



**0-1 HEDEF PROGRAMLAMA DESTEKLİ BÜTÜNLEŞİK AHP – VIKOR
YÖNTEMİ: HASTANE YATIRIMI PROJELERİ SEÇİMİ**

Burak KARAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2014

Burak Karaman tarafından hazırlanan “0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünleşik AHP-VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Öğr. Gör. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Doç. Dr. S. Kürşat İŞLEYEN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Yrd. Doç. Dr. Suna ÇETİN

Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 10/09/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Burak KARAMAN

10/09/2014

0-1 HEDEF PROGRAMLAMA DESTEKLİ BÜTÜNLEŞİK AHP – VIKOR YÖNTEMİ:
HASTANE YATIRIMI PROJELERİ SEÇİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Burak KARAMAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2014

ÖZET

Kaynakların sınırlı olduğu günümüz dünyasında buna karşılık ihtiyaçlar sınırsız olarak görünmekte, ve bu gerçek bizi sınırlı kaynakları doğru ihtiyaçlara atamaya mecbur bırakmaktadır. Karşılanması gereken ihtiyacın büyüklüğü nispetinde atanması gereken kaynak miktarı da artmakta, bu doğrultuda problemin doğru şekilde çözümü daha da önemli hale gelmektedir. Yapılan çalışmada belirli kısıtlar altında hastane projeleri seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışma içerisinde, proje seçim probleminin yapısında bulunan birçok kriteri, çözüme yansıtılabilmek amacıyla, çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulaması sonrasında bu kararlara göre kaynak atamasını gerçekleştirmek amacıyla bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Bu model sayesinde probleme özel bazı politikalar hedefler şeklinde çözüme katılabilmektedir. Entegre edilmiş bu yöntemlerin, kısıtlar altındaki çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde etkili olduğu görülmektedir.

Bilim Kodu : 906.1.048
Anahtar Kelimeler : Çok kriterli karar verme, VIKOR, 0-1 hedef programlama, yatırım projeleri seçimi
Sayfa Adedi : 80
Danışman : Öğr. Gör. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

0-1 GOAL PROGRAMMING AIDED AHP – VIKOR INTEGRATED METHOD: AN
APPLICATION OF HOSPITAL INVESTMENT PROJECT SELECTION

(M. Sc. Thesis)

Burak KARAMAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2014

ABSTRACT

In the modern day where demands are seen as unlimited in comparison with sources, allocation of these sources to the right demands is an obligation. As the demand that should be met grows, the source that should be allocated grows at the same time which makes the problem more important. In this study hospital projects selection problem under particular constraints is addressed. In order to reflect the criteria to the solution, which lies on the problems nature, multi criteria decision making methods are used. A mathematical model has built. With the help of the model, problem specific constraints are involved to the solution. It is seen that the integrated method is efficient in solving the decision making problems under constraints.

Science Code : 906.1.048
Key Words : Multi criteria decision making, VIKOR, 0-1 goal programming,
investment project selection
Page Number : 80
Supervisor : Öğr. Gör. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımda bana yol gösteren, değerli danışman hocam Öğr. Gör. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU'na ve çalıőmalarım esnasında gösterdikleri sabır ve verdikleri destek ile yanımda duran aileme teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMİ.....	19
3.1. Çok Kriterli Karar Verme Probleminin Bileşenleri.....	19
3.1.1. Karar değişkenleri ve alternatifler.....	20
3.1.2. Kriterler.....	20
3.1.3. Tercihler.....	21
3.1.4. Kararlar	21
4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ	23
4.1. AHP'nin Kullanım Alanları.....	23
4.2. AHP İle Karar Verme Süreci.....	24
4.2.1. Hiyerarşiyi yapılandırmak	24
4.2.2. Önceliklendirme Prosedürü	25
4.2.3. Birleştirme	27
4.2.4. Tutarlılık analizi	28
4.3. AHP Yönteminin Avantajları.....	29

	Sayfa
5. VIKOR YÖNTEMİ.....	33
5.1. VIKOR Yönteminin İşleyişi.....	33
5.2. VIKOR Yönteminin Diğer Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Farkları ..	36
5.2.1. VIKOR yöntemi ile TOPSIS.....	36
5.2.2. VIKOR yöntemi ile PROMETHEE.....	36
5.2.3. VIKOR yöntemi ile ELECTRE	37
6. HEDEF PROGRAMLAMA.....	39
6.1. Doğrusal Programlama İle Hedef Programlama Arasındaki Farklar	41
6.2. Hedef Programlama Yöntemleri.....	42
6.2.1. Uzaklık ölçütü temelli yöntemler	42
6.2.2. Karar değişkeni ve hedef temelli yöntemler	45
7. PROBLEMİN TANIMI VE ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	49
7.1. AHP Hesaplamaları	50
7.2. VIKOR Hesaplamaları	57
7.3. Hedef Programlama Hesaplamaları.....	61
8. SONUÇ	65
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	77
EK-1. LINDO programında kurulan matematiksel model	78
EK-2. Kurulan modelin LINDO programında çalıştırılmasıyla elde edilen çıktı	79
ÖZGEÇMİŞ	80

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Önem ölçęęi	25
Çizelge 4.2. İçeceklerin tüketimi	26
Çizelge 4.3. Küçük problemler için rassallık indeksi verileri	29
Çizelge 7.1. İkili karşılaştırma matrisi	56
Çizelge 7.2. Karar matrisi	57
Çizelge 7.3. En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler.....	58
Çizelge 7.4. S_j ve R_j değerleri.....	58
Çizelge 7.5. Q_j değerleri	59
Çizelge 7.6. Alternatiflerin S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre sıralamaları	59
Çizelge 7.7. VIKOR yönteminden elde edilen sıralama.....	61
Çizelge 7.8. Hedef programlama modelinde kullanılacak veriler.....	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Hiyerarşi örneği	25
Şekil 5.1. İdeal ve uzlaşık çözümler	36
Şekil 7.1. Problemin hiyerarşisi	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m³

Açıklamalar bir satırdan uzun olmamalıdır

Kısaltmalar

Açıklamalar

A1

Alternatif 1

A2

Alternatif 2

A3

Alternatif 3

A4

Alternatif 4

A5

Alternatif 5

A6

Alternatif 6

AHP

Analytic hierarchy process

ANP

Analytic network process

CR

Rassallık indeksi

ELECTRE

Elimination and choice translating reality

ERP

Enterprise resource planning

İMKB

İstanbul Menkul Kıymetler Borsası

K1

Kriter 1

K2

Kriter 2

K3

Kriter 3

K4

Kriter 4

K5

Kriter 5

K6

Kriter 6

MAUT

Multi attribute utility theory

PROMETHEE

Preference ranking organisation method for enrichment evaluations

RI

Rassallık indeksi

Kısaltmalar**Açıklamalar****TOPSIS**

Technique for order preference by similarity to ideal solution

VIKOR

Vise kriterijumsa optimizacija i kompromisno resenje

1. GİRİŞ

Her proje bir proje teklifiyle başlar fakat bu her teklifin bir proje olması gerektiği anlamına gelmez. Kısıtlı kaynakların bulunduğu bir dünyada bazı seçimlerin yapılması, bazı seçimlerin yapılmaması gerekmektedir. Her proje uygulanabilir değildir, uygulanabilir olanların da işgücü, zaman, para, ekipman gibi kısıtlı kaynaklar altında gerçekleştirilebilmesi gerekmektedir. Proje seçim sürecinin amacı projenin uygulanabilirliğini analiz etmek ve proje tekliflerini belirli kriterler altında değerlendirerek kabul etmek veya reddetmektir [1]. Bu süreç soyut ve somut birçok faktörün tanımlanmasını ve analiz edilmesini kapsadığı için genellikle karmaşıktır. Gerçek hayattaki bir karar verme süreci aşağıdaki gibi çok sayıda çok boyutlu faktörden oluşur [2].

- Yüksek sermaye gereksinimi
- Elde edilecek geri dönüşlere ilişkin bilgi eksikliği
- Karar verme sürecinin geri alınamaması
- Bazı soyut faktörlerin sınıflandırılmaması
- Operasyonların birbirinden farklılaşan yapıları
- Performans belirsizlikleri
- Maliyet tabanlı mantığın yanlış yorumlamaları
- Yönetimin uzun dönemli katılımının gerekliliği
- Değerlendirmeleri yapmak için yüksek derecede bilgi ve uzmanlık gerekmesi

Karar verme problemindeki çok sayıda kriter arasında genellikle bir ödünleşim bulunmaktadır [2]. Karar verme problemindeki ana amaç bu ödünleşimi en iyi şekilde yönetmek ve verilen kararlarda mümkün olan en yüksek faydayı elde edebilmektedir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için değerlendirme aşamasında kriterler arasındaki ödünleşime müsaade edilmesi gerekmektedir. Bu da ancak çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Çok kriterli karar verme problemlerinin karar verme alanında yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte farklı proje tekliflerini değerlendirmek kolaylaşmıştır. Çok kriterli karar verme alanının en köklü yöntemlerinden biri olan AHP, kendine çok geniş uygulama alanı bulmuş bir yöntemdir. Yöntem amaçların, kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin oluşturduğu çok seviyeli hiyerarşik bir yapıda, alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesi mantığına

dayanmaktadır [3]. AHP yönteminin bu değerlendirme esnasında kullandığı; ikili karşılaştırma matrislerinden ağırlık değeri elde edebilme, tutarlılık analizine imkan tanıma gibi özellikleri bu yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılacak kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde oldukça kullanışlı bir yöntem haline getirmektedir. Son zamanlarda AHP yönteminin birçok çalışmada bu amaçla kullanılmış olması bu tespiti doğrulamaktadır. Bir diğer çok kriterli karar verme yöntemi olan VIKOR, 2004 yılında bugün kabul edilen haliyle literatüre kazandırılmış olması sebebiyle, AHP, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE gibi önde gelen çok kriterli karar verme yöntemlerine nazaran yeni bir yöntemdir. Yöntem alternatifleri değerlendirirken maksimum grup faydası ile birlikte minimum pişmanlığı da kullanmaktadır. Bu iki özelliği sağlayan bir sıralama elde eden yöntem bununla birlikte bir uzlaşık çözüm, ya da duruma göre uzlaşık çözüm kümesi, de sunmaktadır.

AHP ve VIKOR yöntemleri karmaşık karar verme problemlerini çözme konusundaki yeteneklerine karşın, probleme kısıtların dahil edilmek istenmesi durumunda herhangi bir çözüm geliştirememektedir. Birden fazla kısıtın karşılanması gerektiği bu noktada kullanılacak yöntem ise 0-1 hedef programlamadır. Çok sayıda amacı optimize edebilme yeteneği nedeniyle tercih edilen hedef programlama yönteminin, çok kriterli karar verme yöntemleri ile birlikte kullanılması, karar probleminde alternatiflerin göreceli önemlerine göre sıralanmasının yanında probleme kısıtların da dahil edilebilmesine imkan tanımaktadır.

Bu çalışmada bir dizi hastane projesi ele alınacak ve bu hastane projeleri arasından seçim yapılacaktır. Öncelikle, yukarıda bahsedilen çok kriterli karar verme yöntemleri yardımıyla, alternatifler belirlenmiş olan kriterler bazında değerlendirmeye tabi tutulacaktır. Sonrasında bütçe ve benzeri bazı kısıtların sağlanabilmesi için 0-1 hedef programlama yöntemi kullanılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırması yer almaktadır. Bu kısımda uygulamada kullanılacak olan AHP, VIKOR, hedef programlama yöntemlerinin literatürü bulunmakta, bunlara ek olarak uygulamada çok kriterli karar verme yöntemleri ve hedef programlama kombinasyonunu kullanan çalışmalardan da bahsedilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde çok kriterli karar verme problemlerinden bahsedilmektedir. Bu bölümde problemin yapısından bahsedilmekte ve bileşenleri hakkında bilgi verilmektedir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde uygulama aşamasında kullanılacak yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) hakkında bilgi verilmektedir.

Çalışmanın beşinci bölümünde uygulama aşamasında kullanılacak bir başka yöntem olan VIKOR yöntemiyle ilgili bilgi verilmekte, bunu takiben bu yöntemin diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farkları anlatılmaktadır.

Çalışmanın altıncı bölümünde hedef programlama yönteminden, daha özelden ise 0-1 hedef programlama yönteminden bahsedilmektedir.

Çalışmanın yedinci bölümünde ele alınacak problemin ayrıntılı tanımı yapılmakta ve bu problemin çözümü için önerilen yöntem anlatılmaktadır.

Çalışmanın sekizinci bölümünde ise problemin çıktıları ele alınmakta ve bu veriler üzerinden değerlendirmeler yapılmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kwak ve Lee, üniversitelerdeki bilgi sistemleri altyapılarının planlaması problemini çözmeye çalışmışlardır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir üniversiteden alınan veriler üzerinde kurgulanan problemde bilgi teknolojileri kaynaklarının yerleştirilebileceği en iyi yer tespit edilmiştir. Problemde kriterlerin birbirlerine göre göreceli önemlerini bulabilmek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemden elde edilen ağırlık değerleri kurulan hedef programlama modelinde kullanılmıştır. 4 adet alternatifin bulunduğu problemde bağlanabilirlik, multimedya, mikro bilgisayarlar, bilgilendirici medya, öğrenci hizmetleri ve programlama desteği olmak üzere altı kriter bulunmaktadır. Ayrıca modelin uygulanabilirliğini geliştirmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır [4].

Karydas ve Gifun, MIT'nin yaklaşık 1 milyar dolar bütçeli altyapı yenileme programını ele almışlardır. Çalışmada projelerin seçimi ve önceliklendirilmesi üzerinde çalışılmış, böylece fonların optimal kullanımı amaçlanmıştır. Çalışmada performans göstergelerinin ağırlıklarını tespit etmek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu aşamada üniversite tarafından geliştirilmiş olan Expert Choice programı kullanılmıştır. Nihai karar aşamasında ise Çok Nitelikli Fayda Teorisi (MAUT) kullanılmıştır. Değerlendirme için inşaat süreçleriyle alakalı 10 farklı performans göstergesi kullanılmıştır [5].

Lee ve Kim, bilgi sistemleri projeleri seçimi probleminde kriterler arasındaki ilişkiye izin veren ANP yöntemini ve sonrasında 0-1 hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Böylelikle hedef programlama modelinden elde edilecek sonucun tamamen karar vericinin tercihlerine bağlı olarak değişmesi ihtimalini ortadan kaldırmışlardır. Problemde büro işlerinde etkinlik artışı, bilgi işleme etkinliği, organizasyonel öğrenmede kolaylık ve uygulama maliyeti olmak üzere dört kriter kullanılmış, beş farklı alternatif bu kriterlere göre değerlendirilmiştir. Daha sonra işgücü kısıtı, bütçe kısıtı ve 2 numaralı projenin gerçekleştirilmesini garanti edecek kısıtı sağlayacak şekilde bir 0-1 hedef programlama modeli kullanılmıştır [6].

Mohanty, proje seçimi için bir çok kriterli karar verme yöntemi geliştirmiştir. Yapılandırılmış bir ardışık sezgisel prosedür olan bu yöntem esas ve ikincil kriterleri ve bu kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmasını içermektedir. Bu karşılaştırma öncesinde kriter

ağırlıklarının belirlenebilmesi amacıyla AHP yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmada bir projenin; kârlı, uygulanabilir, kaynakları optimum şekilde kullanan ve kabul edilebilir bir proje olması gerektiği fikrinden hareketle çeşitli kriterler oluşturulmuştur. Yöntemde alternatiflerin sıralaması i . kriterin normalize edilmiş ağırlığı ile n . alternatifin o kritere göre sıralamasının çarpımının, i . kriterin normalize edilmiş ağırlığına bölünmesi ile elde edilen değerler göz önüne alınarak yapılmaktadır. Geliştirilen bu yöntem Hindistan'da faaliyet gösteren bir inşaat firmasının bütçe kısıtı altında proje seçme probleminin çözümünde kullanılmıştır [2].

Sowlati, Paradi ve Suld, çalışmalarında bilgi sistemleri önceliklendirme problemini ele almışlardır. Çalışmada bilgi sistemi projelerini önceliklendirmek için yeni bir veri zarflama analizi yöntemi kullanılmaktadır. Yöntemde projelerin önem sıralamalarının belirlenmesi projenin girdileri ve çıktılarıyla belirlenmektedir. Karar vericiler için gerçekten “iyi” veya “kötü” bir projeyi tanımlamanın daha kolay olacağı fikrinden hareketle problemde yapay projeler tanımlanmış ve gerçek projeler bu yapay projelerle karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yöntem bir finansal kurumun bilgi sistemi projesi önceliklendirilmesi projesi üzerinde uygulanmıştır. Probleme 41 adet gerçek projenin yanına 18 adet yapay projenin tanımlanmıştır. Çalışmada, geliştirilen modelin mantıklı bir sıralama yaptığı ve kullanıcılar tarafından kolayca anlaşılabilirdiği, ve en önemlisi yeni bir projenin probleme katılması gerektiği durumlarda, halihazırda değerlendirilmiş olan projeleri etkilemeksizin proje önceliklendirilmesi yapılabildiği belirtilmiştir [7].

Cook ve Green, çalışmalarında büyük bir teklifler kümesinden belli bir sayıda projeyi seçmeyi amaçlayan bir proje önceliklendirme problemini ele almışlardır. Seçilecek belli sayıdaki proje kaynak kısıtını en iyi şekilde kullanmayı amaçlamaktadır. Kullanılan yaklaşım, kaynak kısıtı altında seçilebilecek her bir uygun proje alt kümesine tek bir projeymiş gibi yaklaşmaktadır. Sonrasında bu “tek” proje kümedeki bütün projeler tarafından tanımlanmış olan bir “üretim teknolojisi” ile karşılaştırılmaktadır. Alternatif projeler kümesindeki bütün projeler bahsedilen bu üretim teknolojisinin tanımlanmasında eşit pay sahibi olmaktadır. Projelerin değerlendirilmesi ve seçilmesi aşamasında 0-1 hedef programlama ile bütünleştirilmiş veri zarflama analizi yöntemi kullanılmaktadır. Geliştirilmiş olan bu model 37 adet ar&ge projesi üzerinde uygulanmıştır. Geliştirilmiş model üzerindeki genişletme önerileri otoyol güvenlik projeleri bağlamında ele alınmıştır [8].

Mavrotas, Diakoulaki ve Caloghirou, kısıtlar altında proje önceliklendirme problemini ele almışlardır. Çalışma kamu fonlarından faydalanmak için başvuru yapan şirketlerin seçilmesi için bir çok kriterli yaklaşım sunmaktadır. Bütçe kısıtının yanında çok kriterli karar verme yönteminden elde edilen sıralamaları direk olarak uygulamayı engelleyen bazı politika kısıtları bulunmaktadır. Bu durumda problemi amacı kısıtları karşılayan ve aynı zamanda performansı maksimize eden alternatifler kümesini bulabilmektir. Alternatiflerin önceliklendirilmesi PROMETHEE V yöntemi ile yapılmıştır. Yöntemden elde edilen proje öncelik değerleri 0-1 hedef programlama modelinde ağırlık değeri olarak kullanılmıştır. Geliştirilen bu model 123 adet alternatif proje tarafından talep edilen fon miktarının 40 milyon euro olduğu fakat 12 milyon euro bütçenin bulunduğu bir probleme uygulanmıştır [9].

Nikjoo, Khah ve Moghimi, çalışmalarında bir ERP sistemi seçimi problemi üzerinde durmuşlardır. Problemin amacı ERP sistemlerini kalitatif ve kantitatif kriterler temelinde değerlendirmek ve bu süreci karar vericilere açıklayabilmektir. Geliştirilen modelde alternatifler bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralanmaktadır. Geliştirilmiş olan bu yöntem İran'da gaz türbini üreten bir şirketin 4 alternatifli, 5 kriterli ve 43 alt kriterli bir problem üzerinde uygulanmıştır. Ayrıca çalışmada, problemde karşılanması gereken çeşitli kısıtlar olması durumunda hedef programlama yönteminin kullanılmasının faydalı olacağı belirtilmiş, bu durumlar için AHP yöntemi ile hedef programlamanın bir bileşiminin kullanılabileceği belirtilmiştir [10].

Amiri, çalışmasında İran'da faaliyet gösteren bir petrol şirketinin geliştirilmesi gereken petrol sahaları arasından en uygun olanını seçme problemini ele almıştır. AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmada AHP yöntemi proje seçim problemini yapılandırma ve yatırım alternatiflerini karşılaştırmakta kullanılan altı adet kriterin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kullanılırken bulanık TOPSIS yöntemi ise nihai sıralamayı elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kriterler projenin büyüklüğü, fiyat tahminlerinin mantıklılığı, proje kapsamı, proje süresi, kullanılan teknoloji ve projenin yeri olarak sıralanabilir, karşılık problemde beş alternatif yer almıştır [1].

Reddy, Naidu ve Govindarajulu, çalışmalarında yazılım mimarisi seçim problemini çözmeye çalışmışlardır. Birçok paydaşın işlevli ve işlevsiz birçok isteğinin karşılanması

gerekliliğinden dolayı problem bir çok kriterli karar verme problemine dönüşmüştür. Ayrıca AHP ve hedef programlama yöntemleri, hem kalitatif hem kantitatif kriterler barındıran problemlerde her iki yöntemin de uygulanabilirliğinin artırılabilmesi amacıyla uygulandığı gibi, bu problemde de birlikte kullanılmıştır. Bu amaca hizmet edecek şekilde, AHP yöntemi ile önceden belirlenmiş olan 19 farklı kriterin ağırlık değerleri belirlenmiş, bu yöntem sonucunda elde edilen ağırlık değerleri hedef programlama modelinde ceza ağırlığı değerleri olarak kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem, bilgi analizcilerine yeni araçlar ve teknolojiler üretmek amacıyla yürütülen “The Glass Box” projesinde uygulanmıştır [11].

Krüger ve Hattingh, çalışmalarında projelere iç denetim için ayrılması gereken zamanları belirleme üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, bir iç denetçinin görevinin risk değerlendirmek ve bu doğrultuda tavsiyelerde bulunmak olduğu ve bu faaliyetlerin belirli kaynak kısıtları altında maksimum etkinliği ve getiriye sağlayacak şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada AHP yöntemi yardımıyla öncelikle her projenin ortalama risk skoru belirlenmiş ve bu skorlar 0-1 hedef programlama modelinde kısıt olarak kullanılmıştır. Burada amaç, projelerin risklerinin kabul edilebilir seviyelerin üzerine çıkmasını engellemektir. Hazırlanan model Güney Afrika’da faaliyet gösteren uluslar arası bir altın madenciliği şirketi üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada, ikili karşılaştırma matrisinin eigenvektor işlemlerinde MATLAB programından, hazırlanan hedef programlama modelinin çözümünde ise Microsoft Excel 2003 programından yararlanılmıştır [12].

Lee ve Kim, çalışmalarında bilgi sistemi projesi seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada hedef programlama birçok amacı bir araya getirip en iyi çözüme ulaşabilmesine rağmen temel eksikliğin karar vericilerin hedefleri ve öncelikleri belirleme zorunluluğu olduğu belirtilmiş ve bunun üstesinden gelebilmek için grup çalışmasının gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Geliştirilen proje seçim modelinde Delphi, ANP ve 0-1 hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, kriterlerin arasındaki ilişkinin derecesinin belirlenmesinde Delphi yöntemi kullanılmıştır. Hem somut hem soyut kriterlerin ele alındığı ve değerlendirme sürecinde bir çok kişinin yer aldığı amaç ve kriter önceliklerini belirleme aşamasında ise ANP yöntemi Expert Choice programının yardımıyla kullanılmış ve buradan elde edilen proje ağırlık değerleri 0-1 hedef programlama modelinin amaç fonksiyonunda katsayı olarak kullanılmıştır. Çalışmada

kullanılan dört kriterden üçünün aralarında ilişkili olmalarına izin verilmiş ve duyarlılık analizi yapılmamıştır [13].

Kim, ve diğerleri, çalışmalarında yönetim bilgi sistemi seçim problemini ele almışlardır. Çalışmada, bu problemin kriterler arasındaki ve proje alternatifleri arasındaki karşılıklı bağımlılık olmak üzere iki yönü bulunduğu ve literatürdeki yöntemlerin bu iki bakış açısını birbirinden ayrı olarak ele aldığı belirtilmiştir. Bu sebeple çalışmada ANP ve bulanık mantık içeren melez bir yöntem kullanılmıştır. Sonrasında proje seçim problemini optimize edebilmek amacıyla bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Çalışmada kriterlerin ve alternatiflerin uzmanlar tarafından belirlenen karşılıklı bağımlılıkları üzerine proje ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla ANP yöntemi uygulanmış, sonrasında projelerin kalitatif ve kantitatif faktörler karşısındaki ağırlıkları belirlenmiştir. Bu iki yöntemden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanan rakamlar hedef programlama modelinin amaç fonksiyonunda katsayı olarak kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem dört kritere ve altı alternatife sahip bir yönetim bilgi sistemi seçimi problemi üzerinde uygulanmıştır [14].

Mahmoodzadeh, Shahrabi, Pariazar ve Zaeri, çalışmalarında proje seçimi problemini ele almışlardır. Yatırım alternatiflerini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan dört farklı kriter incelendikten sonra bunların AHP ağacında kriter olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kriterler net bugünkü değer, geri dönüş oranı, fayda maliyet analizi ve kendini karşılama zamanıdır. Çalışmada her bir kriterin ağırlık değerinin elde edilebilmesi için bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesiyle elde edilecek nihai sıralamanın hesaplanması için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem dört kriterli ve altı alternatifli bir problem üzerinde uygulanmıştır [15].

Dağdeviren ve Eren, tedarikçi seçimi problemi üzerinde çalışmışlardır. Literatürde bir çok farklı yöntemle çözülmeye çalışılmış olan tedarikçi seçimi problemini AHP yöntemi ile çözmeye çalışmışlardır. Yapılan uygulamada literatürde belirlenen kriterlerin en önemli elemanları olan kalite, performans, maliyet ve teknoloji kriterleri ele alınmıştır. Bu dört kriter temelinde dört alternatif değerlendirilmiştir. Çalışmada AHP yöntemi ile firma öncelikleri bulunmuş, sonrasında bulunan öncelikler kısıtlar arasına alınıp 0-1 hedef programlama modeli kurulmuştur. Kullanılan kısıtlar ise talep kısıtı, sipariş maliyeti kısıtı, kontrol saati kısıtı ve AHP yönteminden elde edilen öncelik puanlarının kısıtıdır.

Çalışmada dikkat edilmesi gereken noktaların hedefin ve kriterlerin uzman kişiler tarafından belirlenmesi ve tutarlı ikili karşılaştırma matrislerinin belirlenmesi olduğu belirtilmiştir [16].

Liao ve Kao, çalışmalarında tedarik zinciri yönetimindeki en önemli konulardan biri olduğunu belirttikleri tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada trapezoid bulanık sayıların kullanıldığı bulanık TOPSIS yöntemi ilk aşamada kullanılmıştır. Somut ve soyut kriterler birlikte ele alınmaya çalışılmış ve yapılan literatür araştırmaları sonrasında tedarikçi ile kurulan ilişkinin yakınlığı, ürünün kalitesi, teslimat imkanları, garanti seviyesi, ve tedarikçi ile birlikte çalışılan süre kriterleri üzerinde karar kılınmıştır. Dört farklı tedarikçi bu beş kriter temelinde değerlendirilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemiyle elde edilen yakınlık katsayıları çok amaçlı hedef programlama modelinde kısıt olarak kullanılmıştır. Bu modelde kullanılan kısıtlar ise elde edilen öncelik katsayıları kısıtı, bütçe kısıtı, teslimat zamanı kısıtı, talep kısıtı, tedarikçinin kapasitesi kısıtıdır. Yöntem kol saati üretimi ve satışı yapan bir şirket üzerinde uygulanmış ve yöntemin soyut ve somut kısıtları birlikte ele almadaki başarısı vurgulanmıştır [17].

Dodangeh, Yusuff ve Jassbi, çalışmalarında alışlagelenden farklı bir konuyu ele alarak Balanced Scorecard modeli için en uygun olan stratejik planın seçimi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada dört uzmanın görüşüne başvurularak dört adet kriter belirlenmiş ve 12 adet alternatif bu kriterler temelinde değerlendirmeye alınmıştır. Sonrasında TOPSIS yöntemi kullanılarak elde edilmiş olan öncelik değerleri 0-1 hedef programlama modelin kullanılmıştır. Zaman kısıtı ve bütçe kısıtı doğrusal programlama modelinde kullanılan kısıtlardan bazılarıdır. Çalışmada geliştirilmiş olan bu modelin stratejik plan seçiminde daha güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir [18].

Moradpour, Ebrahimnejad, Mehdizadeh ve Mohamadi, bir karayolu inşaatı projesinin risk sıralaması problemi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada kriterlerin bulanık bir yapısı olması durumunda kriterlere verilen sayısal değerlerin birbirlerine yakın olmasının alternatiflerin sıralanmasına olumsuz etkilediği belirtilmiş ve buna karşılık PROMETHEE II yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla ANP yöntemi kullanılmıştır. Sonrasında bu katsayılar kullanılarak bulanık PROMETHEE II yöntemi kullanılarak sıralama yapılmıştır. Bu işlemten sonra ise bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralama yapılmış ve bu iki yöntemden

elde edilen sonuçlar Spearman korelasyon katsayısı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bulanık 0-1 hedef programlama yöntemi sıralanan bu riskler arasından en önemli olan risklerin seçilmesi için kullanılmıştır. Sonrasında bulanık PROMETHEE II ve bulanık TOPSIS yöntemleri sırasıyla tekrar kullanılmış ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar tekrar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta hedef programlama ve PROMETHEE II ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sıralamaların birbiriyle benzer olduğu görülmüştür. Geliştirilen bu yöntem altı kriterli ve 26 alternatifli bir problem üzerinde uygulanmıştır [19].

Bertolini ve Bevilacqua, çalışmalarında bir petrol rafinerisindeki, hayati öneme sahip, santrifüj pompalarının bakım stratejisinin seçimi problemini ele almışlardır. Problemden pompalarda meydana gelebilecek her bir arızanın farklı miktarda zaman, işgücü gibi kaynaklar gerektirmesi sebebiyle her bir arıza için farklı modeller kurulmuştur. Çalışmada öncelikle AHP yöntemi kullanılmış ve her bir arıza tipi için mümkün olan bakım politikaları alternatifler olarak kabul edilmiş, ve bu alternatifler rafinerideki uzmanların yardımıyla belirlenmiş olan meydana gelme sıklığı, arızanın ciddiyeti, arızanın saptanabilirliği kriterleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Problemin ikinci aşamasında ise öncelikli 0-1 hedef programlama modeli kullanılmıştır. Öncelikli hedef programlama modelinde karşılanmaya çalışılan kısıtlar maliyet minimizasyonu, işgücü kullanımı minimizasyonu, AHP puanı maksimizasyonu ve bir alternatifin her bir kriterden aldığı puanların maksimizasyonudur. Programlamada bu sıralamaya göre ağırlıklandırma yapılmıştır. Geliştirilen bu yöntem on farklı arıza çeşidi ile uygulanmıştır. Önerilen model kaynak kullanımı ve arızaların etkilerinin azaltılması arasındaki en iyi ödünleşimi sağlamış, arıza bakım kavramına izin vermemiştir [20].

Li ve Guangwen, çalışmalarında nehir suyu kalitesi yönetimi problemini ele almışlardır. Yöntemde AHP modeli atık su arıtma maliyeti ve nehir suyunun kalitesi olmak üzere iki kriter üzerinde kurulmuştur. Bu iki kriter temelinde on farklı alternatif değerlendirmeye alınmış ve bu işlemde yöntemlerin ağırlık değerleri elde edilmiştir. Sonrasında kullanılan 0-1 hedef programlama modelinde ise amaçlar nehir yataklarının toplam su arıtma maliyetini ve kirleticilerin yoğunluğunu azaltmaktır. Geliştirilen bu yöntem Çin'deki bir nehir üzerinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda hedef programlama yönteminin AHP yöntemi ile birlikte kullanılmasının maliyet ve su kalitesi kriterleri arasındaki en iyi ödünleşime sahip sonucu verdiği ortaya çıkmıştır [21].

Yılmaz ve Dağdeviren, çalışmalarında ekipman seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada bulanık PROMETHEE ve 0-1 hedef programlama yöntemleri birlikte kullanılmıştır. 11 farklı alternatifin değerlendirilmesinde 4 adet kriter kullanılmıştır. Bu kriterler firmanın ekipmandan beklediklerinden hareketle sektörel kullanılabilirlik, çalışma uyumu, kullanım menzili ve ergonomik uygunluk olarak belirlenmiştir. Öncelikle bulanık PROMETHEE II yöntemiyle alternatiflerin kriterle bazındaki sıralaması elde edilmiştir. Sonrasında satın almada şirketin karşısına çıkan bütçe kısıtı, ağırlık kısıtı, hacim kısıtı gibi kısıtların sağlanabilmesi için 0-1 hedef programlama modeli kullanılmıştır. Ayrıca bulanık PROMETHEE II yönteminden elde edilen ağırlık değerleri de hedef programlama modelinde kısıt olarak kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem bir şirketin kaynak makinesi alımı probleminde kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sıralamanın yöntemin ilk aşamasında bulanık PROMETHEE II yönteminden elde edilen sıralamadan farklı olduğu belirtilmiş ve iki yöntemin birlikte kullanılmasının hedeflerden toplam sapmayı en aza indirdiği ve dilsel verilerin bulunduğu problemlerde bulanık değerlendirmenin daha uygun sonuçlar verdiği belirtilmiştir [22].

Mukherjee ve Bera, çalışmalarında yatırım projesi seçimi problemini ele almışlardır. Hindistan'ın en büyük kömür üreticisinin yeni yatırım seçimi probleminin çözümü için hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ekonomik hedefler, etkinlik hedefleri ve sosyal hedefler başlıkları altında 17 adet hedef belirlenmiş, bunların arasından problemde kullanılmak üzere, şirket yöneticilerinin de yardımıyla, sermaye yatırımı hedefi, üretim maliyeti hedefi, gelir hedefi, işgücü hedefi olmak üzere dört tanesi seçilmiştir. Bu hedeflerin ağırlıkları ise yine şirket yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. 8 farklı alternatif için model kurulmuş ve çözülmüştür. Sonuçta 8 projeden 5'i seçilmiştir. Fakat bu çözüm 3 adet hedefi karşılayamamıştır. Bu sebeple yönetime farklı alternatifler sunabilmek için, her biri 3 ila 5 adet projeyi içinde barındıran ve farklı hedefleri karşılayan, beş farklı yatırım planı oluşturulmuş ve yönetime sunulmuştur [23].

Barfod, çalışmasında şehirdeki bisiklet trafiğini düzenlemeye yönelik altyapı projelerinin seçimi problemini ele almıştır. Çalışmada proje alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılan inovasyon, güvenlik ve bisiklet şehri vizyonları bulunmaktadır. Bu vizyonlardan oluşan havuzlar, kriterlerden oluşan alt havuzlara ayrılmaktadır. Sonrasında proje alternatifleri birbirine yakın maliyetli olanlar aynı kümede olacak şekilde kümelere

ayrılmaktadır. Sonrasında, kısaca AHP yönteminin çok tekrarlı bir versiyonu olarak özetlenebilecek olan REMBRANDT yöntemi ile alt kümelerdeki alternatifler kriterler bazında puanlanmakta, bu adımdan sonra ise kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için tekrar matris işlemleri yapılmaktadır. Alt kümelerin kendi içlerindeki değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar kullanılarak her bir alt kümenin en iyi alternatifi seçilmekte, sonrasında bu alternatifler maliyet kriteri de hesaba katılarak birbiriyle karşılaştırılmaktadır. Problemden maliyet kriteri hariç 4 kriter ve 133 alternatif bulunmaktadır. Problemden kullanılan alt küme mantığının kullanılmaması durumunda 300 000 adet ikili karşılaştırma yapılması gerekecek iken bu mantık sayesinde bu sayı 600'e düşmüştür [24].

Mavrotas, Diakoulaki ve Kourentzis, çalışmalarında bir proje yelpazesi içinden seçim yapılması problemini ele almışlardır. Problemden 150 alternatif ve 4 kriter bulunmaktadır. Alternatifler kriterlerden aldığı puanların kriter ağırlıklarıyla çarpımına dayanan basit bir bağımlı fayda fonksiyonu ile sıralanmışlardır. Sonrasında kısıtların sağlanabilmesi amacıyla bir tamsayı programlama modeli kurulmuştur. Tamsayı programlama modelinde kullanılan bu kısıtlar ise bütçe kısıtı, projelerin en fazla %60'ının aynı merkez tarafından üretilmesi kısıtı, projelerin en az %33'ünün araştırma projesi olması kısıtıdır. Çalışmada alternatif sayısının çok fazla olduğu durumda önerilen modeldeki gibi bir sıralama yapmanın daha anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayacağı fakat yapılmış olan bu sıralamanın doğruluğunun ve bu sıralamanın nihai sonuç üzerindeki etkilerinin araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır [25].

Aragones-Beltran, Chaparro-Gonzalez, Pastor-Ferrando ve Rodriguez-Pozo, çalışmalarında güneş enerjisi ile elektrik üretimi yatırım projelerinin seçimi problemini ele almışlardır. Problemden birbirinden farklı kapasitelere sahip dört adet yatırım seçeneği birbiriyle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırılmada kullanılmak üzere enerji üzerine çalışan önemli bir İspanyol firmasının yetkililerinden bir çok ana başlık altında 50 adet kriter sağlanmıştır. Çalışmada öncelikle geleneksel AHP yöntemi kullanılmış, sonrasında ise ANP yöntemi kullanılmış ve nihayetinde elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre tek bir hiyerarşi üzerine kurulmuş olan AHP modeli gerçek hayat problemlerine dair bütün bilgileri yönetebilmekte ve yazarlar tarafından tavsiye edilmektedir. Çalışmada ANP yönteminin karar vericilerinin sezgilerine yakın sonuçlar

ürettiğine ve bu sebeple karar vericilerden bilgi alabilmek için çok dikkatli hazırlıklar yapılması gerektiğine değinilmektedir [26].

San Cristobal, çalışmasında hangi yenilenebilir enerji projesinin uygulanması gerektiğini tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmada İspanya hükümetinin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırma amacına uygun olarak, rüzgar, hidro elektrik, solar termo-elektrik, biyokütle ve biyoyakıt kaynaklarıyla enerji üretimi seçenekleri birbiriyle karşılaştırılmıştır. Burada bu yöntemlerin değil bu yöntemleri kullanan farklı proje seçeneklerinin karşılaştırıldığına dikkat edilmelidir. Çalışmada kullanılan kriterler üretilen güç miktarı, yatırım oranı, uygulama zamanı, işletme süresi, kullanım ömrü, işletme ve bakım maliyeti ve tasarruf edilen karbondioksit miktarı olarak belirlenmiştir. Bu kriterler temelinde 13 farklı alternatif karşılaştırılmıştır. Çalışmada kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Sonrasında geleneksel tek kriterli karar verme yöntemlerinin birbiriyle çakışan karmaşık kriterlerle baş edemeyeceği belirtilmiş ve bu sebeple alternatiflerin nihai sıralaması için VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda biyokütle ile enerji üretimi yapan bir seçenek birinci çıkmış, onu rüzgar ve solar termo-elektrik ile üretim yapan diğer yatırım alternatifleri takip etmiştir [27].

Schniederjans ve Wilson, çalışmalarında bilgi sistemleri projesi seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada AHP ve doğrusal programlama yöntemleri birlikte kullanılmıştır. AHP yöntemi kriterlerin birbirleri arasındaki görece önemlerinin ve alternatiflerin kriterler temelinde aldıkları puanların hesaplanmasında kullanılırken doğrusal programlama yöntemi ise bir takım kısıtların karşılanmasında kullanılmış ve AHP yönteminden elde edilmiş olan ağırlık değerleri doğrusal programlama modelinde kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem Muralidhar, Santhanam ve Schniederjans'ın çalışmasında [29] ele alınan problem üzerinde kullanılmıştır. Bu problemde 4 kriter temelinde 6 alternatif karşılaştırılmaktadır. Kullanılan kriterler yazı işlerinde artan kesinlik, bilgi işleme etkinliği, organizasyonel öğrenme ve uygulama maliyetidir. Çalışma sonucunda geliştirilen yöntemin probleme kısıtlar eklenebilmesini sağladığından dolayı daha gerçekçi sonuçlar verdiği belirtilmiştir [28].

Schutte ve Brits, çalışmalarında bisiklet ulaşımı ile ilgili altyapı projelerinin seçimi problemini ele almışlardır. Yazarlar, fayda/maliyet analizi yönteminin projelerin ekonomik etkilerini de dikkate almak için yeterli olmayacağını düşünmüş ve ekonomik etkinlik,

projenin gerektirdiği özsermaye miktarı, sürdürülebilirlik, çevreyle uyum kriterleri de kullanmaya fırsat veren bir çok kriterli analiz yöntemi kullanmışlardır. Yöntemde kriterlerin görelî önemleri belirlenmekte, alternatifler kriterler bazında puanlanmakta, alternatiflerin her kriterden aldığı puanlar toplanmakta ve sonuçlar üzerinde duyarlılık analizi uygulanmaktadır. Çalışmanın çok kriterli karar verme ortamında ulaştırma altyapılarının değerlendirilmesi için bir yöntem sunduğu belirtilmekte fakat bu yöntemin bilgisayar yazılımları olmadan uygulanmasının mümkün olmadığı eklenmektedir [30].

Opricovic ve Tzeng 2004 yılında yapmış oldukları çalışmalarında VIKOR ismiyle anılan yöntemi literatüre kazandırmışlardır. Çalışmada öncelikle yöntemin temelleri ve işleyişı anlatılmıştır. Çalışmada daha sonra TOPSIS yöntemi anlatılmış ve bu iki yöntem; toplama fonksiyonları, normalizasyon etkisi ve yöntemlerin temelleri konularında karşılaştırılmıştır. İki yöntem sayısal bir örnek üzerinde karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yöntemlerin; alternatif seçiminde kullanılan alternatif ile ideal çözüm arasındaki uzaklığı hesaplama konusunda farklı fonksiyonlar kullandığı ifade edilmiştir [31].

Özden, Başar ve Kalkan, İMKB’de işlem gören çimento sektöründeki şirketlerin finansal performanslarının sıralamışlardır. Hisseleri İMKB’de halka açık şekilde işlem gören ve verileri elde edilebilen şirketler çalışmada kullanılmıştır. Faaliyet maliyet oranı, borçlanma oranı, özsermaye karlılığı, stok devir süresi gibi sekiz farklı kriter karşısında puanlanan 16 farklı alternatif VIKOR yöntemi kullanılarak sıralanmıştır [32].

Göktürk ve diğerleri, çalışmalarında makine imalatçısı bir işletmenin tedarikçi değerlendirme ve seçim sürecini ele almışlardır. Çalışmada 14 tedarikçi ve teslim, kalite, hizmet ve fiyat olmak üzere 4 kriter kullanılmıştır. Ana kriterlerin 11 alt kritere ayrıldığı problemde kriterlerin ağırlıklandırılmasında kriterlerin karşılıklı etkileşim içermesinden dolayı ANP yöntemi kullanılmıştır. ANP yöntemi sonrasında ise VIKOR yöntemi nihai sıralamayı elde etmek amacıyla kullanılmıştır [33].

Opricovic ve Tzeng, çalışmalarında eski Yugoslavya sınırları içerisinde yer alan Drina Nehri üzerinde hangi noktaya hidroelektrik santrali kurulması gerektiği sorusuna cevap aramışlardır. Çalışmada ele alınan konu bu olsa da çalışmanın esas odak noktası VIKOR yönteminin TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE gibi önde gelen çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırılması olmuştur. TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE

yöntemlerinden her biri öncelikle teorik olarak VIKOR yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Sonrasında yukarıda bahsedilen santral problemi üzerinde dört yöntem de uygulanmış, bu sefer aynı karşılaştırma yöntemlerin sayısal örnekte elde ettiği sonuçlarla yapılmıştır. Çalışma sonucunda hangi yöntemin uygulanacağına karar vermek için problem sınıflarının yöntemlerle eşleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca araştırmacıların gerçek hayat problemlerinin çözümünde hangi yöntemin seçileceğine dair bir rehber hazırlaması gerektiği belirtilmiştir [34].

Ertuğrul ve Karakaşoğlu, çalışmalarında hizmet sektöründe önemli bir paya sahip olan ticari bankaların şube performanslarını değerlendirmişlerdir. 10 kriterin ve 18 alternatifin kullanıldığı problemde VIKOR yöntemi ile çözüme gidilmiştir. Yöntemde kullanılan kriter ağırlıkları bankanın mevcut şube performansı değerlendirme sisteminde kullandığı ağırlıklardır. Fakat kriter ağırlıklarının daha önceden belirlenmemiş olması durumunda bu ağırlıkların AHP yöntemi ile belirlenebileceği eklenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçların bankanın değerlendirme için kullandığı sistemin sonuçlarına benzer sonuçlar verdiği görülmüş, böylece banka şubelerinin performansını değerlendirerek şubeler arasında sıralama elde etmek konusunda VIKOR yönteminin uygulanabilirliği kanıtlanmıştır [35].

Mohaghar, Fathi, Sasani ve Khanmohammadi, çalışmalarında İran'da araba lastiği üreten bir firmanın pazarlama stratejisi seçimini ele almışlardır. Problemdeki beş farklı kriterin ağırlıklarının belirlenmesi için doğrusal hedef programlama yöntemi kullanılmıştır. 3 alternatifin bu kriterlere göre sıralanmasında ise Bulanık VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Bulanık VIKOR yöntemi içerisinde doğrusal hedef programlamadan elde edilen kriter ağırlıklarının kullanılmasının uygulamayı daha gerçekçi ve güvenilir kıldığı sonucuna varılmıştır [36].

Opricovic, çalışmasında Sırbistan'daki Mlava su kaynağı üzerindeki potansiyel santral alanları arasından seçim yapmıştır. 6 alternatifin ve yatırım maliyeti, su kapasitesi, sosyal etki ve alternatifin su kaynağı yakınlarındaki bir manastıra olan etkisi olmak üzere 4 kriterin kullanıldığı çalışmada yazar önceki çalışmalarının aksine VIKOR yöntemini bulanık mantık ile birlikte kullanmıştır. Yazarın, Bulanık VIKOR metodunun uygulamasını ve yöntemin gerçek hayat problemleri üzerindeki operasyonel geçerliliğini göstermek amacı güttüğü çalışmada; yazarın 2007 yılında yapmış olduğu [34] çalışmada

dile getirilen “araştırmacıların gerçek hayat problemlerinin çözümünde hangi yöntemin seçileceğine dair bir rehber hazırlaması gerektiği” fikri tekrar edilmiştir [37].

Bondor, Kacso, Lenghel, Istrate ve Mureşan, çalışmalarında diyabetik nefropati risk faktörlerinin analizini yapmışlardır. Çalışma kapsamında 53 tip 2 diyabet hastasının verileri analiz edilmiş ve bu verilerden 18 adet potansiyel risk faktörü ve 4 adet değerlendirme kriteri çıkarılmıştır. VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar, benzer risk faktörlerini sıralamak için TOPSIS yöntemini kullanmış olan bir başka çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılmış, VIKOR yönteminin TOPSIS yöntemi kadar popüler olmamasının yöntemin çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde iyi bir yöntem olmadığı anlamına gelmediği belirtilmiştir [38].

Görener, çalışmasında imalat sektöründeki orta ölçekli bir firmanın ERP yazılımı seçimi problemini ele almıştır. 10 kriterden ve 4 alternatiften oluşan problemde kriterlerin ağırlıkları ANP yöntemi ile elde edilmiştir. Alternatiflerin çok kriterli değerlendirilmesi sürecinde ise uzlaşık sıralama prensibini esas alan bir sıralama ve karar verme metodu olan VIKOR yöntemi kullanılmıştır [39].

Tzeng, Lin ve Opricovic, çalışmalarında Tayvan’da hizmet verecek şehir için yolcu otobüslerinin seçimi problemini ele almışlardır. Değişik yakıt türlerine sahip 12 farklı alternatifin bulunduğu problemde 11 kriter bulunmaktadır. Problem TOPSIS ve VIKOR olmak üzere iki farklı yöntemle çözülmüş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada problemin üzerinde durulduğu kadar VIKOR ve TOPSIS yöntemleri arasındaki teorik farklılıklar üzerinde de durulmuştur. Yapılan sıralamalar neticesinde VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sıralamalar birbirinden tamamen farklı çıkmıştır. VIKOR yönteminden elde edilen sıralamada ilk dört alternatifin ağırlık değerler birbirine çok yakın olduğu için problemin dört adet uzlaşık çözümü bulunmaktadır [40].

Kaya ve Kahraman, çalışmalarında iki ana problem üzerinde durmuşlardır. Problemlerden ilki İstanbul şehri için en iyi yenilenebilir enerji alternatifini tespit etmek, ikinci ise yenilenebilir enerji üretimi için en uygun yeri seçmektir. Çalışmada, karar vericilerin kriterler için kesin değerler vermesinin zorluğu ifade edilmiş ve bu belirsizliği gidermek için bulanık AHP yöntemi kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kullanılmıştır. Yöntem sonucunda elde edilen ağırlık değerleri VIKOR yönteminde kullanılmış ve bu

yöntemin yaptığı sıralama sayesinde en iyi alternatifler belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre rüzgar enerjisi İstanbul için en uygun yenilenebilir enerji çeşididir. Çatalca bölgesi ise rüzgar enerjisinin uygulanması için en uygun bölgedir [41].

Kaya ve Kahraman, bu çalışmalarını da İstanbul şehri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ele alınan problem İstanbul şehrinde ağaçlandırmaya en uygun bölgenin seçilmesi problemidir. Bulanık çok kriterli karar vermenin kalitatif ve kantitatif verileri birlikte kullanabilme yeteneği sebebiyle çalışmada bütünleşik bulanık VIKOR-AHP yöntemi kullanılmıştır. Bulanık AHP yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında; bulanık VIKOR yöntemi ise nihai sıralamanın yapılması aşamasında kullanılmıştır [42].

Literatürde çok kriterli karar verme yöntemleri ile doğrusal programlama yöntemlerinin birlikte kullanımının; bilgi sistemleri projesi seçimi, inşaat projesi seçimi, kömür endüstrisi için proje seçimi, ar-ge projesi seçimi, petrol sahası projesi seçimi, enerji projesi seçimi, trafik projesi seçimi gibi çok geniş bir yelpazede proje seçimi problemlerine uygulandığı görülmektedir. Literatürde, yapılacağı halihazırda belli olan bir dizi altyapı projesinin sıralanması problemine rastlanmıştır olsa da; yapılan araştırmalarda altyapı projelerinin seçimi problemine, daha özeldir ise hastane projelerinin seçimi problemine ilişkin bir boşluk bulunduğu görülmüştür.

Literatürde tespit edilen bu boşluk ve bundan daha önemlisi problemin gerçek hayatta çözümüne ihtiyaç duyulan bir problem olması nedeniyle bir altyapı bileşeni olan hastane projeleri seçimi probleminin ele alınmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMİ

Karar vermenin en çok bilinen dallarından biri olan çok kriterli karar verme, bir dizi karar kriterinin varlığı altında karar verme problemi olarak tanımlanabilir [43]. Çok kriterli karar verme, çok amaçlı karar verme ve çok nitelikli karar verme olarak ikiye ayrılabilir [44]. Çok amaçlı karar verme problemleri karar uzayının sürekli olduğu yani sonsuz sayıda çözümün bulunduğu problemlerdir. Buna örnek olarak çok amaçlı fonksiyona sahip bir matematiksel programlama problemi verilebilir. Diğer yandan çok nitelikli karar verme problemlerinde ise karar uzayı kesiklidir yani alternatif çözümlerin sayısı sınırlıdır. Bu problemlerde karar alternatifleri kümesi önceden tanımlanmıştır [43]. Bu noktada, bir problemin bir çok kriterli karar verme problemi olarak düşünülebilmesi için, problemin birden fazla birbiriyle çelişen kriteri ve en az iki alternatif çözümü olması gerektiği unutulmamalıdır [45].

Çok kriterli karar verme problemi bir karar matrisi kullanılarak açıklanabilir. Problemden m adet alternatif ve n adet nitelik bulunması durumunda, $m \times n$ boyutunda bir matris oluşacaktır. Bu durumda matristeki her bir Y_{ij} elementi i . alternatife, j . niteliğe göre değerini temsil etmektedir [46].

Çok kriterli karar verme problemleri sürekli olarak biliniyor ve kullanılıyor olsa da bir disiplin olarak ele alınması fazla eskiye dayanmamaktadır. Çok kriterli karar verme disiplininin gelişimi bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile yakından alakalıdır. Bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişim karmaşık çok kriterli karar verme problemlerinin sistematik analizine imkan sağlarken, bilgi teknolojilerinin ve bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması büyük bir bilgi birikimine sebep olmuş, bu sayede çok kriterli karar vermenin destek sistemi olarak kullanımı artmıştır [46].

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Probleminin Bileşenleri

Bir çok kriterli karar verme problemi, karar probleminin doğasına bağlı olarak çeşitli bileşenlerden oluşabilir. Bu bileşenler dört ana grupta toplanabilir [47].

3.1.1. Karar değişkenleri ve alternatifler

Bir karar, karar vericinin alternatif adı verilen farklı mümkün durumlardan birini seçmesidir. Bir alternatifi $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ şeklinde, sayılardan oluşan bir vektör olarak tanımlarsak bu vektördeki her bir bileşen karar değişkeni olarak adlandırılır. Örneğin bir ev satın alma durumunda gazetedeki her bir satılık ev ilanı bir alternatiftir. Finansal yatırımı planlama konusunda farklı fırsatlar bulunabilir, bu durumda her bir yatırım fırsatında harcanması gereken para karar değişkeni olur[47]. Problemlerde genellikle alternatifler kümesinin sınırlı olduğu varsayılır, alternatif sayıları birkaç adetten yüzlerce kadar çıkabilir. Bu alternatiflerin görüntülenmesi, önceliklendirilmesi ve sonunda sıralanması gerekmektedir [43].

3.1.2. Kriterler

Kriterler, alternatiflerin değerlendirmeye tabi tutulduğu farklı boyutları ifade etmektedir. Kriter sayısının çok büyük olduğu durumlarda, bazı kriterler ana kriter, bazıları ise alt kriter olarak seçilerek hiyerarşik bir yapı kurulabilir. Kriterler alternatiflerin farklı boyutlarını temsil ettiklerinden dolayı birbirleriyle çakışabilirler. Örneğin maliyet kriteri gelir kriteri ile çakışabilir [43].

Gerçek bir karar durumunda kriterler kümesini tanımlamak çok önemli bir görev olabilir. Tanımlanacak kümenin aşağıdaki özellikleri sağlaması gereklidir [47].

- Eksiksizlik: Kriterlerin, karar verici tarafından değerlendirilmesi gereken bütün özellikleri kapsamaması gerekmektedir. Eksiksizlik sağlanabilmesi için karar vericinin benzer çıktılarına sahip alternatifler karşısında tarafsız olabilmesi gereklidir.
- Karşılıklı Eşsizlik: Özelliklerin mükerrer sayımını engellemek için her bir kriter bir başka kriter tarafından ölçülmeyen bir özelliği ölçmelidir.
- Güvenilirlik: Her kriter ölçmeyi amaçladığı özelliği kesin bir şekilde ölçebilmelidir.
- Uygun Duyarlılık: Her kriter ölçmeyi amaçladığı özelliği gerekli olduğu ölçüde duyarlılıkla ölçmelidir.
- Bağımsızlık: Literatürde değişik bağımsızlık türleri bulunmaktadır. Esas bağımsızlık türü ise zayıf tercih bağımsızlığı olarak bilinmektedir. Eğer bir kriterin

değerlendirilmesi diğer bütün kriterlerin değerlerinden bağımsız ise o kriter diğer kriterlerden zayıf tercih bağımsızdır denir.

- Artıksızlık: Ekonomik sebeplerden dolayı kriterler kümesi olabildiğince küçük olmalıdır. Eğer bir kriter, bir alternatif çiftini karşılaştırmaya etki etmiyorsa o kriter gereksizdir.

Kriter seçimi konusundaki önemli bir nokta da kriterlerin, karar vericinin tercihlerini ne şekilde ölçtüğüdür. Kriterler için kullanılan ölçekler ordinal ve cardinal olarak ikiye ayrılabilir. Ordinal ölçek sıralama için kullanılmaktadır. Örneğin ne kadar yoruldu sorusuna 5 cevabını veren kişi 1 cevabını veren kişiden daha yorgundur fakat bu, onun diğerinden 5 kat daha yorgun olduğu anlamına gelmez. Bu ölçek bir sıralama belirtmesine rağmen alternatifler arasında göreceli bir karşılaştırma yapma imkanı vermez. Cardinal ölçek ise interval (aralık) ve ratio (oran) ölçekleri olarak ikiye ayrılabilir. Cardinal ölçekler iki alternatif arasındaki farkı ölçer iken bu farklılığın derecesini de sayısal olarak verir, yani alternatifler arasında karşılaştırma yapma imkanı da sağlar.

3.1.3. Tercihler

Çok kriterli karar verme probleminde karar verici, direk olarak alternatiflere bakarak değil, alternatiflerin çıktılarına bakarak karar verir. Bu sebeple çıktı uzayında karar vericinin tercihleri tanımlanmıştır. Örneğin ev satın alma durumu ele alınırsa, karar vericinin tercihi evlere değil, evin fiyatı, bulunduğu mevki gibi faktörlere bağlı olarak değişecektir. Tercih ilişkileriyle yapılan önemli varsayımlardan biri tercih ilişkilerinin bütünlüğüdür. Bu bütünlük, uygun çıktılar kümesinde tam bir düzen ilişkisi bulunması anlamına gelmektedir. Bu düzen ilişkisi karar vericinin herhangi bir çift çıktı arasında mantıklı bir karar verebilmesi olarak açıklanabilir[47].

3.1.4. Kararlar

Bir karar verme probleminin farklı türlerine rastlanabilir, fakat en sık rastlanan üç çeşidi seçim, kümeleme ve sıralama problemleridir.

Seçim problemi en sık karşılan çok kriterli karar verme problemlerinden biridir. Bu problem, uygun çözüm kümesi elemanları arasından en iyi çözümlerin seçilmesi olarak tanımlanabilir. Ev satın alma problemi bu türe örnek olarak gösterilebilir [47].

Kümeleme problemi uygun çözüm kümesinin bir dizi alt kümelere ayrılması olarak tanımlanabilir. Bu problemler genellikle daha karmaşık bir karar verme sürecinin bir alt bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır. Bu probleme örnek olarak bir bankanın kredi vermeyi düşündüğü müşterilerini notlarına göre kümelemesi gösterilebilir [47].

Sıralama problemi alternatiflerin sıralanmasını amaçlayan bir problemdir. Bu problem türü de daha karmaşık bir karar verme sürecinin bir parçası olabilir. Buna örnek olarak boşalan bir pozisyona başvuran adayların sıralanması gösterilebilir [47].

4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş olan [48] ve en çok bilinen ve en çok kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHP yöntemi matematiksel özellikleri ve yöntemde kullanılacak verilerin elde edilmesinin göreceli olarak kolay olmasından dolayı birçok araştırmacı tarafından tercih edilen bir yöntem olmuştur [3].

AHP yöntemi, tutarlı matrislerin matematiksel yapısı ve öz vektörün doğru ağırlıklar üretebilmesi yeteneği üzerine kurulmuştur [49]. Yöntem amaçların, kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin oluşturduğu çok seviyeli hiyerarşik bir yapı kullanmaktadır. Bu yapıda ikili karşılaştırmalar sayesinde her bir karar kriterinin önem ağırlığı elde edilmekte ve her bir alternatifin her bir kriter karşısındaki performansı değerlendirilmektedir. Yapılan karşılaştırmalar mükemmellik derecesinde tutarlı olmasa da tutarlılığın geliştirilebilmesine yardımcı olmaktadır [3]. Bu karşılaştırmalarda, geçerlilikleri karar problemi deneyleri tarafından ispatlanmış, belirli sayılardan oluşan bir ölçek kullanılmaktadır [50]. Bu temel ölçek kalitatif ve kantitatif nitelikler karşısındaki tercihleri en az diğer ölçekler kadar iyi göstermektedir[51]. Bu ölçek vasıtasıyla, bağımsız tercihler, her bir alternatif için lineer bağımlı bir ağırlık değeri oluşturabilecek oran ölçeğindeki ağırlık değerlerine dönüştürülebilmektedir. Elde edilen bu ağırlık değerleri alternatiflerin sıralanmasında kullanılmakta ve böylece karar vericinin karar verebilmesine yardımcı olmaktadır [50].

4.1. AHP'nin Kullanım Alanları

AHP yönteminin gücü ve kullanım kolaylığı yöntemin dünya çapında yaygın şekilde kullanılmasına sebep olmuştur [50]. Yöntemin kullanımının yaygınlaşması, uygulama alanlarının da çoğalmasına neden olmuştur. Örneğin Saaty'nin kitabında verdiği örnekler oğlu için uygun olacak okulun seçiminden Sudan'daki ulaştırma sistemlerinin planlanmasına kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır [51].

Problemin uygulamaları arasında bütünleşik üretim [52], yatırım kararlarının değerlendirilmesi [53], esnek üretim sistemleri [54], yerleşim tasarımı [55], bilgi akışı tasarımı[56] gibi mühendislik problemlerinin yanı sıra şirketlerin mali başarısızlıklarının

tahmini[57], akademik dergi kalitesinin belirlenmesi [58], satın alınacak otomobilin belirlenmesi[59] ve bunlara benzer birçok farklı alandan birçok uygulama gösterilebilir.

AHP yönteminin uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş olan Expert Choice, Super Decisions gibi programların yanı sıra karar verme aşamalarında AHP modelini kullanan birçok danışmanlık firması da yöntemin yaygınlığının bir göstergesidir. Amerikan Test ve Materyal Topluluğu (American Society for Testing and Materials) binalarla ve bina sistemleriyle ilgili çok nitelikli karar verme durumlarında AHP'yi standart bir uygulama olarak kabul etmiştir. Ayrıca AHP yöntemi, yöntemin teorik dayanaklarını dikkatlice incelemiş sayısız üniversitede ve kuruluştta, örneğin CIA gibi, kullanılmaktadır [50].

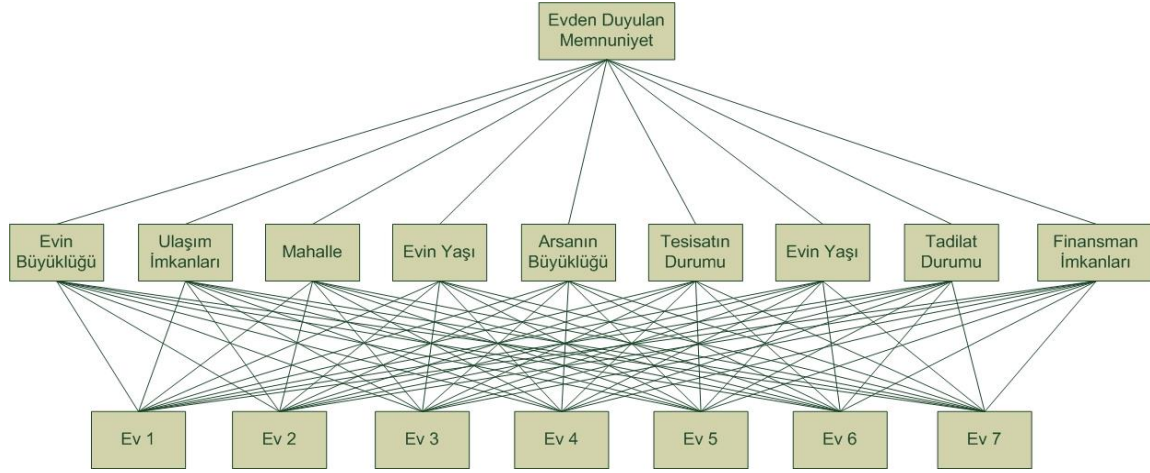
4.2. AHP ile Karar Verme Süreci

AHP yönteminde öncelikle alternatiflerden, kriterlerden ve hedeften oluşan bir hiyerarşi oluşturulur ve bu hiyerarşiden faydalanılarak alternatifler kriterlere göre değerlendirilir. Bu süreç hiyerarşiyi yapılandırmak, önceliklendirme prosedürü, birleştirme ve tutarlılık analizi olarak dört adıma ayrılabilir[60].

4.2.1. Hiyerarşiyi yapılandırmak

AHP yönteminde karar problemi, amaç en üstte, kriterler onun altında ve alternatifler en altta olacak şekilde yapılandırılır [61]. Kriterler öznel veya nesnel olabilir. Ayrıca kriterlerin önemleri veya öncelikleri hiyerarşide kendisinden aşağıda bulunan alternatiflerden bağımsızdır. Alternatiflerin sayısı tutarlılıkla ilgili problemler çıkmaması açısından kabul edilebilir derecede az olmalıdır [60]. Aynı anda birbiriyle karşılaştırılması gereken alternatiflerin sayısı yediyi geçmemelidir [51]. Hiyerarşi yapılandırılırken problem mümkün olduğunca ayrıntılı bir şekilde anlatılmalıdır fakat bu durum elemanlardaki bir değişime karşı duyarsızlık yaratmamalıdır [62]. Amaçları, kriterleri ve alternatifleri bir hiyerarşi oluşturacak şekilde düzenlemenin bazı faydaları vardır. Bu hiyerarşi problemin doğasında bulunan karmaşık ilişkilere genel bir şekilde bakılabilmesini sağlar. Ayrıca bu hiyerarşi sayesinde daha önemli ve daha önemsiz kriterlerin farklı etkileri gözlemlenebilir. Son olarak hiyerarşinin bir faydası da karar vericinin, sonuç üzerinde benzer büyüklüğe

sahip konuları karşılaştırıp karşılaştırmadığını görebilmesidir [60]. Bir ev satın alma problemi için hazırlanmış olan hiyerarşi örneği Şekil 4.1.'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Hiyerarşi örneği [62]

Şekil 4.1.'de gösterilen hiyerarşinin en tepesinde problemin amacı yer almaktadır. Bu örnekte amaç evden memnuniyet duyulmasını sağlamaktadır. Hiyerarşide amacın altındaki satırda kriterler, kriterlerin altında ise alternatifler yer almaktadır. Bu örnekte alternatifler ev seçenekleri, kriterler ise evden duyulan memnuniyeti etkileyebilecek çeşitli faktörlerdir.

4.2.2. Önceliklendirme prosedürü

Önceliklendirme prosedüründe, her bir kriter temelinde alternatiflerin karşılaştırılması ve kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması için ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur [16]. Bu karar matrislerinin oluşturulmasında Saaty tarafından oluşturulmuş olan ölçek kullanılır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Önem ölçeği

Sayısal Değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde
3	1. öge 2. öğeye göre biraz daha (orta derecede) önemli
5	1. öge 2. öğeye göre fazla (kuvvetli derecede) önemli
7	1. öge 2. öğeye göre çok fazla (çok kuvvetli derecede) önemli
9	1. öge 2. öğeye göre kesin (aşırı derecede) önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Önem ölçeğinde yer almayan 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir, örneğin karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilir [16]. Bu ölçek sayesinde bir kriter temelinde, bir alternatifin diğerinden ne kadar iyi olduğu sayılarla ifade edilebilir. Bu karşılaştırmadan elde edilen değerler ise oran şeklindedir. Yöntemde kullanılan bu ölçek karar vericinin bilgisini ve tecrübelerini sezgisel ve doğal bir biçimde birleştirebilmesini sağlar. Ölçek karar vericinin tercihlerindeki küçük değişikliklere duyarsız olması dolayısıyla değerlendirmelerdeki belirsizliklerin etkilerini azaltmaktadır [60].

AHP gibi hiyerarşik olarak yapılandırılmış bir metodolojide öncelikler için oran ölçeği kullanılmalıdır. Hiyerarşinin herhangi bir seviyesindeki elemanın ağırlığının, o elemanın ağırlık değerleriyle o seviyedeki bütün elemanların ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmesinden dolayı bu bir gerekliliktir. Aralık ölçeğindeki iki elemanla bu işlemin yapılması mantıksız olacağından çarpma işlemi için oran ölçeğinin kullanılması gereklidir [50].

Önem ölçeği kullanılarak oluşturulan bir ikili karşılaştırma matrisi örneği Çizelge 4.2.'de görülmektedir.

Çizelge 4.2. İçeceklerin tüketimi [61]

Amerika'daki İçecek Tüketimleri	Kahve	Şarap	Çay	Bira	Soda	Süt	Su
Kahve	1	9	5	2	1	1	1/2
Şarap	1/9	1	1/3	1/9	1/9	1/9	1/9
Çay	1/5	2	1	1/3	1/4	1/3	1/9
Bira	1/2	9	3	1	1/2	1	1/3
Soda	1	9	4	2	1	2	1/2
Süt	1	9	3	1	1/2	1	1/3
Su	2	9	9	3	2	3	1

Tabloya bakılacak olursa örneğin kahve ile şarap arasındaki karşılaştırmanın sonucunun 9 olduğu görülecektir. Bu rakam kahve tüketiminin şarap tüketiminden aşırı derecede daha fazla olduğu anlamına gelmektedir fakat buradan kahve tüketiminin şarap tüketiminin tam olarak 9 katı olduğu anlamı çıkarılmamalıdır. Örneğin soda ile kahve arasındaki karşılaştırmanın sonucuna bakılırsa sonucun 1 olduğu görülecektir. Buradan soda ile kahve tüketimlerinin birbiriyle aynı olduğu anlamı çıkarılabilir.

4.2.3. Birleştirme

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra sıra elemanların göreceli ağırlıklarının tespit edilmesine gelmektedir. Alternatiflerin kriterler bazında göreceli ağırlığı karşılaştırma matrisinden elde edilen özvektör (eigenvector) yardımıyla hesaplanır. Alternatiflerin toplam ağırlığı ise hiyerarşi boyunca elde edilen bütün değerlerin toplanmasıyla elde edilir. Bu işlemde elde edilen normalize edilmiş vektör alternatiflerin toplam ağırlığını vermektedir [60].

Bir ikili karşılaştırma matrisinin $n \times n$ boyutunda olduğu düşünülürse, bu matrisin $n \times 1$ boyutundaki öz vektörünün hesaplanmasının matematiksel gösterimi aşağıdaki formüller ile hesaplanır [63] (Eş. 4.1.-4.4).

$$i : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.1)$$

$$j : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.2)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.3)$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (4.4)$$

Burada a_{ij} değeri, herhangi bir kriter temelindeki karşılaştırma matrisinde yer alan, i . alternatifin j . alternatife göre göreceli önemidir.

Yukarıdaki hesaplamalar hiyerarşik yapının tamamı için uygulanarak hiyerarşik yapıdaki n adet kriterin her birinin meydana getirdiği $m \times 1$ boyutundaki üstünlük sütun vektörleri bir araya getirilerek $m \times n$ boyutundaki DW karar matrisi oluşturulur. Elde edilen matrisin kriterler arası W üstünlük vektörü ile çarpımı sonucunda R sonuç vektörüne ulaşılır. Hesaplamalar aşağıdaki gibi ifade edilebilir [63] (Eş. 4.5.-4.8).

$$i : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.5)$$

$$j : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.6)$$

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (4.7)$$

$$R = (DW) \times (W) \quad (4.8)$$

AHP'nin iki çeşit birleştirme modu vardır. Bunlar dağıtıcı mod ve ideal moddur. Dağıtıcı modda bir alternatifin bütün kriterlerden elde ettiği skorlar normalize edilerek tek bir değer elde edilir. Yalnız bu modda diğer alternatiflerin performanslarına bağımlılık söz konusudur. İdeal modda ise bir alternatifin bir kriterden aldığı skor o kriterden herhangi bir alternatifin aldığı en iyi skor ile çarpılır. Bu sayede sonuca etki etmeyecek derecede önemsiz alternatifler probleme eklendiğinde veya problemde çıkarıldığında sıralamanın bozulmaması sağlanır [60]. Her bir kriter için, hangi alternatifin diğer alternatiflerden daha iyi performans gösterdiğinin tespit edilmesi gerektiği durumlarda ideal dağıtıcı modun, alternatiflerin önceden belirlenmiş bir eşik değer karşısında nasıl performans göstereceğinin belirlenmesi gerektiği durumlarda ise ideal modun kullanılması daha uygundur [64]. Fakat bu iki yöntem kullanılarak yapılan deneylerin sadece %8'inde farklı sonuçlar elde edildiği de bir gerçektir [65].

4.2.4. Tutarlılık analizi

AHP yöntemi karar vericilere tutarlılığı kontrol edebilmek için kullanışlı bir yöntem sunmaktadır. Bu yöntem kullanılarak, problemdeki her ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Bu oranın 0,10'dan küçük olması durumunda matris tutarlıdır denilebilir. CR değerine ulaşmak için öncelikle tutarlılığı hesaplanacak olan matrisin, örneğin A matrisi, en büyük öz değeri olan λ_{\max} değerinin hesaplanması gerekir. Bu işlem aşağıdaki formüller ile yapılır [63] (Eş. 4.9.-4.12).

$$i : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.9)$$

$$j : 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.10)$$

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (4.11)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (4.12)$$

Tutarlılık oranının hesaplanmasında kullanılan bir başka değer ise rassallık indeksidir. Sabit sayılardan oluşan n değerine göre belirlenen RI değerleri ve bu doğrultuda tutarlılık oranının (CR) hesaplanması aşağıdaki gibidir [63] (Çizelge 4.3. ve Eş. 4.13).

Çizelge 4.3. Küçük problemler için rassallık indeksi verileri [51]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1).RI} \quad (4.13)$$

Tutarlılık, karar vericinin problemin bileşenleri arasındaki ilişkinin anlaşılıp anlaşılmadığının ve bunun probleme yansıtılıp yansıtılmadığının bir ölçüsüdür. Fakat gerçek hayat problemlerinde mükemmel tutarlılığa ulaşılması zordur [60]. 0,1 oranındaki tutarsızlık kabul edilebilir iken rakamın bu değerden büyük olması durumunda tutarlı bir sonuç elde edilemeyecektir [66]. Bu durumda yapılan çıkarımlar güvenilir olacak ve hesaplamaların tekrar edilmesi gerekecektir.

4.3. AHP Yönteminin Avantajları

Karmaşık yapısı ve karmaşık karar problemlerini çözmeye uygunluğu AHP'yi çok sayıda araştırmaya konu yapmıştır. 1988 yılından beri çok sayıda uluslararası sempozyumda AHP metodolojisindeki gelişmeler vurgulanmış, AHP uygulamaları ele alınmış, yöntemin araştırmacılar ve uygulamacılar tarafından birçok avantajı sıralanmıştır [60].

AHP yöntemini tedarikçi seçimi probleminde kullanan Narasimhan (1983), AHP'nin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır [67].

1. Yöntem büyük ölçüde subjektif olan bir süreci sistematik bir hale getirmekte ve doğru hükümlere fırsat vermektedir.

2. Yöntemin bir yan ürünü olarak yönetim değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarını da öğrenmektedir.

AHP yöntemini yer seçimi probleminde kullanan Wu ve Wu, AHP'nin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır [68].

1. Boyutsal Analiz gibi sadece iki alternatifi karşılaştırabilen yöntemlerin aksine AHP aynı anda çok sayıda alternatifin karşılaştırılmasına fırsat vermektedir.
2. AHP, benzer kriterlere farklı ağırlıkların atandığı karmaşık durumların üstesinden gelebilir. Örneğin karar vericilerin bir kriterin ağırlığı konusunda anlaşmazlığa düştüğü durumlarda daha yüksek rütbeli karar vericinin görüşünün ağırlığı artırılabilir.

AHP yöntemini bir yer seçimi problemi üzerinde kullanan Hedge ve Tadikamalla, yöntemin avantajlarını şu şekilde belirtmişlerdir [69].

1. Karar vericiler kullanılan yöntemi anlayabilmiş ve süreç içerisinde yer alabilmişlerdir.
2. Karar vericiler, danışman gruplarının her zaman kendilerinden yapmalarını istediği gibi, somut ve soyut özelliklere parasal değerler atamak zorunda kalmamışlardır.
3. Karar vericilerin yöntemin neredeyse her adımında yer almış olmaları yöntemin karar vericiler tarafından sahiplenilmesini ve dolayısıyla yöntemden elde edilen sonuçların uygulanma ihtimalinin yükselmesini sağlamıştır.

Liberatore, Nydick ve Sanchez, çalışmalarında AHP'nin önemli bir noktasının, çeşitli değerlendirme faktörleri üzerinde uzlaşmaya yönelik yaklaşımı ve bunun sonuçlar üzerindeki etkisi olduğunu belirtmişlerdir [70].

Bahurmoz çalışmasında, AHP'nin karar verme aşamasında kişilerin tercihlerine dayanan subjektif konuları işleyebilmek için gerekli matematiksel yaklaşımı sağlayabildiğini belirtmiştir. Çalışmada ayrıca yöntemin, kriterlerin niteliksel olduğu ve subjektif bileşenlerden oluştuğu durumlarda kullanılmaya uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı çalışmada yöntemin grup içinde daha iyi iletişime, daha yüksek anlaşılabilirliğe, bunların sonucu olarak sonuçların daha çok sahiplenilmesine zemin hazırladığı belirtilmiştir [71].

Carlsson ve Walden, AHP yöntemini bir karar verme problemi üzerinde uyguladıkları çalışmalarında yöntemin avantajlarını şu şekilde sıralamışlardır [72].

1. Yöntemin kullanıcıları problemin bütününe ilişkin tutarlı bir fikre sahip olabildiklerini ve problemdeki bütün faktörleri ayrıntılı bir şekilde ele alarak göreceli önemlerini ve bunların sonuçlarını gözlemleyebildiklerini belirtmişlerdir.
2. Karar vericiler çoğu zaman hangi faktörlerin önemli olduğuna karar verme konusunda zorluklar yaşadığı halde yöntemde kullanılan hiyerarşi bu konuda hızlı ve etkin bir çözüm sunmaktadır.
3. Yöntemde kullanılan ikili karşılaştırma mantığı kullanıcıyı kriterlerin göreceli ağırlığını ayrıntılı bir şekilde ele almaya ve bunun sonrasında kriterlerin alternatiflere olan etkisine karar vermeye zorlamaktadır.
4. Tutarsızlık ölçütü, özellikle grup çalışmalarında, kullanıcıların tutarlı bir hüküm verip vermediklerini anlamalarına yardımcı olmaktadır. Kullanıcılar kabul edilebilir sonuçlar elde edilene kadar tutarsız hükümlerinin üzerinde çalışabilirler.
5. Expert Choice programının kullanıcı dostu yapısı kullanıcıların problemi kolayca yapılandırabilmelerine imkan tanımıştır. Program bütün karşılaştırmaları özetlemekte ve bütün kriterleri birleştirerek alternatifleri sıralamaktadır. Kullanıcılar program çıktısının objektif ve doğru bir özet olduğunu düşünmektedir.

Ramanathan, AHP yönteminin diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre esnekliği, kullanım kolaylığı ve tutarlılığı kontrol edebilme yönleriyle daha avantajlı olduğunu belirtmiştir. Kullanıcılar genelde ikili karşılaştırma mantığı ile veri girişini kolay anlaşılır ve kullanışlı bulmaktadır [73].

Macharis, Springael, De Brucker ve Verbeke, AHP yönteminin karar verme problemini bileşenlerine ayırma ve kriterlerden hiyerarşi oluşturabilme özelliğiyle belirgin bir avantaja sahip olduğunu belirtmişlerdir. Böylelikle her bir kriterin önemi belirgin hale gelmektedir [74].

AHP yöntemi objektif ve subjektif değerlendirme ölçütlerinin kullanımına yardımcı olmaktadır. Yöntem alternatiflerin ve kriterlerin tutarlılığını kontrol etmek için kullanışlı bir mekanizma sunar iken karar vermede taraflılığı azaltmaktadır [75].

AHP yöntemi ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalamasını alarak grupla karar vermede uzlaşmayı desteklemektedir [76].

AHP yöntemi belirsizlik ve risk durumlarını modellemede etkilidir [77].

AHP yönteminin en büyük avantajı alternatifleri çakışan amaçları karşılamadaki etkinliğine göre sıralayabilmesidir. Eğer kriterlerin göreceli önemleri ve alternatiflerin bu kriterleri karşılama yetenekleri doğru bir biçimde probleme yansıtıldıysa AHP hesaplamaları kaçınılmaz biçimde doğru bir sonuca varacaktır. Yöntemin bir başka güçlü yanı olan tutarlılık analizi, tutarsız yargılamaları tespit etmekte kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Ayrıca yöntemde kullanılan matematiksel hesaplamaların karmaşık olmaması ve kullanıcının yöntemi kullanabilmek için bu hesaplamaları anlamaya ihtiyaç duymaması da yöntemin bir başka faydasıdır [78].

5. VIKOR YÖNTEMİ

Sırpça VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaştırıcı Çözüm) ifadesinin baş harflerinden oluşan VIKOR yöntemi ilk olarak Opricovic ve Tzeng tarafından çok kriterli problemlerin optimizasyonu için önerilmiştir [31]. VIKOR, uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralanmasını belirleyerek en uygun olanların seçilmesini sağlayan yöntem, ideal çözüme yakınlığa dayanan çok kriterli sıralama indeksini ele alır [35].

Yöntem uzlaşık sıralamayı, uzlaşık çözümü, uzlaşık çözümün stabilitesi için stabilite aralıklarını ortaya çıkarmaktadır [31]. Yöntem, bir dizi alternatifi sıralama ve bunlar arasından seçim yapma üzerine odaklanırken bu işlemi ideal çözüme yakınlık kriteri ile yaptığı sıralamadan faydalanır [79].

5.1. VIKOR Yönteminin İşleyişi

Uzlaşık programlama yönteminde, uzlaşık sıralama için kullanılan ölçüt L_p toplama fonksiyonu ölçütüdür[80].

1'den J 'ye kadar olan alternatifleri a_1, a_2, \dots, a_j şeklinde, her bir alternatifin her bir kriterden aldığı puanları ise f_{ij} şeklinde ifade edilirse, L_p ölçütü aşağıdaki gibi gösterilebilir [31] (Eş. 5.1).

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n \left[w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \right]^p \right\}^{1/p} \quad (5.1)$$

$$1 \leq p \leq \infty \quad (5.2)$$

$$j: 1, 2, \dots, J \quad (5.3)$$

VIKOR yöntemi içerisinde $L_{1,j}$ ve $L_{\infty,j}$ ifadeleri sıralama ölçütünü formüle etmek için kullanılacaktır.

VIKOR yöntemi 5 adımda özetlenebilir [31].

1. Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir. Eğer i kriteri fayda kriteri ise (Eş. 5.4-5.5);

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (5.4)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (5.5)$$

Eğer i kriteri maliyet kriteri ise (Eş. 5.6-5.7);

$$f_i^* = \min_j f_{ij} \quad (5.6)$$

$$f_i^- = \max_j f_{ij} \quad (5.7)$$

fonksiyonları geçerlidir [34].

2. $j=1,2,\dots,J$ iken S_j ve R_j değerleri hesaplanır (Eş. 5.8-5.9).

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (5.8)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (5.9)$$

Bu denklemlerde w_i değeri her bir kriterin ağırlığını temsil etmektedir.

3. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak $Q_j, j=1,2,\dots,J$ değerleri hesaplanır (Eş. 5.10-5.12).

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (5.10)$$

Burada;

$$S^* = \min_j S_j \text{ ve } S^- = \max_j S_j \quad (5.11)$$

$$R^* = \min_j R_j \text{ ve } R^- = \max_j R_j \quad (5.12)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir.

Denklemden görülen v değeri maksimum grup faydasının ağırlığını temsil ederken $(1-v)$ değeri ise karşı tarafın yani minimum pişmanlığın ağırlık değerini ifade etmektedir.

4. Elde edilen S , R ve Q değerleri küçükten büyüğe sıralanır. Neticede üç farklı sıralama elde edilmiştir.
5. Eğer aşağıdaki iki koşul sağlanıyorsa, Q değerine göre yapılan sıralamada en iyi çıkan alternatif (a'), uzlaştırıcı çözüm olarak kabul edilir.

Koşul: “Kabul Edilebilir Avantaj” Bu koşul altında sağlanması gereken denklem aşağıdaki gibidir (Eş. 5.13).

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$$

(5.13)

Burada a'' , Q değerine göre yapılan sıralamada ikinci sırada bulunan alternatiftir. DQ değeri ise J alternatif sayısı iken, $DQ = 1/(J-1)$ formülü ile hesaplanır.

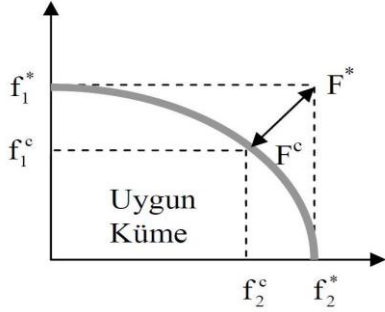
Koşul: “Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar” Bu koşula göre a' alternatifi Q sıralamasında olduğu gibi R veya S değerleri ile yapılan sıralamalardan en az birine göre de en iyi alternatif olmalıdır.

Eğer bu iki koşuldan birisi sağlanmıyorsa birden fazla uzlaşık çözüm önerilebilir.

- Sadece 1. Koşul’un sağlandığı durumda a' ve a'' alternatifleri,
- Sadece 2. Koşul’un sağlandığı durumda $a', a'', \dots, a^{(M)}$ alternatifleri uzlaşık çözüm olarak sunulabilir. Burada $a^{(M)}$ alternatifi $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$ eşitsizliğini sağlayan en büyük M değeri yardımıyla belirlenir.

Yöntem sonucunda elde edilen en iyi alternatif, Q değerine göre sıralanan, ve en küçük Q değerine sahip olan alternatiftir. Elde edilen ana sıralama uzlaşık sıralama listesidir. Yöntem elde ettiği sıralamaya ek olarak belirli bir avantaj oranına sahip bir uzlaşık çözüm de sunmaktadır[31]. Bu uzlaşık çözüm maksimum grup faydası ($\min S$) ve minimum

pişmanlığı ($\min R$) pişmanlığı bünyesinde barındırdığı için tercih edilebilir [34]. Uzlaşık çözüm F_c , ideale en yakın olan F^* 'a en yakın olan uygun çözümdür (Şekil 5.1.).



Şekil 5.1. İdeal ve uzlaşık çözümler [35]

5.2. VIKOR Yönteminin Diğer Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Farkları

5.2.1. VIKOR yöntemi ile TOPSIS

VIKOR yöntemi, yukarıdaki denklemlerde Q ile gösterilen ve ideal çözüme en yakın çözümü temsil eden bir toplama fonksiyonu kullanılmaktadır. TOPSIS yöntemi ise (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) ideal çözüme en kısa mesafede olan ve negatif ideal çözümden en uzak mesafede olan çözümü bulmaktadır [81].

TOPSIS yönteminde kullanılan bu toplama fonksiyonunda alternatifin ideal çözüme olan yakınlığının ve negatif ideal çözüme olan uzaklığının göreceli önemleri dikkate alınmamaktadır. Yani bir alternatif, ideal çözüme daha yakın olduğu halde negatif ideal çözüme olan uzaklığı sebebiyle bir başka alternatifin gerisinde kalabilmektedir.

5.2.2. VIKOR yöntemi ile PROMETHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yönteminde 6 farklı tercih fonksiyonu kullanılır iken VIKOR yönteminde ise sadece doğrusal normalizasyon kullanılmaktadır. PROMETHEE yönteminde doğrusal tercih fonksiyonu kullanıldığında elde edilen sıralamanın VIKOR yönteminde S değerinden elde edilen sıralama ile aynı olabilmektedir. Fakat bu sonuç aynı zamanda PROMETHEE yönteminde sadece maksimum grup faydasının, VIKOR yönteminde ise maksimum grup faydası ile minimum pişmanlığın hesaba katıldığı bir göstergesidir [31].

5.2.3. VIKOR yöntemi ve ELECTRE

ELECTRE II (Elimination and (Et) Choice Translating Reality) yöntemi sıralama yapmak için alternatifler arasındaki uyumluluk ve uyumsuzluk ilişkilerini dikkate almaktadır[82]. Bu iki yöntem arasında yapılan bir karşılaştırmaya göre ELECTRE II yöntemindeki uyumsuzluk kriteri ve VIKOR yöntemindeki R değeri pişmanlık üzerine kuruludur ve bunlardan elde edilen sıralamalar birbirine benzemektedir [34]. Aynı şekilde VIKOR yöntemindeki S değeri ile ELECTRE yöntemindeki uyumluluk kriteri ve bunlardan elde edilen sıralamalar birbiriyle benzeşse de bu ikili arasında matematiksel bir ilişki bulunmamaktadır.

6. HEDEF PROGRAMLAMA

Amaç temelli davranışın ve karar vermenin uzun bir tarihi bulunmaktadır. Bu amaç temelli yaklaşım yöneylem araştırması ve yönetim bilim alanlarında hedef programlama tekniği ile formülize edilmiştir [83]. İlk olarak Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından 1955 yılında geliştirilen [84] formülasyon başlarda hedef programlama olarak ayrıca isimlendirilmemiş ve doğrusal programlamanın bir uzantısı olarak görülmüştür. 1961 yılında Charnes ve Cooper [85] tarafından resmi bir tanımı verilmiş olan yöntem, Ijiri [86], Lee [87] ve Ignizio [88]'nin geliştirmeleri sonrasında bir yöneylem araştırması aracı olarak yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır [83]. Amaç programlamanın göreceli kolay kullanımı ve uygulayıcıların ve akademik çevrenin doğrusal programlamaya olan yakınlıkları nedeniyle amaç programlama kısa süre içerisinde çok ölçütlü karar verme alanında kullanılan en popüler yöntemlerden biri haline gelmiştir [83]. Hedef programlama, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden doğrusal programlamanın aksine, hedef programlama, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır [89]. Doğrusal programlama modellerinde amaç fonksiyonu birim açısından yalnız bir ölçekle ölçülendirilir. Çok boyutlu bir ölçek kümesi ile ifade edilebilen çok amaçlı bir doğrusal programlama problemini yazmak mümkün değildir [90]. Hedef programlama bu noktada devreye girmekte ve bir problemde birden fazla ölçütün kullanılabilmesine imkan tanımaktadır. Hedef programlamanın kendisine kısa sürede yaygın bir uygulama alanı bulabilmesinin sebeplerinden biri de bu ihtiyaca cevap vermesidir.

Genel hedef programlama modeli şu şekilde tanımlanmaktadır (Eş. 6.1-6.5) [83].

$$Mina = h(\underline{n}, \underline{p}) \quad (6.1)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (6.2)$$

$$\underline{x} \in F \quad (6.3)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (6.4)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (6.5)$$

Bu modelin açıklaması ise şu şekildedir[83]. Genel hedef programlama modelinde $q = 1, \dots, Q$ ile ifade edildiği gibi Q tane hedef bulunmaktadır. Ayrıca $\underline{x} = x_1, x_2, \dots, x_n$ ile ifade edilen n adet karar değişkeni tanımlanmıştır. Bunlar karar vericinin kontrol ettiği ve verilmesi gereken kararları temsil etmektedir. Her hedefin gerçekleşen değerini temsil eden bir $f_q(\underline{x})$ değeri bulunmaktadır. Ayrıca karar verici her bir amacın gerçekleşmesi hedeflenen değeri için bir b_q hedef değeri atamaktadır. Bu durumda her bir amaç için temel bir formülasyon ortaya çıkmaktadır (Bkz. Eş. 6.2).

Burada n_q belirlenen hedeften gerçekleşen negatif sapmayı ifade eder iken p_q ise gerçekleşen pozitif sapmayı ifade etmektedir. Örneğin b_q değeri 40 iken $f_q(\underline{x})$ 25 olarak gerçekleşirse n_q 15 olarak hesaplanır. Pozitif ve negatif sapmayı ifade eden bu değerler sıfırdan küçük olamaz. Bu noktada karar verici hangi sapmayı istemediğine karar vermelidir. Örneğin hedef, maliyet olduğunda pozitif sapma istenmez iken hedef gelir gibi en büyüklenmesi gereken bir hedef olduğu zaman negatif sapma istenmez. Bununla birlikte hedef işgücü gibi hem pozitif hem de negatif sapmanın istenmeyeceği bir hedef de olabilir.

Problemdaki hedefler yumuşak kısıt ve sert kısıt olarak ikiye ayrılabilir. Yumuşak hedefler, karşılanması hedeflenen fakat karşılanmaması durumunda çözümü uygun olmayan çözüm yapmayan kısıtlardır. Sert kısıtlar olarak tabir edilen kısıtlar ise, karşılanmaması durumunda çözümü uygun olmayan çözüm haline getirirler. Bu kısıtların karşılanması $\underline{x} \in F$ ifadesinin modele eklenmesiyle sağlanır. Burada F , karar uzayında bütün kısıtlamaları karşılayan noktalardan oluşmuş olan uygun çözüm alanını ifade etmektedir.

Son olarak, istenmeyen sapmaların bir araya getirilmesi ve çözümün amaçlanan hedeflere en yakın şekilde gerçekleşmesinin sağlanması gerekmektedir. Bunu sağlayacak amaç fonksiyon ifadesi kullanılacak olan hedef programlama yöntemine göre değişeceğinden dolayı bu noktada basit bir gösterim kullanılmıştır (Bkz. Eş. 6.1).

Burada \underline{n} , q negatif değişkenlerin vektörü iken, \underline{p} ise q pozitif değişkenlerin vektörüdür. Yukarıda ifade edilen fonksiyon amaç fonksiyonu olmasına rağmen aslında amaçların gerçekleştirilememe oranını ölçmektedir yani bir bakıma amaçlanan değerlere olan uzaklığı ölçtüğü de söylenebilir.

6.1. Doğrusal Programlama ile Hedef Programlama Arasındaki Farklar

Hedef programlama ile doğrusal programlama yöntemleri benzer özelliklere sahip olsalar da aşağıdaki noktalarda çeşitli farklılıklara sahiptirler [91].

1. Doğrusal programlamada amaç en iyi çözümü elde etmek iken hedef programlamada amaç mümkün olduğunca en iyi çözümü elde etmektedir.
2. Doğrusal programlama modelinde tek bir amaç en iyilenmeye çalışılır. Hedef programlama modelinde ise birden fazla amaç için hedef değerleri belirlenir ve bu hedeflerin hepsi modele alınır.
3. Doğrusal programlama modelindeki sistem kısıtları kesinlikle sağlanması gereken katı kısıtlardır. Hedef programlama modelinde ise sistem kısıtlarının yanında hedef kısıtları da yer alır. Hedef kısıtları ise sapmalara izin verilen esnek kısıtlardır.
4. Doğrusal programlama modelindeki amaç fonksiyonunda karar değişkenleri yer alırken, hedef programlama modelinin amaç fonksiyonunda karar değişkenleri yer almaz. Hedef programlama modelindeki amaç fonksiyonu negatif ve/veya pozitif sapma değişkenlerinden oluşur.
5. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu en büyükleme veya en küçükleme şeklinde iken hedef programlamada amaç fonksiyonu sadece en küçükleme şeklindedir.
6. Doğrusal programlama modelinde amaç fonksiyon birden fazla ölçekle ifade edilemezken hedef programlamada her bir hedef için farklı ölçekler kullanılabilir [92].

6.2. Hedef Programlama Yöntemleri

Genel hedef programlama modeli önceki bölümlerde anlatıldığı gibi gösterilmektedir. Bununla birlikte amaç fonksiyon ve kısıtlar üzerinde yapılan çeşitli modifikasyonlarla ve yeni yaklaşımlarla farklı hedef programlama yöntemleri elde edilmiştir. Bu yöntemler uzaklık ölçütü temelli yöntemler ve karar değişkeni ve hedef temelli yöntemler olmak üzere ikiye ayrılabilir [83].

6.2.1. Uzaklık ölçütü temelli yöntemler

Öncelikli hedef programlama

Hedef programlamanın ilk örneklerinin büyük çoğunluğu öncelikli hedef programlama yöntemini kullanmaktadır [87]. Bu yöneme literatürde lexicographic hedef programlama da denilmektedir. Bu yöntemin ayırt edici özelliği öncelik seviyelerinin varlığıdır. Her öncelik seviyesinde bir dizi istenmeyen sapmalar minimize edilir [83].

Öncelikli hedef programlama modelinde $l = 1, \dots, L$ olmak üzere L adet öncelik seviyesi belirlenir. Bu durumda her bir öncelik seviyesi, $h_l(\underline{n}, \underline{p})$ olarak tanımlanan istenmeyen sapmalar kümesinin bir fonksiyonu olmaktadır. Bu durumda problem şu şekilde ifade edilmektedir (Eş. 6.6-6.10) [83].

$$LexMina = [h_1(\underline{n}, \underline{p}), h_2(\underline{n}, \underline{p}), \dots, h_L(\underline{n}, \underline{p})] \quad (6.6)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (6.7)$$

$$\underline{x} \in F \quad (6.8)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (6.9)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (6.10)$$

Burada her bir $h_l(\underline{n}, \underline{p})$ bir dizi istenmeyen sapmaları barındırmaktadır. Eğer problemin doğrusal bir problem olduğu varsayılırsa bu ifade şu şekilde yazılabilir (Eş. 6.11) [83].

$$h_l(\underline{n}, \underline{p}) = \sum_{q=1}^Q \left(\frac{u_q^l n_q}{k_q} + \frac{v_q^l p_q}{k_q} \right)$$

(6.11)

Burada u_q^l , l öncelik seviyesinde n_q değerinin minimizasyonu için tercih edilen ağırlık katsayısıdır. Aynı şekilde v_q^l değeri l öncelik seviyesinde p_q minimizasyonu için tercih edilen ağırlık katsayısıdır. Bu ağırlık değerleri, minimize edilmesi istenen sapmaların önemlerinin modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Eğer bir değişken bir öncelik seviyesinde bulunmuyorsa o seviye için değişkenin ağırlık değeri sıfırdır. Denklemden görülen k_q değeri ise q . hedefle ilişkili normalizasyon katsayısıdır [83].

Bu yöntemde öncelik seviyesi daha yüksek olan sapmaların minimize edilmesi öncelik seviyesi daha düşük olan sapmaların minimize edilmesinden sonsuz kez daha önemli olarak kabul edilmektedir. Bu durum her birinde uygun çözüm alanının daha da küçüldüğü bir dizi optimizasyon yapılmasına izin vermektedir [83]. Bu yöntem karar vericinin aklında sıralaması önceden belirlenmiş bir dizi amaçların bulunduğu ve bunlardan birinin gerçekleştirilmesinin diğer amaçlardan taviz vermeyi gerektirmemesi durumunda oldukça pratiktir [100]. Bu sebeple bu model bütün çok amaçlı karar verme problemleri için uygun olmasa da bazı durumlarda oldukça etkili bir çözüm yöntemidir.

Ağırlıklı hedef programlama

Bu yöntemde sert ve yumuşak bütün kısıtlar önemlerine göre ağırlıklandırılmaktadır [93]. Bu yöntemde, öncelikli hedef programlamada olduğu gibi önem seviyeleri bulunmadığından değişkenler tek bir fonksiyon üzerinde bulunmaktadır. Bu durum aynı zamanda istenmeyen değişkenlerin birbirleriyle ödünleşim halinde bulunmalarına da imkan tanımaktadır. Örneğin bir istenmeyen değişkenin minimize edilmesi bir başka istenmeyen değişkenin maksimize edilmesi gibi durumlara sebep olabilmektedir. Bu model şu şekilde ifade edilebilir (Eş. 6.12-6.16) [83].

$$Mina = \sum_{q=1}^Q \left(\frac{u_q n_q}{k_q} + \frac{v_q p_q}{k_q} \right) \quad (6.12)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (6.13)$$

$$\underline{x} \in F \quad (6.14)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (6.15)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (6.16)$$

Bu model öncelikli programlama modelinin benzese de amaç fonksiyonundaki u_q ve v_q değerlerinde öncelik seviyelerinin bulunmamasıyla öncelikli programlama modelinden ayrılmaktadır. 1990 yılı öncesinde öncelikli ve ağırlıklı programlama yöntemlerinin toplam içindeki dağılımı %75 öncelikli ve %25 ağırlıklı iken [94] bu oran 1990-2000 arasındaki çalışmalarda %59 öncelikli ve %41 ağırlıklı olarak gerçekleşmiştir [95]. Görüldüğü gibi zaman için ağırlıklı hedef programlamanın kullanımı yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte bu yöntemin kullanılabilmesi için her bir amacın gerçekleşmemesi durumuna sayısal değerler atanması gerektiği unutulmamalıdır [93].

Chebyshev hedef programlama

Literatürde minmax hedef programlama olarak da tanınmaktadır. Chebyshev uzaklık ölçütünü kullanan bu yöntemde amaç hedeflerden gerçekleşen maksimum sapmayı minimize etmektir [93]. Bu yöntemde karar verici, bazı hedeflerin önceliklendirildiği öncelikli hedef programlama ve bazı hedeflerin gerçekleştirilmesinin diğer bazı hedeflerin çok kötü değerler almasına sebep olabilen ağırlıklı hedef programlamanın aksine, bütün hedeflerin arasında ideal bir denge yakalamaya çalışmaktadır. Yöntemin bu özelliği özellikle birden çok karar vericinin her birinin kendi hedef kümesini en önemli gördüğü durumda kullanışlı olabilmektedir [83]. Yapılan literatür araştırmaları yöntemin kullanımının yaygın olmadığını göstermektedir [95]. λ hedef kümelerinden maksimum sapmayı gösterirken Chebyshev hedef programlama şu şekilde gösterilebilir (Eş. 6.17-6.22) [83].

$$Mina = \lambda \quad (6.17)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (6.18)$$

$$\frac{u_q n_q}{k_q} + \frac{v_q p_q}{k_q} \leq \lambda \quad (6.19)$$

$$\underline{x} \in F \quad (6.20)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (6.21)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (6.22)$$

6.2.2. Karar değişkeni ve hedef temelli yöntemler

Bir önceki başlık altında anlatılan yöntemler arasında farklılaşmayı sağlayan nokta uzaklık ölçütü iken bu bölümde yöntemle arasında farklılaşmayı sağlayan nokta hedeflerin ve karar değişkenlerinin matematiksel yapısıdır. Bu sebeple bir hedef programlama problemi, iki çeşit yöntemin birlikte kullanılmasından oluşan, örneğin tamsayıli ağırlıklı hedef programlama veya bulanık öncelik seviyeli öncelikli hedef programlama gibi, farklı yöntemlerle formüle edilebilir [83].

Bulanık hedef programlama

Bulanık hedef programlama, hedef programlama modelindeki belirsizlikleri ifade edebilmek amacıyla bulanık küme teorisini kullanmaktadır, bu belirsizlikler hedef değerleri ile ilişkili olabileceği gibi öncelik yapısı gibi farklı yapılarla da ilişkili olabilir [83]. Bir bulanık küme, kümenin bütün elemanlarına belli üyelik değerleri atayan bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir [96]. Bir bulanık önerme derecesine göre hem doğru ve hem de yanlış olabilir. Bulanık önermelerin doğruluğu ya da yanlışlığı hakkında kesin bir şey söylenemeyeceğinden dolayı bunların doğruluk değeri $[0,1]$ gerçel sayılar kümesinden, bir sayıyla derecelendirilir [97]. Bir eleman bir bulanık kümeye ne kadar ait olursa üyelik değeri de 1'e o kadar yakın olmaktadır [98]. Üçgen, yamuk, gauss, cauchy en çok kullanılan üyelik fonksiyonlarından bazılarıdır. Bulanık hedef programlama modelinde

kullanılan üyelik fonksiyonuna bağlı olarak değişen ifadeler, kısıtlar ve amaç fonksiyondaki yerlerine yazılmaktadır. Bu durumda her bir üyelik fonksiyonunun kullanımında, kurulan model farklı fonksiyonlarla ifade edilmektedir.

Kesirli hedef programlama

Kesirli hedef programlama, sermaye geri dönüş oranı, borç sermaye oranı, stok satış oranı, çalışan başına çıktı, maliyet/personel gibi kesirli fonksiyonlarla ifade edilen bir çok gerçek hayat problemi karşısında önem kazanmaktadır [99]. Hedef programlamanın bu türü daha çok finansal planlama, üretim planlama ve mühendislik alanlarında kullanılmaktadır [100]. Bu yöntem ayrıca ikili karşılaştırma matrislerinden ağırlık vektörü elde etmeyi amaçlayan bazı yöntemlerde de kullanılmaktadır [101].

Bir hedef programlama modelindeki hedefler aşağıdaki gibi ifade edilir (Eş. 6.23) [83].

$$\frac{f_q(\underline{x})}{g_q(\underline{x})} + n_q - p_q = b_q \quad (6.23)$$

Kesirli hedef programlamanın genel hedef programlamadan farkı modelde kesirli fonksiyonların kullanılmasıdır. Kesirli hedef programlama modelleri kendi pareto etkinlik analizi prosedürlerinin kullanılmasını gerektirmektedir [102].

0-1 hedef programlama

Bir tamsayılı hedef programlama modelinin, tanımlı aralığında sadece kesikli (sayılabilir) değerler alabilen, bir veya birden fazla karar değişkeni bulunmaktadır. Eğer bütün tamsayılı değişkenler sadece iki değer (0 ve 1) alacak şekilde kısıtlandıysa ortaya çıkan modele 0-1 hedef programlama modeli denir [83]. İncelenen sistem çok sayıda, büyük bir olasılıkla çelişen amaca sahip olduğunda, bu çelişen amaçları optimum kılan tek bir çözüm bulmak olanaksız olabileceğinden her amacın önem derecesini temel alan her hedefin ihlal edildiği miktarın minimum kılınmasını sağlamaya çalışan uzlaşık bir çözüm arandığı durumlarda, kimi zaman sistem değişkenleri sadece “var” ya da “yok”, “evet” ya da

“hayır” gibi değerler alabilir [103]. Hedef programlamanın iki değerli değişkenlere sahip versiyonu bu çeşit problemlerin çözümünde oldukça sık kullanılan bir araçtır. Tipik uygulama alanları arasında çok amaçlı en kısa yol, atama, lojistik, şebeke, gezgin satıcı, çizelgeleme, sırt çantası, yer belirleme, küme kaplama problemleri gösterilebilir [104]. 0-1 hedef programlama modeli şu şekilde gösterilebilir (Eş. 6.24-6.30) [83].

$$Mina = \sum_{q=1}^Q \left(\frac{u_q n_q}{k_q} + \frac{v_q p_q}{k_q} \right) \quad (6.24)$$

$$f_q(\underline{x}) + n_q - p_q = b_q \quad (6.25)$$

$$\underline{x} \in F \quad (6.26)$$

$$x_i = 0, \text{ veya } 1 \quad (6.27)$$

$$i = 1, \dots, n \quad (6.28)$$

$$n_q, p_q \geq 0 \quad (6.29)$$

$$q = 1, \dots, Q \quad (6.30)$$

0-1 hedef programlama modelinde genel hedef programlama modelinden farklı olarak değişkenlerin sadece 0 veya 1 değerlerinden birini alabilmesi koşulu bulunmaktadır. Bu durum matematiksel programlama perspektifinden bakıldığında bölünebilirlik varsayımının ihlali anlamına gelmektedir ki bu, problemin çözümünde doğrusal programlamadan ziyade tamsayı programlama alanından tekniklerin adapte edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Tamsayı programlama modellerinin çözümü benzer boyutlardaki doğrusal programlama modellerinin çözümünden çok daha zor olmakta ve bu, daha uzun çözüm sürelerine ve hedef programlama modelinin karar değişkeni ve kısıt sayısı üzerinde kısıtlamalara sebep olmaktadır [83].

0-1 hedef programlama yönteminde seçim prosedürü için çözümler geliştirmek amacıyla 0-1 hedef programlama bilgisayar destek yazılımları kullanılması daha uygundur [105]. Bazı özel problem örneklerini çözmek amacıyla kullanılan özel amaçlı algoritmalar bulunsa da, pratik boyutlu problem örneklerini çözmek için kullanılan genel amaçlı

algoritmalar da bulunmaktadır [106]. Ancak üzerinde çalışılan problem sahip olduğu sağ taraf değerleri ya da teknolojik matris değişkenleri gibi problemin yapısını ve zorluk derecesini belirleyen değerler açısından incelendiğinde özel bir 0-1 hedef programlama yazılımı gerektirmiyorsa, sıradan herhangi bir bilgisayar destek yazılımının çözümde kullanılması sonuçların güvenilirliği ve doğruluğu açısından tehlike arz etmemektedir [97].

7. PROBLEMİN TANIMI VE ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Altyapı kavramı; bir toplumun, karayolu, demiryolu, üretim tekniği ve gücü, birikmiş ve işgücü eğitimi, ekonomik organizasyonu, enerji santralleri, eğitim ve sağlık kurumları, sosyal kurumlarını ifade eden bir terimdir [107]. Altyapı yatırımları ise tanım itibariyle yol, köprü, baraj, enerji üretimi, eğitim ve sağlık tesisleri gibi doğrudan doğruya mal ve hizmet üretmeyen fakat, yarattıkları dışsal tasarruflar ve sağladıkları kolaylıklarla diğer yatırımların yapılmasını teşvik eden yatırımlardır [108]. Devletlerin en önemli ihtiyaçlarından biri olan altyapı yatırımları, söz konusu gelişmekte olan ülkeler olduğunda bütçeden aldığı payı daha da artırmaktadır. Altyapı yatırımlarının bütçeden aldığı pay ne kadar yüksek olsa da genellikle bu pay ülkelerin yatırım ihtiyaçlarının tamamını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu durumda bazı yatırımlar hemen gerçekleştirilirken bazıları da mecburen ertelenmekte veya gündemden tamamen kaldırılmaktadır. Proje yelpazesi içindeki projelerden hangilerinin uygulanacağını belirleyebilmek için bir seçim yapılması gerektiği açıktır.

Bununla birlikte, kamunun gerçekleştirdiği altyapı yatırımlarının finansmanının devlet tarafından yapılması, harcamalar üzerinde yeterli denetimlerin yapılmaması, mevzuatın yetersiz kalması, karar vericilere ihtiyaç duydukları teknik desteğin sağlanamaması, karar verme sürecinin bilimsel temellere oturtulmaması ve benzeri birçok sebepten ötürü; altyapı yatırımı kararlarını verecek olan karar vericilerin yanlış kararlar alması dünyanın çoğu ülkesinde sıklıkla rastlanan bir durumdur.

Yukarıda sayılan bu iki temel husus ve bunlara ek olarak kaynakların verimli kullanılması gerekliliği birlikte ele alındığında altyapı projelerinin seçiminde bilimsel temellere dayanan yöntemlerin kullanımının elzem bir ihtiyaç olduğu anlaşılacaktır. Böylelikle kaynaklar en verimli şekilde kullanılacak ve öncelikle en çok ihtiyaç duyulan yatırımlar gerçekleştirilecektir.

Bu çalışmada gelişmekte olan bir ülkenin gündeminde olduğu varsayılan 6 adet hastane projesinin bütçe kısıtı altında seçimi problemi ele alınacaktır. 6 farklı şehirde bulunan ve birbirinden farklı kapasitelere sahip bu hastaneler belirlenen kriterler karşısında değerlendirilecektir. Bu noktada değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenebilmesi

için AHP yöntemi, alternatiflerin kriterler bazındaki performanslarına göre sıralanabilmesi için ise VIKOR yöntemi kullanılacaktır. Ardından bütçe kısıtı gibi bir takım kısıtların da sağlanabilmesi amacıyla bir doğrusal programlama modeli yardımıyla nihai karara varılacaktır.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin hedef programlama ile birleştirilmesi; alternatiflerin, belirli kısıtları karşılama konusundaki yeterlilikleri de göz önüne alınarak, göreceli önem ağırlıklarına göre sıralanabilmelerini sağlamaktadır. AHP yöntemi; kullanım kolaylığı, karar vericiler tarafından kolayca anlaşılabilirliği ve karar vericileri sürece dahil etmesinden kaynaklanan yüksek kabul edilebilirliği, tutarlılık analizine imkan tanınması, yüzlerce çalışma tarafından kanıtlanmış etkinliği ile öne çıkmaktadır. Diğer taraftan hedef programlama, birden fazla hedefi aynı anda optimize edebilme olanağı ile çalışmamızda yer alan problemin çözümünde kullanılmaya oldukça uygun bir yöntem olarak belirlenmiştir. AHP yöntemi problemin çözümünde; kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kullanılmıştır. VIKOR yöntemi ise alternatiflerin sıralanmasında sadece en büyük faydaya veya sadece en küçük pişmanlığa dayalı olarak karşılaştırmalar yapmak yerine her iki kriteri aynı anda göz önünde bulunduran bir uzlaşık sıralama sunabilmesi ile diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin önüne geçmektedir. Çalışmada amaçlanan AHP yöntemi ile kriter ağırlıklarının güvenilir bir şekilde hesaplanması, VIKOR yöntemi ile uzlaşık bir sıralamanın elde edilmesi ve hedef programlama ile problemin belirlenen amaçlarına göre yatırım seçimlerinin yapılabilmesidir. Dolayısıyla çok kriterli karar verme yöntemleri ile hedef programlamanın kombinasyonunun ele aldığımız problemin çözümünde ihtiyaç duyulacak bütün özellikleri bünyesinde barındırdığı görülmektedir.

7.1. AHP Hesaplamaları

Çalışmanın ilk safhasını oluşturan bu aşamada; amaç, belirlenen altyapı projeleri arasından, AHP yöntemini kullanarak, bir seçim yapılmasına yardımcı olacak şekilde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesine yönelik sonuç elde edebilmektir.

Alternatiflerin bir değerlendirmeye tabi tutulabilmesi için öncelikle alternatifleri değerlendirmede hangi kriterlerin kullanılacağına karar verilmesi gereklidir. Dolayısıyla, bu süreç problemin çözümünde en önemli noktadır. Bu süreçte belirlenecek kriterler problemin sonucunu tamamen değiştirebilme potansiyeline sahip olduğu için bu kriterlerin

çok dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Öte yandan alternatiflerin farklı kriterler karşısında değerlendirilmesi, yatırım projelerinin farklı koşullar altındaki davranışlarının görülebilmesi açısından faydalıdır.

Literatür araştırması içerisinde, özellikle proje seçimi ve proje önceliklendirilmesi konularında birçok çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalar petrol sahası projesi seçiminden, trafik projesi seçimine kadar çok değişik problemleri ele almaktadır. Söz konusu çalışmaların bazılarında kriterlerin seçimine ayrıntılı bir şekilde değinilmişken bazı çalışmalar için ise aynı durumdan bahsetmek mümkün değildir. Kriterlerin belirlenmesinde çoğunlukla uzmanların görüşüne başvurulurken aynı konuda yapılmış daha eski çalışmalardan faydalanılarak kriterlerin belirlendiği örneklere de rastlanmıştır. Hatta bilgi sistemleri projesi seçimi gibi bir çok çalışmada ele alınan bir konuyu ele alan, ve 1991, 2001 ve 2009 gibi birbirinden çok farklı tarihlerde yapılmış olan üç farklı çalışmada tamamen aynı kriterlerin kullanıldığı görülmüştür (sırasıyla) [28], [13] ve [14]. Görüldüğü gibi problemin sıklıkla ele alınan bir problem olması durumunda aynı konuda yapılmış daha eski çalışmalarda kullanılan kriterlerden doğrudan faydalanabilme seçeneği kullanışlı olabilmektedir. Altyapı projeleri seçiminin ise, yine literatür araştırmasından elde edilen sonuçlara binaen nispeten daha az ele alınan bir problem olduğu söylenebilir. Hatta problem biraz daha özele indirgenip hastane projeleri seçimine indirgendiğinde bahsedilen durum daha da belirgin hale gelmektedir. Sonuç olarak literatürde nispeten daha az rastlanan böyle bir problemde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin daha eski çalışmalardan doğrudan alınması uygulanabilir gözükmemektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinde kriterlerin belirlenmesinde kullanılan bir başka, belki de en yaygın yöntem ise uzmanların görüşüne başvurulmasıdır. Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen sebeplerin de etkisiyle, çalışmada kullanılacak kriterlerin belirlenmesi aşamasında uzman görüşlerine başvurulmuştur. Elde edilen uzman görüşleri doğrultusunda, kriterler belirlenirken iki ana şartı sağlıyor olması dikkate alınmıştır. Bunlardan ilki kriterlere ilişkin verilerin tutuluyor olması ve bu verilerin ulaşılabilir durumda olmasıdır. İkincisi ise kriterlerin, alternatiflerin belirlenen özelliklerini ölçme konusunda, yetkinliğe sahip olmasıdır. Bununla birlikte kriterler seçilirken iki gruba ayrılmış ve bu kriterlerin iki ana noktaya değinmesi planlanmıştır. İlk gruptaki kriterlerin projenin finansal durumunu yansıtması amaçlanmıştır. Aşağıda belirtilen Fayda-Maliyet Oranı ve Net Bugünkü Değer Oranı kriterleri çalışmaya bu doğrultuda eklenmiştir. İkinci

gruptaki kriterler ise projenin bir bakıma alternatifleri denebilecek, projenin yapılması düşünülen şehirde bulunan diğer hastanelerin fiziki koşulları ve bunların hizmet kalitesini yansıtmaya yönelik verilerden seçilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda dünya literatüründe sağlık sektöründeki hizmet kalitesini ölçmek amacıyla kullanılan ölçütlere yer verilmeye çalışılmıştır.

Ele alınan problemde, gelişmekte olan bir ülkenin gündeminde olduğu varsayılan hastane projelerinin değerlendirilmesi için kullanılacak kriterler belirlenirken, ülkemizde kamu yatırımları ile ilgilenen uzmanların görüşleri dikkate alınmıştır. Uzman görüşleriyle elde edilen hastane projelerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Fayda-Maliyet Oranı: Bir projenin finansal açıdan yapılabilir olup olmadığına karar verilmesi aşamasında kullanılan bir kriterdir. Bir yatırım projesinin sağlayacağı fayda gelecekteki beklenen nakit akışlarının indirgenmiş değeridir [109]. Fayda-maliyet oranı bir projenin sağlayacağı faydanın projenin başlangıçtaki maliyetine bölünmesiyle elde edilir[110]. Bu hesaplama aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Eş. 7.1).

$$F / M = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}}{C_0} \quad (7.1)$$

Bu oranda R_t ifadesi her bir dönemde elde edilen faydayı ifade ederken; C_0 ifadesi projenin başlangıç maliyetini ifade etmektedir. Formüldeki i ifadesi indirgeme oranı, t ise nakit akışlarının beklendiği dönemleri ifade etmektedir.

Fayda-maliyet oranı için genel olarak kullanılan ifade bu olmasına rağmen fayda-maliyet analizinde kullanılan tek bir metodoloji bulunmamaktadır. Fayda-maliyet analizi için genel olarak uzlaşılan ortak nokta gelecekteki değerlerin bugüne çekilmesidir.

Fayda-maliyet analizini diğer maliyet analizlerinden ayıran özelliği projenin sadece bireye değil topluma da sağladığı faydaların ve maliyetlerin tahmin edilmeye çalışmasıdır [111]. Örneğin bir fabrikanın hava kirliliğini kontrol etme projesi ele alınacak olursa; bu projeden

sağlanacak faydalar çevreye verilen zararın azaltılması, etrafta yaşayan insanların sağlıkları üzerindeki riskin azalması, havanın görsel olarak iyileşmesi ve hatta yeni iş imkanları olarak sayılabilirken; bu projenin maliyeti ise kirliliğin kontrol edilmesi için yapılması gereken yatırım, firmanın bu çalışmalar sebebiyle ürünlerinin fiyatlarını artırmak zorunda kalması, bu yatırım sebebiyle diğer bazı yatırımların askıya alınması olarak sayılabilir [112].

Çalışmada olduğu gibi hastane projeleri ele alındığında durum fayda ve maliyetlerin niteliği sebebiyle farklılaşmaktadır. Devlet tarafından verilen sağlık hizmeti, vatandaşlar açısından tamamen ücretsiz olabileceği gibi vatandaşlardan ücret talep edilen örnekler de dünyanın çeşitli ülkelerinde mevcuttur. Sağlık hizmeti vatandaşlara ücretsiz olarak sağlanıyor olsa da bu aslında tedavi ücretinin hastaneye devlet tarafından ödendiği anlamına geldiği için her iki durumda da hastane gelir elde etmekte, sadece bu gelirin elde edildiği kaynaklar ve elde edilen gelirin miktarı farklılaşmaktadır. Çünkü kamu tarafından sağlanan sağlık hizmetleri kar amacı gütmeyen sağlandığı için bunlardan talep edilen ücret özel bir hastanede aynı hizmet için talep edilen ücretle aynı olmayacaktır. Gelirin hangi kaynaktan sağlandığı ise fayda-maliyet analizinin konusu olmamakla birlikte elde edilen sonuçlar üzerinde bir değişikliğe de sebep olmamaktadır. Hastane projelerinin sağlayacağı faydalar yapılan muayenelerden elde edilen gelirler, ameliyat gelirleri, laboratuvar ve görüntüleme gelirleri, ilaç ve tıbbi malzeme gelirleri, otopark, kafeterya gibi işletilebilecek ticari alanların gelirleri olarak sayılabilir. Projenin meydana getireceği maliyetler ise yıllık işletme giderleridir. Yıllık işletme giderlerine örnek olarak hizmet alım giderleri, sarf malzemeleri ve ilaç giderleri, vergiler gibi giderler gösterilebilir.

Net Bugünkü Değer (NBD): Projenin nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farkın belirlenmesi ve farkın sıfırdan büyük olması halinde projenin kabulünü öngören bir yöntemdir. Bu yöntem paranın zaman değerini ve projenin ekonomik ömrünü dikkate almaktadır [113].

Yapılması düşünülen bir yatırım projesinin net bugünkü değerinin hesaplanması için iki tür bilginin bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bunlar;

- Beklenen net nakit akışlarının iskonto edilmiş değeri,

- Projenin gerektirdiği yatırım harcamalarının iskonto edilmiş değeridir.

Beklenen nakit girişlerinin bugünkü değerinden proje maliyetinin bugünkü değerinin çıkarılması ile projenin net bugünkü değerı hesaplanır. Projenin net bugünkü değerı pozitif ise proje kabul edilir. Birden fazla proje alternatifi bulunması durumunda ise en büyük net bugünkü değerı gösteren yatırım projesi kabul edilmektedir. Net bugünkü değer yönteminin projeleri sıralamadaki üstünlüğü, işletme değerini maksimize edecek yatırım projelerinin seçimi üzerinde durmasıdır [113].

Net bugünkü değer ve fayda-maliyet oranı yatırım projelerini değerlendirmede kullanılan finansal yöntemlerdir. Çalışma konusu problemde ele alınan projeler ise kamu tarafından gerçekleştirilmesi planlanan hastane projeleridir. İlk bakışta kamu yararı için gerçekleştirilen projelerde finansal göstergelerin kullanılması mantıklı gözükmeyebilir. Fakat proje kamu yararı için gerçekleştiriliyor olsa da kaynakların verimli kullanılması gerektiği gerçeği değişmemektedir. Örneğin etrafında hiçbir yerleşim birimi bulunmayan ve şehrin 100 kilometre uzağındaki hastane de kamu yararı için yapılabilir. Fakat bu uç örneğin finansal göstergelerinin, daha mantıklı bir yerde gerçekleştirilen bir hastane projesinden daha kötü çıkacağı söylenebilir. Sonuç olarak bu göstergelerin kullanılmasının, proje bir kamu altyapı projesi olsa da, gerekli olduğu söylenebilir. Bunun bir istisnası projenin karakteristiği gereği böyle bir yerde gerçekleştirilmesidir. Böyle bir şart bulunduğunda bunun yapılacak hesaplamalarda dikkate alınacak olması bir yana, problemimizde böyle istisnai bir durum bulunmamaktadır.

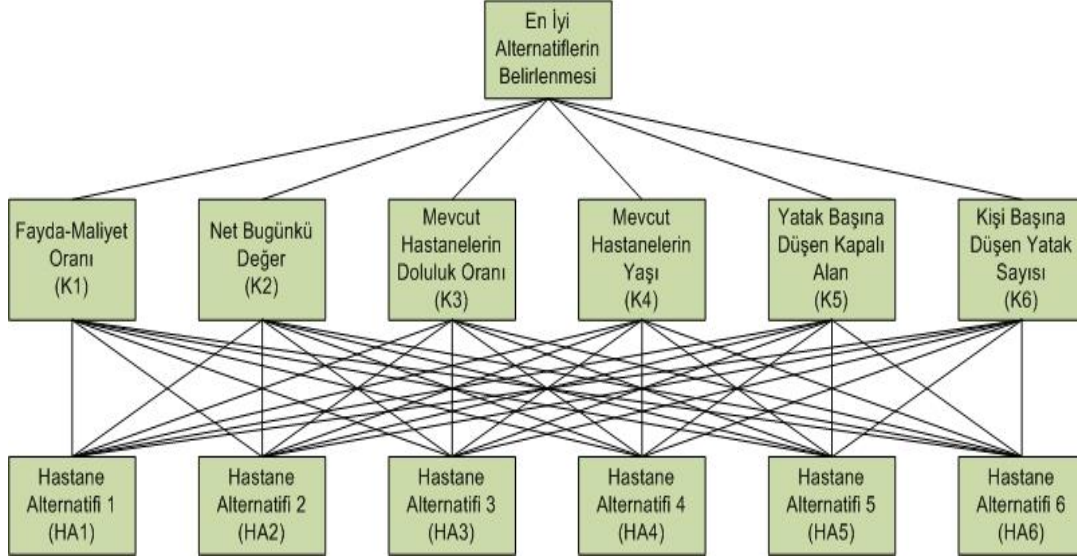
Mevcut hastanelerin doluluk oranı: Projelerin değerlendirilmesinde kullanılacak bir başka kriterdir. Günümüzde gelişmekte olan ülke olarak tanımlanabilen ülkelerin hiçbirisinde; yapılacak bir hastane yatırımı o şehre yapılacak ilk hastane olmayacaktır. Dolayısıyla yeni yapılacak hastanelere ilişkin kararların verilmesinde o şehirde bulunan diğer hastanelerin durumunun büyük önemi olacaktır. Mevcut hastanelerin durumu yeni hastaneye ne kadar ihtiyaç duyulduğu hakkında önemli ipuçları vermektedir. Hastanelerdeki doluluk oranı arttıkça fiziki imkanlar yeterli gelmemeye başlamakta, verim azalmakta ve hizmet kalitesi düşmektedir. Dolayısıyla mevcut hastaneleri kısıtlayan bu durum, yani yüksek doluluk oranları, yeni hastanenin açılması için mantıklı bir sebep olabilir.

Mevcut hastanelerin yaşı: Gerçekleştirilmesi planlanan hastane projesinin bulunduğu şehirdeki diğer hastane binalarının kaç yaşında olduğunu gösteren kriterdir. Mevcut hastanelerin yaşı; hastanelerin bakım onarım giderleriyle, depreme dayanıklılığıyla, hastanelerin zaman içinde artan ihtiyaçlara cevap verebilme yeteneğiyle ters orantılı olarak değiştiği için bu kriter de yeni hastaneye duyulan ihtiyacı belirlemek konusunda mantıklı bir gösterge olabilir.

Mevcut hastanelerde yatak başına düşen kapalı alan: Bu kriter de o şehirde mevcut bulunan hastanelerin verilerine dayanmakta olup hastane binalarının toplam kapalı alanının hastanedeki yatak sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu rakam hastanenin fiziki imkanları hakkında fikir veren bir gösterge olup, mümkün olduğunca büyük olması istenmektedir. Hastanelerde yüksek talepten dolayı zaman içerisinde yatak sayısı artırılabilir ve bu sebeple yatak başına düşen kapalı alan azalmaktadır. Fakat bu, sağlık hizmetinin kalitesinin muhafaza edilmesi açısından istenmeyen bir durumdur. Geçen zamanla ve küreselleşen dünyada standartların sürekli yükselmesi nedeniyle devletler bu rakamı artırma girişimlerini sürdürmektedir. Örneğin 2004 yılında yapılan bir çalışmaya göre 1990’larda Amerika ve Fransa’da 90 metrekare olan yatak başına düşen kapalı alan 135-155 metrekare aralığına yükselmiştir [114]. Bu kriter, matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından, problemin çözümü için kullanılan yöntemler içerisinde “100 m²’ye düşen yatak sayısı” şeklinde kullanılmıştır ve veriler de bu şekilde düzenlenmiştir.

Mevcut hastanelerde kişi başına düşen yatak sayısı: Sağlık sektörünün önemli göstergelerinden biridir. Bin kişi başına düşen yatak sayısı veya on bin kişi başına düşen yatak sayısı şeklinde ölçülebilmektedir. Bu kriter yatak başına düşen kapalı alan kriteri ile birlikte değerlendirildiğinde gerçek durumu yansıtmaması açısından daha başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Örneğin kapalı alanı çok geniş olmasına rağmen yatak sayısı göreceli olarak düşük olan bir hastanede yatak başına düşen kapalı alan yüksek olacak ve alternatif bu kriterden iyi bir puan alacaktır. Fakat bu kriter kişi başına düşen yatak sayısı kriteri ile birlikte ele alındığında durum ortaya çıkacaktır ve yatak sayısının az olduğu anlaşılacaktır. 2009 yılı verilerine göre kişi başına düşen yatak sayısının en yüksek olduğu ülkeler bin kişi başına 12,7; 9,8 ve 9,3 ile sırasıyla Japonya, Rusya ve Ukrayna’dır [115]. Bu kriter, matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından, problemin çözümü için kullanılan yöntemler içerisinde “1 yatağa düşen kişi sayısı” şeklinde kullanılmıştır ve veriler de bu şekilde düzenlenmiştir.

Kriterlerin belirlenmesinden sonra hiyerarşinin eksik olan parçası da tamamlanmış olmaktadır. Bu durumda oluşturulan hiyerarşi aşağıdaki gibidir (Şekil 7.1.).



Şekil 7.1. Problemin hiyerarşisi

Kriterlerin belirlenmesi ve böylelikle hiyerarşinin oluşturulmasının ardından sıra kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesine gelmiştir. Bunun için öncelikle kriterlerin ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması, sonrasında matris işlemleriyle bu matristen kriterlerin yüzde cinsinden önem ağırlıklarının elde edilmesi gerekmektedir.

Kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi, bu matrisin tutarlılığı ve bu matristen elde edilen ağırlık değerleri Çizelge 7.1.'de verilmektedir.

Çizelge 7.1. İkili karşılaştırma matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	Ağırlık	Tutarlılık Oranı
K ₁	1,000	0,500	0,200	3,000	3,000	0,200	0,079	0,07<0,1 Matris Tutarlı
K ₂	2,000	1,000	0,142	5,000	2,000	0,142	0,071	
K ₃	5,000	7,000	1,000	7,000	5,000	1,000	0,370	
K ₄	0,333	0,200	0,142	1,000	0,500	0,125	0,044	
K ₅	0,333	0,500	0,200	2,000	1,000	0,142	0,059	
K ₆	5,000	7,000	1,000	8,000	7,000	1,000	0,378	
Toplam	13,667	16,200	2,686	26,000	18,500	2,611	1,000	

Yapılan hesaplamalar sonucunda matrisin tutarlılığı yaklaşık olarak 0,07 çıkmıştır. Tutarlılık değerinin 0,1'den küçük çıkması matrisin tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda ikili karşılaştırma matrisinde yapılan yargılamalar güvenilir denebilir. Söz konusu matristen kriter ağırlıklarının elde edilmesinde sütunun her bir satırındaki elemanın sütundaki elemanların toplamına bölünmesiyle elde edilen normalizasyon yönteminde faydalanılmıştır.

Matris işlemleri sonucunda elde edilen kriter ağırlık değerleri tablonun ağırlık sütununda görülmektedir. Elde edilen bu değerler çözümün sonraki aşamasında, VIKOR yönteminin uygulanması esnasında kullanılmıştır.

7.2. VIKOR Hesaplamaları

Problemde H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , H_5 , ve H_6 olarak anılan alternatiflerin; K_1 , K_2 , K_3 , K_4 , K_5 ve K_6 olarak anılan kriterler karşısında elde ettiği puanlar Çizelge 7.2.'de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Karar matrisi

	F/M Oranı	NBD	M.H. Doluluk Oranı	M.H. Yaşı	M.H. 100 m ² 'ye Düşen Yatak Sayısı	M.H. Bir Yatağa Düşen Kişi Sayısı
H1	1,296695	397 962 360	64,90%	47,64	1,49	1 111,11
H2	0,921429	-30 759 951	55%	25	1,07	833,33
H3	1,057612	18 337 016	63%	20	1,61	400
H4	1,20314	207 162 539	60,30%	35,78	1,39	666,66
H5	1,051092	37 152 731	43,50%	50	1,44	625
H6	1,213178	87 828 023	49%	8	1,02	2 000

Bu tablodan elde edilecek, her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler ise aşağıdaki gibidir. Tespit edilen f_i^* ve f_i^- değerleri Çizelge 7.3.'te verilmektedir.

Çizelge 7.3. En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler

	f_i^* değerleri	f_i^- değerleri
K ₁	1,296695	0,921429
K ₂	397 962 360	-30 759 951
K ₃	64,90%	43,50%
K ₄	50	8
K ₅	1,61	1,02
K ₆	2 000	400

(f_i^*) ve (f_i^-) değerlerinin tespit edilmesinden sonra sıra S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasına gelmektedir ki bunun için bu değerlerin S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasında kullanılan denklemlerdeki yerlerine konması gerekmektedir (Bkz. Eş. 4.8-4.9). Denklemlerde kullanılan w_i değeri her bir kriterin ağırlığını ifade etmektedir. Bir önceki aşamada AHP hesaplamaları ile elde edilmiş olan ağırlık değerleri bu aşamada denklemdaki yerlerine konarak kullanılacaktır.

Çizelge 7.4. S_j ve R_j değerleri

	S_j değerleri	R_j değerleri
H ₁	0,2200	0,2055
H ₂	0,6706	0,2697
H ₃	0,5474	0,37
H ₄	0,4755	0,3083
H ₅	0,8163	0,37
H ₆	0,4468	0,2749

S_j ve R_j değerleri elde edildikten sonra ilgili denklem (Bkz. Eş. 4.10) kullanılarak Q_j değerleri hesaplanır. Denklemden yer alan ν değeri yöntemi literatüre kazandıran Tzeng ve diğerlerinin 2005 yılında yaptığı çalışmada [40] almış olduğu gibi 0,5 olarak alınmıştır. Bu değer maksimum grup faydasının ve minimum pişmanlığın uzlaşık sıralama üzerinde eşit oranda etkili olduğu anlamına gelmektedir. Hesaplanan Q_j değerleri Çizelge 7.5'teki gibidir.

Çizelge 7.5. Q_j değerleri

	Q_j değerleri
H ₁	0
H ₂	0,5731
H ₃	0,7745
H ₄	0,5267
H ₅	1
H ₆	0,4010

S , R ve Q değerlerinden sıralamaların elde edilmesinden sonra sıra uzlaşık çözümün elde edilebilmesi için “Kabul Edilebilir Avantaj” ve “Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar” koşullarının test edilmesine gelmiştir.

VIKOR yöntemindeki sıralamalarda en iyi alternatif en küçük sayısal değere sahip alternatiftir. Dolayısıyla S , R ve Q değerlerinden elde edilen sıralamaların koşulların test edilmesi aşamasında kullanılabilmesi için öncelikle en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru, yani en küçük değerden en büyük değere doğru sıralanması gerekmektedir. Alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralanmış hali Çizelge 7.6.’da verilmiştir.

Çizelge 7.6. Alternatiflerin S_j , R_j ve Q_j değerlerine göre sıralamaları

Q değerine göre sıralama		R değerine göre sıralama		S değerine göre sıralama	
H ₁	0	H ₁	0,2055	H ₁	0,2200
H ₆	0,4010	H ₂	0,2697	H ₆	0,4468
H ₄	0,5267	H ₆	0,2749	H ₄	0,4755
H ₂	0,5731	H ₄	0,3083	H ₃	0,5474
H ₃	0,7745	H ₅	0,37	H ₂	0,6706
H ₅	1	H ₃	0,37	H ₅	0,8163

1. Koşul’un test edilmesi için sağlanması gereken bir denklem bulunmaktadır (Bkz. Eş. 4.13). $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$ eşitsizliğindeki DQ değeri problemimizdeki gibi alternatif sayısının (J) 6 olduğu durumda $1/(6-1)=0,2$ olarak hesaplanmaktadır. Yukarıda anılan denklem uyarınca Q değerine göre yapılan sıralamada en iyi çıkan alternatifin ağırlık

değeri ile bu alternatiften sonra gelen alternatifin ağırlık değeri arasındaki farkın $0,2$ 'den büyük olması gerekmektedir. $0,4010 - 0 \geq 0,2$ olduğundan dolayı a' alternatifi

1. Koşul'u sağlamaktadır denebilir.
2. Koşul'un test edilmesi için ise Q değeri ile elde edilen sıralamalara ek olarak R ve S değeri ile elde edilen sıralamalardan faydalanılmaktadır. 2. Koşul'un sağlanması için alternatifin Q değerine göre yapılan sıralamadaki yerinin R veya S değerlerine göre yapılan sıralamalardan en az biriyle aynı olması gerekmektedir. Q değerine göre en iyi alternatif olan H_1 , R ve S değerlerine göre yapılan sıralamaların ikisine göre en iyi alternatif olarak görülmektedir. Bu durumda her üç sıralamada da aynı sırada yer alan H_1 alternatifinin 2. Koşul'u da sağladığı dolayısıyla uzlaşık çözüm olduğu söylenebilir.

Koşulların her ikisi de sağlandığı için; koşullardan birisinin sağlanmadığı durumlarda başvurulan ve farklı uzlaşık çözüm önerileri sunabilmek amacıyla kullanılan yöntemlerin denenmesine gerek kalmamaktadır.

Yöntemi literatüre kazandıran Opricovic ve Tzeng'in çalışmasında VIKOR yönteminin elde ettiği sıralamaya ek olarak belirli bir avantaj oranına sahip bir uzlaşık çözüm sunmakta olduğunu belirtmiştir [31]. Bahsedilen bu uzlaşık çözüm her iki koşulu da sağladığı tespit edilen H_1 alternatifidir. Yukarıda VIKOR yöntemi sonucunda elde edildiğinden bahsedilen sıralama ise yine Opricovic ve Tzeng'in [34] ve Opricovic'in [37] çalışmalarında da örnekleri görülebileceği gibi Q değerleri ile elde edilen sıralamadır. Bu durumda VIKOR yöntemi sonucunda elde edilen sıralama Çizelge 7.7.'de verilmiştir.

Çizelge 7.7. VIKOR Yönteminden elde edilen sıralama

Sıralama	Alternatif	Ağırlık Değeri
1	H_1	0
2	H_6	0,4010
3	H_4	0,5267
4	H_2	0,5731
5	H_3	0,7745
6	H_5	1

Tablodan da anlaşılacağı gibi uzlaşık çözüm olarak belirlenen H_1 alternatifini sırasıyla H_6 , H_4 , H_2 , H_3 ve H_5 alternatifleri takip etmektedir.

Tipik bir çok kriterli karar verme probleminde olduğu gibi; alternatiflerin kriterler karşısında değerlendirilmesinden elde edilen sonuca ihtiyaç duyulduğu durumlarda, VIKOR yönteminden elde edilen uzlaşık çözüm veya ihtiyaca göre uzlaşık sıralama, istenen sonucu sağlamakta son derece mantıklı sonuçlar vermektedir. Fakat probleme dahil edilmesi gereken kısıtların bulunduğu durumlarda bu kısıtların problem içerisinde kullanılabilmesi için farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

7.3. Hedef Programlama Hesaplamaları

Problemin sonuca ulaşabilmesi için yukarıda da bahsedildiği gibi çok kriterli karar verme yönteminden sonra bazı kısıtların probleme dahil edilmesi gerekmektedir. Bu kısıtlar genel olarak üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar bütçe kısıtı, bölgesel kalkınma kısıtı ve VIKOR ağırlık kısıtı olarak sıralanabilir. Hastane projelerinin gerçekleştirilebilmesi için toplam 1,25 milyar birimlik bir yatırım bütçesi bulunmaktadır. Dolayısıyla altı alternatif arasından seçilecek olanların bu bütçe kısıtını aşmaması gerekmektedir. Bölgesel kısıtlar ise iki adettir. İlk olarak ülkenin diğer bölgelerine kıyasla sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyesi daha düşük olan bölgelerin ağırlık puanları daha yüksek tutulmuş ve böylece bu bölgelerdeki hastanelerin tercih edilebilirliklerinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olması sağlanmıştır. Buradaki amaç yatırımların gelişmişlik seviyesi daha düşük bölgelerde yapılmasını sağlamak, böylece kamu yatırımlarının vatandaşın hayat kalitesi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini kullanarak bölgeyi daha yaşanabilir bir hale getirmektir. İkinci bölgesel kısıt ise genel bir kısıt olmayıp sadece iki alternatifi bağlamaktadır. Alternatiflerden ikisi aynı coğrafi bölgede yer almakta ve bu iki alternatif arasındaki ulaşım altyapısının gelişmişliği sayesinde bunlar arasında kısa zamanda ulaşım sağlanabilmektedir. Bu kısıtla amaçlanan aynı potansiyele hitap eden iki alternatifi aynı anda gerçekleştirilmesini engellemek, bunlardan en fazla birinin gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Son kısıt ise VIKOR ağırlık kısıtıdır. Bu kısıtta VIKOR yönteminden elde edilen ağırlık değerleri, değişkenlerin ağırlıkları olarak kullanılmaktadır. VIKOR yönteminin en iyi alternatife verdiği değer sıfır olduğu için, modelin en iyi (yani ağırlık değeri sayısal olarak en düşük) alternatifleri seçmesini sağlamak amacıyla bu kısıt sifra eşitlenmiştir.

Alternatiflerin, hedef programlama modelinde karşılanması istenen kısıtlara ilişkin verileri Çizelge 7.8.'de verilmektedir.

Çizelge 7.8. Hedef programlama modelinde kullanılacak veriler

	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆
Yatırım Tutarı	707,4	195,3	214,4	540,7	441,9	207,4
Bölgesel Teşvik Katsayısı	4	1	4	1	2	1
VIKOR Ağırlığı	0	0,5731	0,7745	0,5267	0,7745	1

Yukarıda verilen veriler kullanılarak aşağıdaki hedef programlama modeli oluşturulmuştur (Eş. 7.1-7.7).

$$\text{Min}z = d_1^+ + d_2^- + d_3^+ + d_3^- \quad (7.1)$$

$$707,4x_1 + 195,3x_2 + 214,4x_3 + 540,7x_4 + 441,9x_5 + 207,4x_6 + d_1^- - d_1^+ = 1250 \quad (7.2)$$

$$4x_1 + 1x_2 + 4x_3 + 1x_4 + 2x_5 + 1x_6 + d_2^- - d_2^+ = 13 \quad (7.3)$$

$$x_4 + x_5 \leq 1 \quad (7.4)$$

$$0x_1 + 0,5731x_2 + 0,7745x_3 + 0,5267x_4 + 1x_5 + 0,4010x_6 + d_3^- - d_3^+ = 0 \quad (7.5)$$

$$x_i = 0 \text{ veya } 1 \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad (7.6)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (7.7)$$

Eş. 7.1 kurulan modelin amaç fonksiyonudur. Bu fonksiyon amaç fonksiyonlarından oluşacak belirli yöndeki sapmaları en aza indirmek için kullanılmaktadır. Modeldeki sapmalar 0'a eşit veya 0'dan büyük olabilir iken modeldeki karar değişkenleri ise ikili karar değişkenlerdir yani 0 veya 1 değerini almak durumundadırlar.

Eş. 7.2 bütçe hedefi ile alakalıdır. Bu eşitlikte karar değişkenlerinin önündeki değerler alternatiflerin yatırım tutarlarıdır. 1 250 değeri ise yatırım bütçesidir. Amaç fonksiyonunda bu eşitliğin pozitif sapması minimize edilmek istenmekte yani gerçekleştirilecek projelerin

yatırım tutarları toplamının, yatırım bütçesi olan 1 250 değerini en az miktarda aşması istenmektedir.

Eş. 7.3 bölgesel kalkınma hedefi ile alakalıdır. Bu eşitlikte karar değişkenlerinin önündeki değerler alternatiflerin bölgesel teşvik katsayılarıdır. Amaç fonksiyonunda bu eşitliğin negatif sapması minimize edilmek istenmektedir. Bu; gerçekleştirilecek projelerin bölgesel teşvik katsayıları toplamının 13 değerine mümkün olduğunca yakın olmasını sağlamaktadır. Böylece model bölgesel teşvik katsayısı yüksek olan hastane projelerini gerçekleştirmeye çalışmaktadır.

Eş. 7.4 ikinci bölgesel kısıtla alakalıdır. Hatırlandığı gibi yukarıda bahsedilmiş olan sebeplerden dolayı aynı anda gerçekleştirilmesi istenmeyen iki hastane projesi bulunmaktadır. Bu kısıtla aynı anda gerçekleştirilmesi istenmeyen iki hastane projesini temsil eden değişkenlerin toplamının 1'den büyük olmaması sağlanmaktadır. Böylece aynı anda gerçekleştirilmesi istenmeyen iki hastane projesinden sadece biri gerçekleştirilmekte ve bu iki hastaneyi temsil eden karar değişkenlerinin toplamı 1'in üzerine çıkmamaktadır.

Eş. 7.5 VIKOR ağırlık hedefi ile alakalıdır. Burada karar değişkenlerinin önündeki değerler bu değişkenlerin temsil ettiği proje alternatiflerinin VIKOR yöntemi sonucunda elde ettiği ağırlık değerleridir. Amaç fonksiyonda bu eşitliğin pozitif ve negatif sapması minimize edilmek istenmektedir. Bu sapmaların minimize edilmesi gerçekleştirilecek projelerin VIKOR ağırlıkları toplamının 0'a eşitlenmesi demektir. VIKOR yönteminde elde edilen en iyi alternatif, ağırlık değeri sayısal olarak en küçük olan alternatiftir. Yani VIKOR yöntemi sonucunda ağırlık değeri 0 olarak tespit edilen alternatif en iyi alternatiftir. Dolayısıyla gerçekleştirilecek projelerin VIKOR ağırlıkları toplamının sıfıra eşitlenmesi demek modelin esasında VIKOR ağırlıkları en yüksek olan alternatifleri gerçekleştirmeye çalışması demektir.

Eğer modeldeki hedeflerden bazılarının diğerlerine nazaran daha önemli olduğu düşünülüyorsa ağırlık değerleri yardımıyla önem ilişkisi modele yansıtılabilir. Bu durumda model ağırlıklı 0-1 hedef programlama modeline dönüşecektir. Yukarıdaki modelde bulunan kısıtların hepsi, karşılanması aynı derecede gerekli olan kısıtlar olduğu için ağırlık değerleri hesaba katılmamıştır. Kurulmuş olan bu 0-1 hedef programlama modeli LINDO programı ile çözülmüştür. Kurulmuş olan 0-1 hedef programlama modelinin LINDO

programı dilindeki versiyonu EK-1'de, modelin yine aynı programda çalıştırılması sonucu elde edilen program çıktısı ise EK-2'de verilmiştir. Modelin çözümü x_1 , x_3 ve x_6 ikili değişkenlerinin değerlerinin 1 olduğunu göstermektedir. Yani 0-1 hedef programlama modeli sonucunda H_1 , H_3 ve H_6 alternatifleri seçilmiştir. Bu üç alternatiften sonra gelecek herhangi bir dördüncü alternatifin bütçe kısıtını aşacak olması sebebiyle dördüncü bir alternatifin seçilmesi mümkün olmamıştır. Bu üç hastanenin yatırım tutarları toplamı bütçe kısıtının 120,8 milyon birim altında kalmış ve kısıtı aşmamıştır. Aynı şekilde, model çözüldürken VIKOR ağırlıkları ve diğer kısıtlar da dikkate alınmış, bu kısıtları en iyi sağlayan alternatifler seçilmiştir.

8. SONUÇ

Karar verme problemleri insanların hayatlarının her aşamasında karşı karşıya kaldıkları bir problemdir. Problemlerin “en ucuz olanı al” veya “en hızlı olanı tercih et” tipi, sonucu tek bir değişkene bağlı olan problemler olmaktan çıktığı ve karar kriterlerinin birden fazla olduğu durumlarda ise çok kriterli karar verme problemi kavramı ortaya çıkmıştır.

İnsanların verdikleri karmaşık kararları; herhangi bir değerlendirme sonucu elde edilmemiş olan subjektif kararlar olmaktan çıkarıp kararları mantıksal bir zemine oturtma ihtiyacının bir sonucu olarak çok kriterli karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmuş ve bu ihtiyaç neticesinde çok sayıda çok kriterli karar verme yöntemi üretilmiştir.

Çok kriterli karar verme problemlerinde birbirinden o kadar farklı konular ele alınmaktadır ki, bu alan vasıtasıyla çözülebilecek problemler kümesi kullanıcının hayal gücü tarafından sınırlanmaktadır denebilir. Çok kriterli karar verme alanında ele alınabilecek bu kadar fazla alternatif problem var iken bazı konular üzerinde fazlaca yoğunlaştığı görülmekte bazı konular üzerinde ise tek tük bazı yayınlar dışında fazla çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışmada bir dizi hastane projesi arasından seçim yapma problemi ele alınmıştır. Hastane projeleri; maliyeti yüksek, çevre üzerinde yaratacağı etkileri büyük, önemli altyapı projeleridir. Bu problemin ele alınmasındaki amaç bir dizi alternatif arasından hastane seçimi problemi gibi subjektif ve düzensiz kararlara dayalı gibi gözükken bir problemi bir sistematik çerçevesinde çözüme ulaştırmaktır. Bu doğrultuda öncelikle uzman görüşleri yardımıyla alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Kriterler belirlendikten sonra AHP yöntemi yardımıyla kriterlerin ağırlık değerleri elde edilmiştir. AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları daha sonra VIKOR yöntemi içerisinde kullanılmıştır. Alternatiflerin her bir kriterden aldığı değerler önceki adımda elde edilmiş olan kriter ağırlıklarıyla birlikte VIKOR yönteminde kullanılmıştır. Probleme sağlanması gereken bir takım kısıtlar bulunduğundan dolayı VIKOR aşamasından sonra 0-1 hedef programlama modeli kurulmuştur.

VIKOR yönteminin elde ettiği sıralamanın yanı sıra sunduğu uzlaşık çözüm; problemin amacının sadece en iyi alternatifi tespit etmek olduğu durumlarda çok güvenilir sonuçlar vermektedir. Çalışmada ele alınan problemin amacı her ne kadar bu olmasa da; uzlaşık çözümün tercih edildiği varsayıldığında sadece H_1 alternatifi seçilecektir. Bu durumda bütçe kısıtındaki sapma -542,6 olarak gerçekleşecektir. Ayrıca sadece tek bir alternatifin seçilmesinden dolayı bölgesel kalkınma kısıtlarının en iyilenmemiş olacağı da ortadadır. Bununla birlikte yöntem sonucunda elde edilen sıralama $H_1, H_6, H_4, H_2, H_3, H_5$ şeklindedir. Karar verme aşamasında dikkate alınan tek husus bu sıralama iken yapılan tercihlerin kısıtları sağlama açısından en iyi sonucu vermediği hedef programlama hesaplamaları yapıldıktan sonra daha iyi anlaşılacaktır.

VIKOR yönteminden sonra kullanılan hedef programlama yöntemi sonucunda ise H_1, H_3 ve H_6 alternatifleri seçilmiştir. Yani VIKOR yönteminin yaptığı sıralamada birinci, ikinci ve beşinci sırada olan alternatifler seçilmiştir. VIKOR yönteminden elde edilen sıralamada ikinci sırada olan alternatif hedef programlama sonucunda seçilmemiştir. Bunda yatırım maliyetinin yüksek olmasıyla birlikte bölgesel teşvik katsayısının yüksek olması da etkilidir. Hedef programlama sonucunda bütçe kısıtındaki sapma -120,8 olarak gerçekleşmiştir. VIKOR yönteminin önerdiği, tek bir alternatiften oluşan, uzlaşık çözümün seçilmesi durumunda bütçe kısıtında gerçekleşen -542,6 sapma ve yine bu tek alternatifin seçilmesi durumunda diğer kısıtlardan gerçekleşen sapmaların daha kötü değerler olduğu görülmektedir.

VIKOR yönteminden elde edilen sıralama kullanılarak yapılacak bir başka tercih ise en iyi alternatiften başlayarak bütçe kısıtı aşılanaya kadar bütün alternatifleri seçmek olabilir. Bu durumda en iyi ilk iki alternatif, yani H_1 ve H_6 , seçilebilmekte, üçüncü alternatif ise bütçe kısıtını aştığından dolayı seçilememektedir. Bunun sonucunda bütçe kısıtındaki sapma -335,2 olarak gerçekleşmektedir. Bu rakamın da hedef programlama sonucunda gerçekleşen sapmadan daha büyük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bu seçenekte iki adet proje seçildiği için bölgesel kısıtın da hedef programlama sonucunda elde edilen gerçekleşmeden daha iyi olmadığı görülmektedir.

VIKOR ve hedef programlama yöntemlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması neticesinde hedef programlama yönteminin, beklendiği gibi, kısıtları sağlama açısından

VIKOR yönteminden daha başarılı olduğu görülmektedir. VIKOR yöntemi alternatifleri kriterler bazında değerlendiren bir çok kriterli karar verme yöntemi olduğu ve zaten kısıtları karşılama gibi bir kaygısı olmadığı için bu durum çok normaldir. Burada dikkat edilmesi gereken esas nokta bu iki yöntemin birlikte çalışma konusundaki uyumudur. VIKOR yöntemi sıralama elde edilmesi ve hedef programlama yöntemi kısıtların sağlanması konusunda oldukça etkin yöntemlerdir. Bir arada kullanıldıklarında da bu etkinliklerinden herhangi bir şey kaybetmemektedirler.

Yapılan uygulama sonucunda ele alınan AHP, VIKOR ve hedef programlama yöntemlerinden oluşan sistemin ele alınan problemin çözümünde etkili bir bileşim olduğu görülmüştür. Seçilen yöntemlerin ulaşılmak istenen amaca hizmet eden yöntemler olması bu bileşimin etkili olmasının sebebidir. Özellikle VIKOR ve hedef programlama yöntemlerinin birlikte kullanımı ile literatürde nispeten az görülen bir bileşim oluşturulmuştur. Oluşturulan bütünleşik yaklaşım yine literatürde kendine nispeten az yer bulan bir problem olan hastane seçimi problemi üzerinde uygulanmış ve problem başarıyla çözülmüştür. Bu yaklaşım her ne kadar hastane seçimi problemi üzerinde uygulanmış olsa da çok kriterli karar verme alanının bir başka problemi üzerinde de rahatlıkla kullanılabilir. Çok kriterli karar verme problemlerinin doğasında olduğu gibi bu çalışmada da kriterler konusunun problemin sonucunu doğrudan etkileme potansiyeline sahip olduğu unutulmamalıdır. Kriterlerde veya kriterlerin puanlanması aşamasında yapılacak bir değişiklik problemin sonucunu doğrudan etkileyecektir.

Bundan sonraki çalışmalarda aynı problemin farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle ele alınması faydalı olabilecektir. Diğer taraftan hastane projelerinin seçiminde kullanılacak başka yeni kriterlerin araştırılması literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Amiri, M.P., (2010). Project Selection for Oil-Fields Development by Using the AHP and Fuzzy TOPSIS Methods. *Expert Systems with Applications*, 37, 6218-6224.
2. Mohanty, R.P. (1992). Project Selection by a Multiple Criteria Decision Making Method: an Example from a Developing Country. *International Journal of Project Management*, (10),31-38.
3. Triantaphyllou, E., Mann, S.H. (1995). Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, (2):1, 35-44.
4. Kwak, N.K., Lee, C. (1998) A Multicriteria Decision Making Approach to University Resource Allocations and Information Infrastructure Planning. *European Journal of Operational Research*, 110, 234-242.
5. Karydas, D.M., Gifun, J.F. (2006). A Method for Efficient Prioritization of Infrastructure Renewal Projects. *Reliability Engineering and System Safety*, 91, 84-99.
6. Lee, J.W., Kim, S.H. (2000). Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdependent Information System Project Selection. *Computers & Operations Research*, 27, 376-382.
7. Sowlati, T., Paradi, J.C., Suld, C. (2005). Information Systems Project Prioritization Using Data Envelopment Analysis. *Mathematical and Computer Modelling*, 41, 1279-1298.
8. Cook, W.D., Green, R.H. (2000). Project Prioritization: a Resource-Constrained Data Envelopment Analysis Approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34, 85-99.
9. Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Caloghirou, Y. (2006). Project Prioritization Under Policy Restrictions. A Combination of MCDA with 0-1 Programming. *European Journal of Operational Research*, 171, 296-308.
10. Nikjoo, M.A., Khah, M.M., Moghimi, A. (2011). Fuzzy TOPSIS and GP Application for Evaluation and Selection of a Suitable ERP. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(11), 1358-1367.
11. Reddy, R.M., Naidu, M.M., Govindarajulu, P. (2007). An Integrated Approach of Analytic Hierarchy Process Model and Goal Model (AHP-GP Model) for Selection of Software Architecture. *International Journal of Computer Science and Network Security*, (7):10, 108-117.
12. Krüger, H.A., Hattingh, J.M. (2006). A combined AHP-GP Model to Allocate Internal Auditing Time to Projects. *Journal of the Operations Research Society of South Africa*, (22):1, 59-77.
13. Lee, J.W., Kim, S.H. (2001). An Integrated Approach for Interdependent Information System Project Selection. *International Journal of Project Management*, 19, 111-118.

14. Kim, I., Shin, S., Choi, Y., Thang, N.M., Ramos, R.E., Hwang, W.-J. (2009). Development of a Project Selection Method on Information System Using ANP and Fuzzy Logic. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 29, 411-416.
15. Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., Zaeri, M.S. (2011). Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, Volume 1 Number 3, 135-140.
16. Dağdeviren, M., Eren, T. (2001) Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (16):2, 41-52.
17. Liao, C.-N., Kao, H.-P. (2011) An Integrated Fuzzy TOPSIS and MCGP Approach to Supplier Selection in Supply Chain Management. *Expert Systems with Applications*, 38, 10803-10811.
18. Dodangeh, J., Yusuff, R. B. M., Jassbi, J. (2010). Using TOPSIS Method with Goal Programming for Best Selection of Strategic Plans in BSC Model. *Journal of American Science*, 6,3.
19. Moradpour, S., Ebrahimnejad, S., Mehdizadeh, E., Mohamadi, A. (2011) Using Hybrid Fuzzy PROMETHEE II and Fuzzy Binary Goal Programming for Risk Ranking: A Case Study of Highway Construction Projects. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 9(47-55).
20. Bertolini, M., Bevilacqua, M. (2006). A Combined Goal Programming – AHP Approach to Maintenance Selection Problem. *Reliability Engineering and System Safety*, 91, (839-848).
21. Li, W., Guangwen, M. (1990). Application of Multi-Objective Programming with Analytical Hierarchy Process to River Water Quality Management. *The Hydrological Basis for Water Resources Management*, IAHS Publication No: 197.
22. Yılmaz, B., Dağdeviren, M. (2011). A Combined Approach for Equipment Selection: F-PROMETHEE Method and Zero-One Goal Programming. *Expert Systems with Applications*, 38, 11641-11650.
23. Mukherjee, K., Bera, A. (1995). Application of Goal Programming in Project Selection Decision – A Case Study from the Indian Coal Mining Industry. *European Journal of Operational Research*, 82, 18-25.
24. Barfod, M., B. (2012). An MCDA Approach for the Selection of Bike Projects Based on Structuring and Appraising Activities. *European Journal of Operational Research*, 218, 810-818.
25. Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Kourentzis, A. (2008). Selection Among Ranked Projects Under Segmentation, Policy and Logical Constraints. *European Journal of Operational Research*, 187, 177-192.

26. Aragonés, -Beltrán, P., Chaparro, -González, F., Pastor-Ferrando, J., P., Rodríguez, -Pozo, F. (2010). An ANP Based Approach for the Selection of Photovoltaic Solar Power Plant Investment Projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 249-264.
27. San Cristobal, J.R. (2011). Multi-Criteria Decision-Making in the Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor Method. *Renewable Energy*, 36, 498-502.
28. Schniederjans, M.J., Wilson, R.L. (1991). Using the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Information System Project Selection. *Information & Management*, 20, 333-342.
29. Muralidhar, K., Santhanam, R., Schniederjans, M.J. (1988). An Optimization Model for Information System Project Selection. *Management Science and Policy Analysis*, 6, 53-62.
30. Schutte, I.C., Brits, A. (2012). Prioritising Transport Infrastructure Projects: Towards a Multi – Criterion Analysis. *Southern Africa Business Review*, Volume 16, Number 3, 97-117.
31. Opricovic, S., Tzeng, G.-H. (2004). Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
32. Özden, Ü. H., Başar, Deniz,H., Kalkan, Bağdatlı, S. (2012). İMKB’de İşlem Gören Çimento Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Sıralanması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 17, 23-44.
33. Göktürk, İ.F., Eryılmaz, A.Y., Yörür, B., Yuluğkural, Y. (2011). Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde AAS Ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25.
34. Opricovic, S., Tzeng, G.-H. (2007). Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods. *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529.
35. Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N. (2008). Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, (20):1,19-28.
36. Mohaghar, A., Fathi, M.R., Sasani, A., Khanmohammadi, K. (2012). Integration of Linear Goal Programming and Fuzzy VIKOR Method for Marketing Strategy Selection: A Case Study. *Journal of American Science*, 8(6).
37. Opricovic, S., (2011). Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning. *Expert Systems with Applications*, 38, 12983-12990.
38. Bondor, C.-I., Kacso, I.M., Lenghel, A., Istrate, D., Mureşan, A. (2013). VIKOR Method for Diabetic Nephropathy Risk Factors Analysis. *Applied Medical Informatics*, (32):1, 43-52.

39. Görener, A. (2011). Bütünleşik ANP-VIKOR Yaklaşımı İle ERP Yazılımı Seçimi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, (5):1, 97-110.
40. Tzeng, G.-H., Lin, C.-W., Opricovic, S. (2005). Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation. *Energy Policy*, 33, 1373-1383.
41. Kaya, T., Kahraman, C. (2010). Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of İstanbul. *Energy*, 35, 2517-2527.
42. Kaya, T., Kahraman, C. (2011). Fuzzy Multiple Criteria Forestry Decision Making Based on an Integrated VIKOR and AHP Approach. *Expert Systems with Applications*, 38, 7326-7333.
43. Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., Ray, T. (1998). *Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach*. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, (J.G. Webster, Ed.). New York: John Wiley & Sons, 15, 175-186.
44. Zimmermann, H.J. (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers, Second Edition.
45. Tabucanon, M.T. (1988). *Multiple Criteria Decision Making in Industry*. Amsterdam: Elsevier.
46. Xu, L., Yang, J.-B. (2001). *Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach*, Working Paper No. 0106, 3, Manchester School of Management, Institute of Science and Technology, University of Manchester.
47. Habenicht, W., Scheubrein, B., Scheubrein, R. (2003). Multiple-Criteria Decision Making. *Encyclopedia of Life Support Systems, Optimization and Operations Research*, 5, 257-280.
48. Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 57-68.
49. Merkin, B.G. (1979). *Group Choice*. New York: John Wiley & Sons.
50. Forman, E.H., Gass, S.I. (2001). The Analytic Hierarchy Process – An Exposition, *Operations Research*, 49(4), 469-486.
51. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill Book Co.
52. Putrus, P. (1990). Accounting for Intangibles in Integrated Manufacturing (Nonfinancial Justification Based on the Analytic Hierarchy Process). *Information Strategy*, 6, 25-30.
53. Boucher, T.O., McStravic, E.L. (1991). Multi-Attribute Evaluation within a Present Value Framework and Its Relation to the Analytic Hierarchy Process. *The Engineering Economist*, 37, 55-71.

54. Wabalickis, R.N. (1988). Justification of FMS with the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Manufacturing Systems*, 17, 175-182.
55. Cambron, K.E., Evans, G.W. (1991). Layout Design Using the Analytic Hierachy Process. *Computers & IE*, 20, 221-229.
56. Wang, L., Raz, T. (1991). Analytic Hierarchy Process Based on Data Flow Problem, *Computers & IE*, 20, 355-365.
57. Hogan, K.M., Olson, G., Rahmlow, H. (2000). A Model for the Prediction of Corporate Bankruptcy Using the Analytic Hierarchy Process. *Multi-Criteria Applications*, 10, 85-102.
58. Forgionne, G.A., Kohli, R., Jennings, D. (2002). An AHP Analysis of Quality in AI and DSS Journals. *OMEGA-The International Journal of Management Science*, 30, 171-183.
59. Byun, D.H. (2001). The Approach for Selecting an Automobile Purchase Model. *Information and Management*, 38(5), 298-297.
60. Bahurmoz, A.M.A. (2006). The Analytic Hierarchy Process: A Methodology for Win-Win Management. *JKAU: Econ.&Adm.*, (20): 1, 3-16.
61. Saaty, T.L. (2008). Decision Making with Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, (1):1, 83-98.
62. Saaty, T.L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, (48), 9-26.
63. Supçiller, A.A., Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Sayı: 13 (12. Uluslar arası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), 1-22.
64. Millet, I., Saaty, T.L. (2000). On the Relativity of Relative Measures – Accommodating Both Rank Preservation and Rank Reversals in the AHP. *European Journal of Operational Research*, 121(1), 205-212.
65. Saaty, T.L., Vargas, L. (1993). Experiments on Rank Preservation and Reversal in Relative Measurement. *Mathematical and Computer Modelling*, 17 (4/5), 13-18.
66. Saaty, T.L. (1996). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: RWS Publication.
67. Narasimhan, R. (1983). An Analytical Approach to Supplier Selection, *Journal of Purchasing Materials Management*, 19, 27-32.
68. Wu, J., Wu, N. (1984). Analyzing Multi-Dimensional Attributes for the Single Plant Location via an Adaptation of The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Operations & Production Management*, 4(3), 13-21.

69. Hedge, G., Tadikamalla, P. (1990). Site Selection for a “Sure Service Terminal”. *European Journal of Operational Research*, 48, 77-70.
70. Liberatore, M.J., Nydick, R.L., Sanchez, P.M. (1992). The Evaluation of Research Papers (or How to Get an Academic Committee to Agree on Something). *Interfaces*, 22 (2), 92-100.
71. Bahurmoz, A. (2003). The Analytic Hierarchy Process at Dar Al-Hekmah, Saudi Arabia. *Interfaces*, 33(4), 70-78.
72. Carlsson, C., Walden, P. (1995). AHP in Political Group Decisions: A Study in the Art of Possibilities. *Interfaces*, 25(4), 14-29.
73. Ramanathan, R. (2001). A Note on the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment. *Journal of Environment Management*, 63, 27-35.
74. Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis. Strengthening PROMETHEE with Ideas of AHP, *European Journal of Operational Research*, 153, 307-317.
75. Kasperczyk, N., Knickel, K. (2010). *The Analytic Hierarchy Process*, Institut für Landliche Strukturforschung an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.
76. Zahir, S. (1999). Clusters in Group: Decision Making in the Vector Space Formulation of the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 112, 620-634.
77. Millet, I., Wedley, W.C. (2002). Modelling Risk and Uncertainty with the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11, 97-107.
78. Coyle, G. (2004). *The Analytic Hierarchy Process*, Pearson Education Limited.
79. Opricovic, S. (1998). *Multi Criteria Optimization of Civil Engineering Systems*. Belgrade: Faculty of Civil Engineering.
80. Yu, P.L. (1973). A Class of Solutions for Group Decision Problems. *Management Science*, 19(8), 936-946.
81. Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
82. Roy, B., Bertier, B. (1972). *La Methode ELECTRE II*. Sixieme Conference Internationale de Recherche Operationelle, Dublin.
83. Jones, D., Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming, International Series in Operations Research and Management Science*. Springer.
84. Charnes, A., Cooper, W.W., Ferguson, R. (1955). Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming. *Management Science*, 1, 138–151.

85. Charnes, A., Cooper, W.W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York: John Wiley & Sons.
86. Ijiri, Y. (1965). *Management Goals and Accounting for Control*. Amsterdam: North Holland.
87. Lee, S.M. (1972). *Goal Programming for Decision Analysis*. Philadelphia: Auerback.
88. Ignizio, J.P. (1976). *Goal Programming and Extensions*, Lexington: Lexington Books.
89. Leung, S.C.H., Wu, Y., ve Lai, K.K. (2003). Multi-Site Aggregate Production Planning with Multiple Objectives: A Goal Programming Approach. *Production Planning & Control*, Vol. 14, No. 5, 425–436.
90. Halaç, O. (1995). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*. İstanbul: Alfa Basım, 3. Basım, 503.
91. Sağır, M., Atlas, M., Aras, N., Kamışlı, Öztürk, Z. (2013). *Yöneylem Araştırması-I*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını, No: 2528, 146-170.
92. Teke, S. (1998). *Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Tekniklerinin Karşılaştırılması – Üretim Planlama Probleminde Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi.
93. Ignizio, J.P., Romero, C. (2003). Goal Programming. *Encyclopedia of Information Systems*, Volume 2, Elsevier Science, 493.
94. Tamiz, M., Jones, D.F., El-Darzi, E. (1995). A review of goal programming and its applications. *Annals of Operations Research*, 58, 39–53.
95. Jones, D.F., Tamiz, M. (2002). Goal Programming in the period 1990–2000. *Multi-Criteria Optimization: State of the Art Annotated Bibliographic Surveys*. Kluwer Academic Publishers, 129–170.
96. Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
97. Esin, B. (2007). *Bulanık Kümelerin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
98. Belmokaddem, M., Mekidiche, M., Sahed, A. (2009). Application of a Fuzzy Goal Programming Approach with Different and Priorities to Aggregate Production Planning. *Journal of Applied Quantitative Methods*, Vol. 4, No. 3.
99. Gupta, M., Bhattacharjee, D. (2011). An Approach to Solve the Fuzzy Multi Objective Linear Fractional Goal Programming Problem. *Journal of Statistics and Mathematics*, Volume 2, Issue 1.
100. Romero, C. (1991). *A Handbook of Critical Issues in Goal Programming*. Oxford: Pergamon Press.

101. Despotis, D.K. (1996). Fractional Minimax Goal Programming: A Unified Approach to Priority Estimation and Preference Analysis in MCDM. *Journal of the Operational Research Society*, 47, 989-999.
102. Caballero, R., Hernandez, M. (2006). Restoration of Efficiency in a Goal Programming Problem with Linear Fractional Criteria. *European Journal of Operational Research*, 172, 31-39.
103. Taha, H.A. (2000). *Yöneylem Araştırması (çev. Baray, A., Esnaf, Ş.)*. Literatür Yayıncılık, 6. Basım, 343-360.
104. Ehrgott, M., Gandibleux, X. (2002). Multiobjective Combinatorial Optimization – Theory, Methodology and Applications, *Multi-Criteria Optimization – State of the Art Annotated Bibliographic Surveys*. Kluwer Academic Publishers, 369-444.
105. Kim, G.C., Emery, J. (2000). An Application of Zero-One Goal Programming in Project Selection and Resource Planning – a Case Study from the Woodward Governor Company. *Computers & Operations Research*, 27, 1389-1408.
106. Abramson, D., Dang, H., Krishnamoorthy, M. (1996). A Comparison of Two Methods for Solving 0-1 Integer Programs Using a General Purpose Simulated Annealing Algorithm. *Annals of Operations Research*, 63, 129-150.
107. Turanlı, R. İşgüden, T. (1987). *Ansiklopedik Ekonomi Sözlüğü*. İstanbul: Bilim Teknik Yayınları.
108. Savaş, V. (1986). *Kalkınma Ekonomisi*. İstanbul: Beta Yayınları.
109. Peterson, T. (1975). Reports and Comments, Cost-Benefit Analysis for Evaluating Transportation Proposals; Los Angeles Case Study. *Land Economics*, Vol. 51, p. 72-79.
110. Douglas, E.J. (1987). *Managerial Economics: Analysis and Strategy, Third Edition*. New Jersey: Prentice-Hall International Editions.
111. Schauer, P.B. (1988). The Economics of Managing Library Service. *The Southern Economic Journal*, 55, 1,233.
112. Boylu, M. (2005). *A Benefit/Cost Analysis for the Seismic Rehabilitation of Existing Reinforced Concrete Buildings in İzmir*, Master Thesis, İzmir Institute of Technology, The Graduate School of Engineering and Sciences, İzmir.
113. Sevil, G., Başar, M., Çoskun, M. (2013). *Finansal Yönetim-II*. Anadolu Üniversitesi Yayınları, s.76.
114. Building Design Partnership. (2004). *Learning from French Hospital Design*. Building Design Partnership.
115. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. (2011). *Sağlık Ekonomisi Alt Komisyon Raporu*. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı.

EKLER

EK-1. LINDO programında kurulan matematiksel model

MIN $da1+de2+da3+de3$;

SUBJECT TO

$707.4 x1+195.3 x2+214.4 x3+540.7 x4+441.9 x5+207.4 x6+de1-da1=1250$

$4 x1+1 x2+4 x3+1 x4+2 x5+1 x6+de2-da2=13$

$x4+x5 \leq 1$

$0 x1+0.5731 x2+0.7745 x3+0.5267 x4+1 x5+0.4010 x6+de3-da3=0$

END

INT x1

INT x2

INT x3

INT x4

INT x5

INT x6

EK-2. Kurulan modelin LINDO programında çalıştırılmasıyla elde edilen çıktı

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6
OBJECTIVE VALUE = 4.90213490

FIX ALL VARS.(3) WITH RC > 0.000000E+00

NEW INTEGER SOLUTION OF 5.17549992 AT BRANCH 0 PIVOT 15
BOUND ON OPTIMUM: 5.175500
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 15

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 5.175500

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	-4.000000
X2	0.000000	-0.426900
X3	1.000000	-3.225500
X4	0.000000	-0.473300
X5	0.000000	-1.000000
X6	1.000000	-0.599000
DA1	0.000000	1.000000
DE2	4.000000	0.000000
DA3	0.000000	1.000000
DA4	1.175500	0.000000
DE4;	0.000000	1.000000
DE1	120.799988	0.000000
DA2	0.000000	1.000000
DE3	1.000000	0.000000
DE4	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	-1.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	1.000000

NO. ITERATIONS= 16
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAMAN, Burak
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 29.04.1990, Ankara
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (312) 000 00 00
Faks : 0 (312) 000 00 00
e-mail : bukaraman@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. A.B.D.	Devam Ediyor
Lisans	Pamukkale Üniversitesi / Endüstri Müh.	2011
Lise	İzmir Güzelbahçe 60. Yıl Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-		

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Yüzme

A

AHP · 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 11,
13, 14, 16, 17, 18, 23, 24, 26,
28, 29, 30, 31, 32, 51, 58, 65,
67

alternatif · 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11,
12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,
20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,
28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37,
50, 51, 52, 55, 60, 61, 62, 63,
64, 65, 66, 67

E

ELECTRE · 2, 15, 16, 37

H

hastane · 2, 18, 49, 51, 52, 53,
54, 55, 62, 63, 64, 65, 67

hedef programlama · 2, 3, 5, 6, 7,
8, 9, 10, 11, 12, 16, 39, 40,
41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
50, 62, 63, 64, 65, 66, 67

K

karar verme · 1, 2, 3, 5, 7, 8, 14,
15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23,
24, 30, 31, 32, 35, 36, 39, 40,
43, 49, 50, 51, 59, 61, 62, 65,
66, 67

kriter · 1, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25,
27, 29, 30, 35, 52, 57, 58, 60

O

Opricovic · 16, 17, 18, 19, 34, 64

P

PROMETHEE · 2, 7, 11, 12, 17,
38

T

TOPSIS · 2, 7, 8, 10, 11, 16, 17,
18, 19, 38

V

VIKOR · 2, 3, 4, 15, 16, 17, 18,
19, 34, 35, 38, 39, 52, 60, 62,
64, 65, 66, 67,

Y

yatırım · 8, 13, 14, 15, 18, 21, 25,
51, 54, 55, 56, 65, 66



GAZİ GELECEKTİR..