	45237
BURSA	MARAS	0.0	161841	MERSIN	KONYA	0.0	167872
BURSA	ISTANB	0.0	73974	MERSIN	B.ESIR	0.0	231260
BURSA	ANKARA	0.0	90176	MERSIN	TRABZO	0.0	245333
BURSA	IZMIR	0.0	83317	MERSIN	G.ANTE	0.0	159358
BURSA	ERZURU	0.0	192116	MERSIN	USAK	0.0	207017
BURSA	SAMSUN	0.0	133222	MERSIN	BOLU	0.0	205952
BURSA	ANTALY	0.0	109216	MERSIN	ESEHIR	0.0	206544
BURSA	MERSIN	0.0	142565	MERSIN	C.KALE	0.0	255976
BURSA	IZMIT	0.0	60847	MERSIN	ADANA	4960.0	134878
BURSA	CORUM	0.0	118676	MERSIN	VAN	0.0	241903
BURSA	AFYON	0.0	77759	MERSIN	URFA	0.0	175678
BURSA	HATAY	0.0	165980	MERSIN	SAKARY	0.0	219434
BURSA	ELAZIG	0.0	181236	MERSIN	MALATY	0.0	183365
BURSA	ZONGUL	0.0	86391	MERSIN	AYDIN	0.0	226884
BURSA	SIVAS	0.0	142328	MERSIN	BURDUR	0.0	198384
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 10			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
MERSIN	DENIZL	0.0	212102	MERSIN	IZMIT	0.0	223809
MERSIN	DBAKIR	0.0	197083	MERSIN	CORUM	0.0	193417
MERSIN	ERZINC	0.0	217187	MERSIN	AFYON	0.0	193535
MERSIN	GIRESU	0.0	234571	MERSIN	HATAY	0.0	157347
MERSIN	ISPART	0.0	199330	MERSIN	ELAZIG	0.0	195309
MERSIN	KARS	0.0	257157	MERSIN	ZONGUL	0.0	214940
MERSIN	KAYSER	0.0	165034	MERSIN	SIVAS	0.0	187977
MERSIN	KUTAHY	0.0	205006	MERSIN	BURSA	0.0	224046
MERSIN	MARAS	0.0	156993	IZMIT	KONYA	0.0	95024
MERSIN	ISTANB	0.0	236936	IZMIT	B.ESIR	0.0	62975
MERSIN	ANKARA	0.0	183719	IZMIT	TRABZO	0.0	144102
MERSIN	IZMIR	0.0	231969	IZMIT	G.ANTE	0.0	151316
MERSIN	ERZURU	0.0	233625	IZMIT	USAK	0.0	76220
MERSIN	SAMSUN	0.0	213994	IZMIT	BOLU	0.0	47483
MERSIN	ANTALY	0.0	183956	IZMIT	ESEHIR	0.0	55643
MERSIN	MERSIN	1799.0	126718	IZMIT	C.KALE	0.0	80005
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 11			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIT	ADANA	0.0	127545	IZMIT	ISTANB	0.0	42753
IZMIT	VAN	0.0	210800	IZMIT	ANKARA	0.0	70189
IZMIT	URFA	0.0	167635	IZMIT	IZMIR	0.0	83316
IZMIT	SAKARY	0.0	34002	IZMIT	ERZURU	0.0	162077
IZMIT	MALATY	0.0	149423	IZMIT	SAMSUN	0.0	103184
IZMIT	AYDIN	0.0	98217	IZMIT	ANTALY	0.0	102119
IZMIT	BURDUR	0.0	87692	IZMIT	MERSIN	0.0	126717
IZMIT	DENIZL	0.0	93723	IZMIT	IZMIT	1701.0	29626
IZMIT	DBAKIR	0.0	178752	IZMIT	CORUM	0.0	88638
IZMIT	ERZINC	0.0	139135	IZMIT	AFYON	540.0	70662
IZMIT	GIRESU	0.0	127900	IZMIT	HATAY	0.0	150015
IZMIT	ISPART	0.0	87810	IZMIT	ELAZIG	0.0	160895
IZMIT	KARS	0.0	185847	IZMIT	ZONGUL	432.0	56353
IZMIT	KAYSER	0.0	107559	IZMIT	SIVAS	0.0	121987
IZMIT	KUTAHY	0.0	59191	IZMIT	BURSA	0.0	45236
IZMIT	MARAS	0.0	141855	G.ANTE	KONYA	0.0	217896
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 12			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	B.ESIR	0.0	281284	G.ANTE	ERZINC	0.0	223573
G.ANTE	TRABZO	0.0	254084	G.ANTE	GIRESU	0.0	254202
G.ANTE	G.ANTE	1337.0	151316	G.ANTE	ISPART	0.0	249354
G.ANTE	USAK	0.0	257040	G.ANTE	KARS	0.0	251364
G.ANTE	BOLU	0.0	255148	G.ANTE	KAYSER	0.0	195072
G.ANTE	ESEHIR	0.0	256567	G.ANTE	KUTAHY	0.0	255030
G.ANTE	C.KALE	0.0	306000	G.ANTE	MARAS	307.0	160777
G.ANTE	ADANA	0.0	175796	G.ANTE	ISTANB	0.0	286132
G.ANTE	VAN	0.0	233861	G.ANTE	ANKARA	0.0	232442
G.ANTE	URFA	177.0	167636	G.ANTE	IZMIR	0.0	281993
G.ANTE	SAKARY	0.0	268630	G.ANTE	ERZURU	0.0	227830
G.ANTE	MALATY	544.0	180526	G.ANTE	SAMSUN	0.0	247580
G.ANTE	AYDIN	0.0	281166	G.ANTE	ANTALY	0.0	241194
G.ANTE	BURDUR	0.0	255148	G.ANTE	MERSIN	0.0	238592
G.ANTE	DENIZL	0.0	266383	G.ANTE	IZMIT	0.0	274070
G.ANTE	DBAKIR	453.0	189041	G.ANTE	CORUM	0.0	227594
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for 6				Page : 13			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	AFYON	0.0	243559	G.ANTE	ZONGUL	0.0	264136
G.ANTE	HATAY	548.0	174377	G.ANTE	SIVAS	0.0	207608
G.ANTE	ELAZIG	0.0	192470	G.ANTE	BURSA	0.0	273952
Minimum value of OBJ = 5.567173E+09 (multiple sols.) Iterations = 48							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 1			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	KONYA	0.0	19.00	ISTANB	D.BAKI	0.0	37.00
ISTANB	B.ESIR	0.0	10.00	ISTANB	ERZINC	304.0	28.00
ISTANB	TRABZO	0.0	30.00	ISTANB	GIRESU	0.0	27.00
ISTANB	G.ANTE	0.0	33.00	ISTANB	ISPART	0.0	16.00
ISTANB	USAK	0.0	13.00	ISTANB	KARS	0.0	38.00
ISTANB	BOLU	0.0	5.000	ISTANB	KAYSER	0.0	23.00
ISTANB	ESEHIR	0.0	7.000	ISTANB	KUTAHY	0.0	9.000
ISTANB	C.KALE	574.0	6.000	ISTANB	MARAS	0.0	29.00
ISTANB	ADANA	514.0	26.00	ISTANB	ISTANB	22475.0	1.000
ISTANB	VAN	0.0	39.00	ISTANB	ANKARA	383.0	11.00
ISTANB	URFA	0.0	36.00	ISTANB	IZMIR	0.0	14.00
ISTANB	SAKARY	432.0	3.000	ISTANB	ERZURU	0.0	35.00
ISTANB	MALATY	244.0	31.00	ISTANB	SAMSUN	0.0	22.00
ISTANB	AYDIN	0.0	20.00	ISTANB	ANTALY	0.0	21.00
ISTANB	BURDUR	0.0	15.00	ISTANB	MERSIN	0.0	25.00
ISTANB	DENIZL	0.0	18.00	ISTANB	IZMIT	0.0	2.000
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 2			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	CDRUM	0.0	17.00	ANKARA	VAN	0.0	39.00
ISTANB	AFYON	0.0	12.00	ANKARA	URFA	0.0	35.00
ISTANB	HATAY	0.0	32.00	ANKARA	SAKARY	0.0	8.000
ISTANB	ELAZIG	0.0	34.00	ANKARA	MALATY	0.0	28.00
ISTANB	ZONGUL	0.0	8.000	ANKARA	AYDIN	0.0	24.00
ISTANB	SIVAS	544.0	24.00	ANKARA	BURDUR	0.0	14.00
ISTANB	BURSA	0.0	4.000	ANKARA	DENIZL	0.0	18.00
ANKARA	KONYA	5854.0	6.000	ANKARA	D.BAKI	0.0	37.00
ANKARA	B.ESIR	0.0	21.00	ANKARA	ERZINC	0.0	32.00
ANKARA	TRABZO	0.0	33.00	ANKARA	GIRESU	0.0	26.00
ANKARA	G.ANTE	0.0	31.00	ANKARA	ISPART	0.0	15.00
ANKARA	USAK	0.0	11.00	ANKARA	KARS	0.0	38.00
ANKARA	BOLU	0.0	2.000	ANKARA	KAYSER	1477.0	9.000
ANKARA	ESEHIR	0.0	3.000	ANKARA	KUTAHY	0.0	27.00
ANKARA	C.KALE	0.0	29.00	ANKARA	MARAS	0.0	25.00
ANKARA	ADANA	0.0	20.00	ANKARA	ISTANB	0.0	17.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 3			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANKARA	ANKARA	6474.0	1.000	IZMIR	TRABZO	0.0	35.00
ANKARA	IZMIR	0.0	23.00	IZMIR	G.ANTE	0.0	29.00
ANKARA	ERZURU	0.0	36.00	IZMIR	USAK	271.0	4.000
ANKARA	SAMSUN	0.0	13.00	IZMIR	BOLU	0.0	19.00
ANKARA	ANTALY	0.0	22.00	IZMIR	ESEHIR	0.0	12.00
ANKARA	MERSIN	0.0	19.00	IZMIR	C.KALE	0.0	6.000
ANKARA	IZMIT	0.0	10.00	IZMIR	ADANA	0.0	24.00
ANKARA	CORUM	383.0	4.000	IZMIR	VAN	0.0	39.00
ANKARA	AFYON	0.0	5.000	IZMIR	URFA	0.0	32.00
ANKARA	HATAY	0.0	30.00	IZMIR	SAKARY	0.0	15.00
ANKARA	ELAZIG	0.0	34.00	IZMIR	MALATY	0.0	31.00
ANKARA	ZONGUL	0.0	7.000	IZMIR	AYDIN	346.0	2.000
ANKARA	SIVAS	0.0	16.00	IZMIR	BURDUR	0.0	10.00
ANKARA	BURSA	0.0	12.00	IZMIR	DENIZL	846.0	5.000
IZMIR	KONYA	0.0	16.00	IZMIR	D.BAKI	0.0	36.00
IZMIR	B.ESIR	0.0	3.000	IZMIR	ERZINC	0.0	33.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 4			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIR	GIRESU	0.0	30.00	IZMIR	HATAY	0.0	28.00
IZMIR	ISPART	0.0	11.00	IZMIR	ELAZIG	0.0	34.00
IZMIR	KARS	0.0	38.00	IZMIR	ZONGUL	0.0	20.00
IZMIR	KAYSER	0.0	22.00	IZMIR	SIVAS	0.0	26.00
IZMIR	KUTAHY	0.0	9.000	IZMIR	BURSA	0.0	7.000
IZMIR	MARAS	0.0	27.00	ERZURU	KONYA	0.0	21.00
IZMIR	ISTANB	0.0	17.00	ERZURU	B.ESIR	0.0	36.00
IZMIR	ANKARA	0.0	18.00	ERZURU	TRABZO	0.0	4.000
IZMIR	IZMIR	9683.0	1.000	ERZURU	G.ANTE	0.0	14.00
IZMIR	ERZURU	0.0	37.00	ERZURU	USAK	0.0	32.00
IZMIR	SAMSUN	0.0	25.00	ERZURU	BOLU	0.0	22.00
IZMIR	ANTALY	0.0	14.00	ERZURU	ESEHIR	0.0	25.00
IZMIR	MERSIN	0.0	23.00	ERZURU	C.KALE	0.0	39.00
IZMIR	IZMIT	0.0	13.00	ERZURU	ADANA	0.0	18.00
IZMIR	CORUM	0.0	21.00	ERZURU	VAN	268.0	7.000
IZMIR	AFYON	0.0	8.000	ERZURU	URFA	0.0	11.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 5			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ERZURU	SAKARY	0.0	24.00	ERZURU	ERZURU	582.0	1.000
ERZURU	MALATY	0.0	8.000	ERZURU	SAMSUN	0.0	13.00
ERZURU	AYDIN	0.0	38.00	ERZURU	ANTALY	0.0	35.00
ERZURU	BURDUR	0.0	33.00	ERZURU	MERSIN	0.0	20.00
ERZURU	DENIZL	0.0	34.00	ERZURU	IZMIT	0.0	26.00
ERZURU	D.BAKI	0.0	6.000	ERZURU	CORUM	0.0	16.00
ERZURU	ERZINC	0.0	2.000	ERZURU	AFYON	0.0	27.00
ERZURU	GIRESU	0.0	9.000	ERZURU	HATAY	0.0	17.00
ERZURU	ISPART	0.0	29.00	ERZURU	ELAZIG	304.0	5.000
ERZURU	KARS	238.0	3.000	ERZURU	ZONGUL	0.0	23.00
ERZURU	KAYSER	0.0	12.00	ERZURU	SIVAS	0.0	10.00
ERZURU	KUTAHY	0.0	28.00	ERZURU	BURSA	0.0	31.00
ERZURU	MARAS	0.0	15.00	SAMSUN	KONYA	0.0	18.00
ERZURU	ISTANB	0.0	30.00	SAMSUN	B.ESIR	0.0	33.00
ERZURU	ANKARA	0.0	19.00	SAMSUN	TRABZO	783.0	5.000
ERZURU	IZMIR	0.0	37.00	SAMSUN	G.ANTE	0.0	26.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 6			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	USAK	0.0	25.00	SAMSUN	KARS	0.0	30.00
SAMSUN	BOLU	0.0	9.000	SAMSUN	KAYSER	0.0	8.000
SAMSUN	ESEHIR	0.0	15.00	SAMSUN	KUTAHY	0.0	19.00
SAMSUN	C.KALE	0.0	38.00	SAMSUN	MARAS	0.0	22.00
SAMSUN	ADANA	0.0	24.00	SAMSUN	ISTANB	0.0	20.00
SAMSUN	VAN	0.0	39.00	SAMSUN	ANKARA	0.0	6.000
SAMSUN	URFA	0.0	28.00	SAMSUN	IZMIR	0.0	36.00
SAMSUN	SAKARY	0.0	12.00	SAMSUN	ERZURU	0.0	14.00
SAMSUN	MALATY	0.0	11.00	SAMSUN	SAMSUN	2463.0	1.000
SAMSUN	AYDIN	0.0	37.00	SAMSUN	ANTALY	0.0	35.00
SAMSUN	BURDUR	0.0	29.00	SAMSUN	MERSIN	0.0	21.00
SAMSUN	DENIZL	0.0	32.00	SAMSUN	IZMIT	0.0	13.00
SAMSUN	D.BAKI	0.0	27.00	SAMSUN	CORUM	0.0	2.000
SAMSUN	ERZINC	0.0	7.000	SAMSUN	AFYON	0.0	17.00
SAMSUN	GIRESU	64.0	3.000	SAMSUN	HATAY	0.0	34.00
SAMSUN	ISPART	0.0	31.00	SAMSUN	ELAZIG	0.0	16.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m Page : 7							
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	ZONGUL	0.0	10.00	ANTALY	AYDIN	0.0	7.000
SAMSUN	SIVAS	0.0	4.000	ANTALY	BURDUR	134.0	2.000
SAMSUN	BURSA	0.0	23.00	ANTALY	DENIZL	0.0	4.000
ANTALY	KONYA	0.0	9.000	ANTALY	D.BAKI	0.0	33.00
ANTALY	B.ESIR	0.0	13.00	ANTALY	ERZINC	0.0	35.00
ANTALY	TRABZO	0.0	36.00	ANTALY	GIRESU	0.0	34.00
ANTALY	G.ANTE	0.0	25.00	ANTALY	ISPART	347.0	3.000
ANTALY	USAK	0.0	8.000	ANTALY	KARS	0.0	39.00
ANTALY	BOLU	0.0	19.00	ANTALY	KAYSER	0.0	22.00
ANTALY	ESEHIR	0.0	10.00	ANTALY	KUTAHY	0.0	6.000
ANTALY	C.KALE	0.0	21.00	ANTALY	MARAS	0.0	23.00
ANTALY	ADANA	0.0	16.00	ANTALY	ISTANB	0.0	20.00
ANTALY	VAN	0.0	38.00	ANTALY	ANKARA	0.0	15.00
ANTALY	URFA	0.0	28.00	ANTALY	IZMIR	0.0	11.00
ANTALY	SAKARY	0.0	17.00	ANTALY	ERZURU	0.0	37.00
ANTALY	MALATY	0.0	31.00	ANTALY	SAMSUN	0.0	30.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m Page : 8							
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANTALY	ANTALY	2876.0	1.000	BURSA	ESEHIR	3570.0	3.000
ANTALY	MERSIN	0.0	12.00	BURSA	C.KALE	0.0	10.00
ANTALY	IZMIT	0.0	18.00	BURSA	ADANA	34.0	26.00
ANTALY	CORUM	0.0	27.00	BURSA	VAN	0.0	39.00
ANTALY	AFYON	0.0	5.000	BURSA	URFA	0.0	35.00
ANTALY	HATAY	0.0	24.00	BURSA	SAKARY	0.0	5.000
ANTALY	ELAZIG	0.0	32.00	BURSA	MALATY	0.0	32.00
ANTALY	ZONGUL	0.0	26.00	BURSA	AYDIN	0.0	18.00
ANTALY	SIVAS	0.0	29.00	BURSA	BURDUR	0.0	15.00
ANTALY	BURSA	0.0	14.00	BURSA	DENIZL	0.0	17.00
BURSA	KONYA	0.0	19.00	BURSA	D.BAKI	0.0	37.00
BURSA	B.ESIR	824.0	4.000	BURSA	ERZINC	0.0	31.00
BURSA	TRABZO	0.0	33.00	BURSA	GIRESU	0.0	27.00
BURSA	G.ANTE	0.0	30.00	BURSA	ISPART	0.0	16.00
BURSA	USAK	0.0	12.00	BURSA	KARS	0.0	38.00
BURSA	BOLU	0.0	8.000	BURSA	KAYSER	0.0	22.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 9			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
BURSA	KUTAHY	138.0	6.000	BURSA	BURSA	2690.0	1.000
BURSA	MARAS	0.0	28.00	MERSIN	KONYA	0.0	7.000
BURSA	ISTANB	0.0	7.000	MERSIN	B.ESIR	0.0	31.00
BURSA	ANKARA	0.0	14.00	MERSIN	TRABZO	0.0	37.00
BURSA	IZMIR	0.0	11.00	MERSIN	G.ANTE	0.0	5.000
BURSA	ERZURU	0.0	36.00	MERSIN	USAK	0.0	22.00
BURSA	SAMSUN	0.0	23.00	MERSIN	BOLU	0.0	20.00
BURSA	ANTALY	0.0	20.00	MERSIN	ESEHIR	0.0	21.00
BURSA	MERSIN	0.0	25.00	MERSIN	C.KALE	0.0	38.00
BURSA	IZMIT	0.0	2.000	MERSIN	ADANA	4412.0	2.000
BURSA	CORUM	0.0	21.00	MERSIN	VAN	0.0	36.00
BURSA	AFYON	540.0	9.000	MERSIN	URFA	0.0	8.000
BURSA	HATAY	0.0	29.00	MERSIN	SAKARY	0.0	27.00
BURSA	ELAZIG	0.0	34.00	MERSIN	MALATY	0.0	9.000
BURSA	ZONGUL	0.0	13.00	MERSIN	AYDIN	0.0	30.00
BURSA	SIVAS	0.0	24.00	MERSIN	BURDUR	0.0	17.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 10			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
MERSIN	DENIZL	0.0	23.00	MERSIN	IZMIT	0.0	28.00
MERSIN	D.BAKI	0.0	16.00	MERSIN	CORUM	0.0	13.00
MERSIN	ERZINC	0.0	26.00	MERSIN	AFYON	0.0	14.00
MERSIN	GIRESU	0.0	34.00	MERSIN	HATAY	548.0	4.000
MERSIN	ISPART	0.0	18.00	MERSIN	ELAZIG	0.0	15.00
MERSIN	KARS	0.0	39.00	MERSIN	ZONGUL	0.0	25.00
MERSIN	KAYSER	0.0	6.000	MERSIN	SIVAS	0.0	12.00
MERSIN	KUTAHY	0.0	19.00	MERSIN	BURSA	0.0	29.00
MERSIN	MARAS	0.0	3.000	IZMIT	KONYA	0.0	19.00
MERSIN	ISTANB	0.0	35.00	IZMIT	B.ESIR	0.0	9.000
MERSIN	ANKARA	0.0	10.00	IZMIT	TRABZO	0.0	30.00
MERSIN	IZMIR	0.0	32.00	IZMIT	G.ANTE	0.0	33.00
MERSIN	ERZURU	0.0	33.00	IZMIT	USAK	0.0	12.00
MERSIN	SAMSUN	0.0	24.00	IZMIT	BOLU	0.0	5.000
MERSIN	ANTALY	0.0	11.00	IZMIT	ESEHIR	0.0	6.000
MERSIN	MERSIN	1799.0	1.000	IZMIT	C.KALE	0.0	13.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 11			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIT	ADANA	0.0	26.00	IZMIT	ISTANB	0.0	3.000
IZMIT	VAN	0.0	39.00	IZMIT	ANKARA	0.0	10.00
IZMIT	URFA	0.0	36.00	IZMIT	IZMIR	0.0	14.00
IZMIT	SAKARY	287.0	2.000	IZMIT	ERZURU	0.0	35.00
IZMIT	MALATY	0.0	31.00	IZMIT	SAMSUN	0.0	22.00
IZMIT	AYDIN	0.0	20.00	IZMIT	ANTALY	0.0	21.00
IZMIT	BURDUR	0.0	15.00	IZMIT	MERSIN	0.0	25.00
IZMIT	DENIZL	0.0	18.00	IZMIT	IZMIT	1954.0	1.000
IZMIT	D.BAKI	0.0	37.00	IZMIT	CORUM	0.0	17.00
IZMIT	ERZINC	0.0	28.00	IZMIT	AFYON	0.0	11.00
IZMIT	GIRESU	0.0	27.00	IZMIT	HATAY	0.0	32.00
IZMIT	ISPART	0.0	16.00	IZMIT	ELAZIG	0.0	34.00
IZMIT	KARS	0.0	38.00	IZMIT	ZONGUL	432.0	7.000
IZMIT	KAYSER	0.0	23.00	IZMIT	SIVAS	0.0	24.00
IZMIT	KUTAHY	0.0	8.000	IZMIT	BURSA	0.0	4.000
IZMIT	MARAS	0.0	29.00	G.ANTE	KONYA	0.0	11.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 12			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	B.ESIR	0.0	36.00	G.ANTE	ERZINC	0.0	12.00
G.ANTE	TRABZO	0.0	23.00	G.ANTE	GIRESU	0.0	24.00
G.ANTE	G.ANTE	1337.0	1.000	G.ANTE	ISPART	0.0	21.00
G.ANTE	USAK	0.0	29.00	G.ANTE	KARS	0.0	22.00
G.ANTE	BOLU	0.0	27.00	G.ANTE	KAYSER	0.0	9.000
G.ANTE	ESEHIR	0.0	28.00	G.ANTE	KUTAHY	0.0	25.00
G.ANTE	C.KALE	0.0	39.00	G.ANTE	MARAS	307.0	2.000
G.ANTE	ADANA	0.0	5.000	G.ANTE	ISTANB	0.0	38.00
G.ANTE	VAN	0.0	16.00	G.ANTE	ANKARA	0.0	15.00
G.ANTE	URFA	177.0	3.000	G.ANTE	IZMIR	0.0	37.00
G.ANTE	SAKARY	0.0	32.00	G.ANTE	ERZURU	0.0	14.00
G.ANTE	MALATY	848.0	6.000	G.ANTE	SAMSUN	0.0	20.00
G.ANTE	AYDIN	0.0	35.00	G.ANTE	ANTALY	0.0	18.00
G.ANTE	BURDUR	0.0	26.00	G.ANTE	MERSIN	0.0	17.00
G.ANTE	DENIZL	0.0	31.00	G.ANTE	IZMIT	0.0	34.00
G.ANTE	D.BAKI	453.0	7.000	G.ANTE	CORUM	0.0	13.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.

Summary of Results for m Page : 13							
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	AFYON	0.0	19.00	G.ANTE	ZONGUL	0.0	30.00
G.ANTE	HATAY	0.0	4.000	G.ANTE	SIVAS	0.0	10.00
G.ANTE	ELAZIG	244.0	8.000	G.ANTE	BURSA	0.0	33.00
Minimum value of OBJ = 215811 (multiple sols.) Iterations = 61							

Press any key to continue.



Summary of Results for m Page : 1							
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	KONYA	0.0	103.0	ISTANB	DBAKIR	0.0	202.0
ISTANB	BESIR	0.0	56.00	ISTANB	ERZINC	304.0	153.0
ISTANB	TRABZO	0.0	163.0	ISTANB	GIRESU	0.0	146.0
ISTANB	G.ANTE	0.0	178.0	ISTANB	ISPART	0.0	88.00
ISTANB	USAK	0.0	72.00	ISTANB	KARS	0.0	207.0
ISTANB	BOLU	0.0	30.00	ISTANB	KAYSER	0.0	124.0
ISTANB	ESKISE	0.0	40.00	ISTANB	KUTAHY	0.0	50.00
ISTANB	C.KALE	574.0	36.00	ISTANB	MARAS	0.0	158.0
ISTANB	ADANA	514.0	141.0	ISTANB	ISTANB	22475.0	6.000
ISTANB	VAN	0.0	217.0	ISTANB	ANKARA	0.0	62.00
ISTANB	URFA	0.0	195.0	ISTANB	IZMIR	0.0	78.00
ISTANB	SAKARY	383.0	18.00	ISTANB	ERZURU	0.0	189.0
ISTANB	MALATY	244.0	169.0	ISTANB	SAMSUN	0.0	118.0
ISTANB	AYDIN	0.0	108.0	ISTANB	ANTALY	0.0	114.0
ISTANB	BURDUR	0.0	83.00	ISTANB	MERSIN	0.0	137.0
ISTANB	DENIZL	0.0	98.00	ISTANB	IZMIT	0.0	13.00
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m Page : 2							
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ISTANB	CORUM	0.0	93.00	ANKARA	VAN	0.0	220.0
ISTANB	AFYON	0.0	66.00	ANKARA	URFA	0.0	192.0
ISTANB	HATAY	0.0	173.0	ANKARA	SAKARY	0.0	56.00
ISTANB	ELAZIG	0.0	184.0	ANKARA	MALATY	0.0	157.0
ISTANB	ZONGUL	432.0	45.00	ANKARA	AYDIN	0.0	137.0
ISTANB	SIVAS	544.0	131.0	ANKARA	BURDUR	0.0	86.00
ISTANB	BURSA	0.0	25.00	ANKARA	DENIZL	0.0	106.0
ANKARA	KONYA	5854.0	46.00	ANKARA	DBAKIR	0.0	204.0
ANKARA	BESIR	0.0	121.0	ANKARA	ERZINC	0.0	176.0
ANKARA	TRABZO	0.0	182.0	ANKARA	GIRESU	0.0	146.0
ANKARA	G.ANTE	0.0	171.0	ANKARA	ISPART	0.0	91.00
ANKARA	USAK	0.0	71.00	ANKARA	KARS	0.0	212.0
ANKARA	BOLU	0.0	26.00	ANKARA	KAYSER	1477.0	61.00
ANKARA	ESKISE	0.0	31.00	ANKARA	KUTAHY	0.0	151.0
ANKARA	C.KALE	0.0	161.0	ANKARA	MARAS	0.0	141.0
ANKARA	ADANA	0.0	116.0	ANKARA	ISTANB	0.0	101.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 3			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANKARA	ANKARA	6474.0	17.00	IZMIR	TRABZO	0.0	206.0
ANKARA	IZMIR	0.0	132.0	IZMIR	G.ANTE	0.0	173.0
ANKARA	ERZURU	0.0	198.0	IZMIR	USAK	271.0	38.00
ANKARA	SAMSUN	0.0	82.00	IZMIR	BOLU	0.0	116.0
ANKARA	ANTALY	0.0	126.0	IZMIR	ESKISE	0.0	79.00
ANKARA	MERSIN	0.0	111.0	IZMIR	C.KALE	0.0	49.00
ANKARA	IZMIT	0.0	66.00	IZMIR	ADANA	0.0	145.0
ANKARA	CORUM	383.0	36.00	IZMIR	VAN	0.0	234.0
ANKARA	AFYON	0.0	41.00	IZMIR	URFA	0.0	190.0
ANKARA	HATAY	0.0	166.0	IZMIR	SAKARY	0.0	95.00
ANKARA	ELAZIG	0.0	187.0	IZMIR	MALATY	0.0	185.0
ANKARA	ZONGUL	0.0	51.00	IZMIR	AYDIN	346.0	27.00
ANKARA	SIVAS	0.0	96.00	IZMIR	BURDUR	0.0	69.00
ANKARA	BURSA	0.0	76.00	IZMIR	DENIZL	846.0	43.00
IZMIR	KONYA	0.0	101.0	IZMIR	DBAKIR	0.0	212.0
IZMIR	BESIR	0.0	33.00	IZMIR	ERZINC	0.0	195.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 4			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIR	GIRESU	0.0	180.0	IZMIR	HATAY	0.0	168.0
IZMIR	ISPART	0.0	74.00	IZMIR	ELAZIG	0.0	201.0
IZMIR	KARS	0.0	226.0	IZMIR	ZONGUL	0.0	122.0
IZMIR	KAYSER	0.0	135.0	IZMIR	SIVAS	0.0	157.0
IZMIR	KUTAHY	0.0	64.00	IZMIR	BURSA	0.0	54.00
IZMIR	MARAS	0.0	163.0	ERZURU	KONYA	0.0	147.0
IZMIR	ISTANB	0.0	106.0	ERZURU	BESIR	0.0	225.0
IZMIR	ANKARA	0.0	111.0	ERZURU	TRABZO	0.0	54.00
IZMIR	IZMIR	9683.0	20.00	ERZURU	G.ANTE	0.0	108.0
IZMIR	ERZURU	0.0	218.0	ERZURU	USAK	0.0	204.0
IZMIR	SAMSUN	0.0	152.0	ERZURU	BOLU	0.0	152.0
IZMIR	ANTALY	0.0	90.00	ERZURU	ESKISE	0.0	169.0
IZMIR	MERSIN	0.0	140.0	ERZURU	C.KALE	0.0	242.0
IZMIR	IZMIT	0.0	85.00	ERZURU	ADANA	0.0	130.0
IZMIR	CORUM	0.0	130.0	ERZURU	VAN	268.0	70.00
IZMIR	AFYON	0.0	59.00	ERZURU	URFA	0.0	91.00
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 5			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ERZURU	SAKARY	0.0	163.0	ERZURU	ERZURU	582.0	34.00
ERZURU	MALATY	0.0	75.00	ERZURU	SAMSUN	0.0	103.0
ERZURU	AYDIN	0.0	237.0	ERZURU	ANTALY	0.0	220.0
ERZURU	BURDUR	0.0	209.0	ERZURU	MERSIN	0.0	141.0
ERZURU	DENIZL	0.0	216.0	ERZURU	IZMIT	0.0	173.0
ERZURU	DBAKIR	0.0	64.00	ERZURU	CORUM	0.0	117.0
ERZURU	ERZINC	0.0	43.00	ERZURU	AFYON	0.0	178.0
ERZURU	GIRESU	0.0	80.00	ERZURU	HATAY	0.0	125.0
ERZURU	ISPART	0.0	189.0	ERZURU	ELAZIG	304.0	59.00
ERZURU	KARS	238.0	47.00	ERZURU	ZONGUL	0.0	158.0
ERZURU	KAYSER	0.0	98.00	ERZURU	SIVAS	0.0	85.00
ERZURU	KUTAHY	0.0	184.0	ERZURU	BURSA	0.0	199.0
ERZURU	MARAS	0.0	112.0	SAMSUN	KONYA	0.0	116.0
ERZURU	ISTANB	0.0	194.0	SAMSUN	BESIR	0.0	190.0
ERZURU	ANKARA	0.0	136.0	SAMSUN	TRABZO	783.0	49.00
ERZURU	IZMIR	0.0	232.0	SAMSUN	G.ANTE	0.0	156.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 6			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	USAK	0.0	151.0	SAMSUN	KARS	0.0	175.0
SAMSUN	BOLU	0.0	70.00	SAMSUN	KAYSER	0.0	65.00
SAMSUN	ESKISE	0.0	102.0	SAMSUN	KUTAHY	0.0	122.0
SAMSUN	C.KALE	0.0	217.0	SAMSUN	MARAS	0.0	136.0
SAMSUN	ADANA	0.0	146.0	SAMSUN	ISTANB	0.0	127.0
SAMSUN	VAN	0.0	222.0	SAMSUN	ANKARA	0.0	55.00
SAMSUN	URFA	0.0	166.0	SAMSUN	IZMIR	0.0	207.0
SAMSUN	SAKARY	0.0	87.00	SAMSUN	ERZURU	0.0	97.00
SAMSUN	MALATY	0.0	82.00	SAMSUN	SAMSUN	2463.0	23.00
SAMSUN	AYDIN	0.0	212.0	SAMSUN	ANTALY	0.0	201.0
SAMSUN	BURDUR	0.0	171.0	SAMSUN	MERSIN	0.0	132.0
SAMSUN	DENIZL	0.0	186.0	SAMSUN	IZMIT	0.0	92.00
SAMSUN	DBAKIR	0.0	161.0	SAMSUN	CORUM	0.0	31.00
SAMSUN	ERZINC	0.0	60.00	SAMSUN	AFYON	0.0	112.0
SAMSUN	GIRESU	64.0	37.00	SAMSUN	HATAY	0.0	195.0
SAMSUN	ISPART	0.0	180.0	SAMSUN	ELAZIG	0.0	107.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 7			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
SAMSUN	ZONGUL	0.0	76.00	ANTALY	AYDIN	0.0	58.00
SAMSUN	SIVAS	0.0	44.00	ANTALY	BURDUR	134.0	30.00
SAMSUN	BURSA	0.0	141.0	ANTALY	DENIZL	0.0	42.00
ANTALY	KONYA	0.0	69.00	ANTALY	DBAKIR	0.0	194.0
ANTALY	BESIR	0.0	90.00	ANTALY	ERZINC	0.0	206.0
ANTALY	TRABZO	0.0	213.0	ANTALY	GIRESU	0.0	201.0
ANTALY	G.ANTE	0.0	150.0	ANTALY	ISPART	347.0	35.00
ANTALY	USAK	0.0	63.00	ANTALY	KARS	0.0	232.0
ANTALY	BOLU	0.0	121.0	ANTALY	KAYSER	0.0	136.0
ANTALY	ESKISE	0.0	74.00	ANTALY	KUTAHY	0.0	54.00
ANTALY	C.KALE	0.0	131.0	ANTALY	MARAS	0.0	141.0
ANTALY	ADANA	0.0	104.0	ANTALY	ISTANB	0.0	126.0
ANTALY	VAN	0.0	225.0	ANTALY	ANKARA	0.0	99.00
ANTALY	URFA	0.0	167.0	ANTALY	IZMIR	0.0	79.00
ANTALY	SAKARY	0.0	109.0	ANTALY	ERZURU	0.0	219.0
ANTALY	MALATY	0.0	182.0	ANTALY	SAMSUN	0.0	178.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 8			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
ANTALY	ANTALY	2876.0	23.00	BURSA	ESKISE	3570.0	25.00
ANTALY	MERSIN	0.0	84.00	BURSA	C.KALE	0.0	61.00
ANTALY	IZMIT	0.0	115.0	BURSA	ADANA	34.0	146.0
ANTALY	CORUM	0.0	160.0	BURSA	VAN	0.0	223.0
ANTALY	AFYON	0.0	48.00	BURSA	URFA	0.0	195.0
ANTALY	HATAY	0.0	145.0	BURSA	SAKARY	0.0	35.00
ANTALY	ELAZIG	0.0	189.0	BURSA	MALATY	0.0	179.0
ANTALY	ZONGUL	0.0	155.0	BURSA	AYDIN	0.0	101.0
ANTALY	SIVAS	0.0	172.0	BURSA	BURDUR	0.0	87.00
ANTALY	BURSA	0.0	95.00	BURSA	DENIZL	0.0	96.00
BURSA	KONYA	0.0	106.0	BURSA	DBAKIR	0.0	207.0
BURSA	BESIR	824.0	30.00	BURSA	ERZINC	0.0	174.0
BURSA	TRABZO	0.0	184.0	BURSA	GIRESU	0.0	153.0
BURSA	G.ANTE	0.0	169.0	BURSA	ISPART	0.0	91.00
BURSA	USAK	0.0	71.00	BURSA	KARS	0.0	215.0
BURSA	BOLU	0.0	51.00	BURSA	KAYSER	0.0	125.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 9			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
BURSA	KUTAHY	138.0	40.00	BURSA	BURSA	2690.0	13.00
BURSA	MARAS	0.0	159.0	MERSIN	KONYA	0.0	63.00
BURSA	ISTANB	0.0	46.00	MERSIN	BESIR	0.0	185.0
BURSA	ANKARA	0.0	81.00	MERSIN	TRABZO	0.0	216.0
BURSA	IZMIR	0.0	66.00	MERSIN	G.ANTE	0.0	52.00
BURSA	ERZURU	0.0	201.0	MERSIN	USAK	0.0	139.0
BURSA	SAMSUN	0.0	131.0	MERSIN	BOLU	0.0	130.0
BURSA	ANTALY	0.0	112.0	MERSIN	ESKISE	0.0	134.0
BURSA	MERSIN	0.0	141.0	MERSIN	C.KALE	0.0	222.0
BURSA	IZMIT	0.0	20.00	MERSIN	ADANA	4412.0	33.00
BURSA	CORUM	0.0	119.0	MERSIN	VAN	0.0	210.0
BURSA	AFYON	540.0	56.00	MERSIN	URFA	0.0	69.00
BURSA	HATAY	0.0	164.0	MERSIN	SAKARY	0.0	165.0
BURSA	ELAZIG	0.0	190.0	MERSIN	MALATY	0.0	75.00
BURSA	ZONGUL	0.0	76.00	MERSIN	AYDIN	0.0	180.0
BURSA	SIVAS	0.0	137.0	MERSIN	BURDUR	0.0	114.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 10			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
MERSIN	DENIZL	0.0	145.0	MERSIN	IZMIT	0.0	170.0
MERSIN	DBAKIR	0.0	110.0	MERSIN	CORUM	0.0	95.00
MERSIN	ERZINC	0.0	159.0	MERSIN	AFYON	0.0	100.0
MERSIN	GIRESU	0.0	200.0	MERSIN	HATAY	548.0	47.00
MERSIN	ISPART	0.0	119.0	MERSIN	ELAZIG	0.0	105.0
MERSIN	KARS	0.0	227.0	MERSIN	ZONGUL	0.0	154.0
MERSIN	KAYSER	0.0	57.00	MERSIN	SIVAS	0.0	89.00
MERSIN	KUTAHY	0.0	125.0	MERSIN	BURSA	0.0	175.0
MERSIN	MARAS	0.0	42.00	IZMIT	KONYA	0.0	105.0
MERSIN	ISTANB	0.0	205.0	IZMIT	BESIR	0.0	53.00
MERSIN	ANKARA	0.0	79.00	IZMIT	TRABZO	0.0	165.0
MERSIN	IZMIR	0.0	190.0	IZMIT	G.ANTE	0.0	180.0
MERSIN	ERZURU	0.0	195.0	IZMIT	USAK	0.0	69.00
MERSIN	SAMSUN	0.0	150.0	IZMIT	BOLU	0.0	32.00
MERSIN	ANTALY	0.0	84.00	IZMIT	ESKISE	0.0	38.00
MERSIN	MERSIN	1799.0	27.00	IZMIT	C.KALE	0.0	75.00
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 11			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
IZMIT	ADANA	0.0	143.0	IZMIT	ISTANB	0.0	22.00
IZMIT	VAN	0.0	219.0	IZMIT	ANKARA	383.0	59.00
IZMIT	URFA	0.0	197.0	IZMIT	IZMIR	0.0	80.00
IZMIT	SAKARY	336.0	15.00	IZMIT	ERZURU	0.0	191.0
IZMIT	MALATY	0.0	170.0	IZMIT	SAMSUN	0.0	120.0
IZMIT	AYDIN	0.0	110.0	IZMIT	ANTALY	0.0	116.0
IZMIT	BURDUR	0.0	85.00	IZMIT	MERSIN	0.0	139.0
IZMIT	DENIZL	0.0	100.0	IZMIT	IZMIT	1954.0	10.00
IZMIT	DBAKIR	0.0	204.0	IZMIT	CORUM	0.0	95.00
IZMIT	ERZINC	0.0	155.0	IZMIT	AFYON	0.0	64.00
IZMIT	GIRESU	0.0	148.0	IZMIT	HATAY	0.0	175.0
IZMIT	ISPART	0.0	90.00	IZMIT	ELAZIG	0.0	186.0
IZMIT	KARS	0.0	209.0	IZMIT	ZONGUL	0.0	43.00
IZMIT	KAYSER	0.0	126.0	IZMIT	SIVAS	0.0	133.0
IZMIT	KUTAHY	0.0	48.00	IZMIT	BURSA	0.0	27.00
IZMIT	MARAS	0.0	160.0	G.ANTE	KONYA	0.0	90.00
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 12			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	BESIR	0.0	217.0	G.ANTE	ERZINC	0.0	96.00
G.ANTE	TRABZO	0.0	152.0	G.ANTE	GIRESU	0.0	157.0
G.ANTE	G.ANTE	1337.0	32.00	G.ANTE	ISPART	0.0	142.0
G.ANTE	USAK	0.0	181.0	G.ANTE	KARS	0.0	147.0
G.ANTE	BOLU	0.0	171.0	G.ANTE	KAYSER	0.0	77.00
G.ANTE	ESKISE	0.0	176.0	G.ANTE	KUTAHY	0.0	162.0
G.ANTE	C.KALE	0.0	236.0	G.ANTE	MARAS	307.0	38.00
G.ANTE	ADANA	0.0	55.00	G.ANTE	ISTANB	0.0	227.0
G.ANTE	VAN	0.0	116.0	G.ANTE	ANKARA	0.0	111.0
G.ANTE	URFA	177.0	44.00	G.ANTE	IZMIR	0.0	222.0
G.ANTE	SAKARY	0.0	197.0	G.ANTE	ERZURU	0.0	106.0
G.ANTE	MALATY	848.0	60.00	G.ANTE	SAMSUN	0.0	137.0
G.ANTE	AYDIN	0.0	213.0	G.ANTE	ANTALY	0.0	127.0
G.ANTE	BURDUR	0.0	166.0	G.ANTE	MERSIN	0.0	122.0
G.ANTE	DENIZL	0.0	191.0	G.ANTE	IZMIT	0.0	207.0
G.ANTE	DBAKIR	453.0	66.00	G.ANTE	CORUM	0.0	101.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

Summary of Results for m				Page : 13			
From	To	Shipment	Unit cost	From	To	Shipment	Unit cost
G.ANTE	AFYON	0.0	132.0	G.ANTE	ZONGUL	0.0	186.0
G.ANTE	HATAY	0.0	50.00	G.ANTE	SIVAS	0.0	84.00
G.ANTE	ELAZIG	244.0	72.00	G.ANTE	BURSA	0.0	202.0
Minimum value of OBJ = 2010956 (multiple sols.) Iterations = 56							

Press any key to continue.

COZUM TABLOSU TABLO A.9.

	f1	f2
Ideal cozum	5.567173E+09	215811
Compromise cozum	5.582528E+09	215811

ÖZGEÇMİŞ

Burçin EREK, 1966 yılında İstanbul'da doğdu. Orta öğrenimini Ataköy Lisesi'nde 1983 yılında tamamladı ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne girdi. Bu bölümü 1987 yılında bitirdi, aynı yıl Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Programında Yüksek Lisans Çalışmalarına başladı. Özel bir kuruluştaki çalışan Burçin EREK İngilizce bilmektedir.

