



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI**

**ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ İLE
KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİNE
YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

SENA GÜNGÖR

İSTANBUL, 2023



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI**

**ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ İLE
KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİNE
YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

**SENA GÜNGÖR
(191201005)**

**Danışman
(Dr. Öğr. Üyesi Uğur Özcan)**

İSTANBUL, 2023

14/07/2023

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Doktora programı öğrencisi 191201005 numaralı Sena GÜNGÖR'ün hazırladığı “Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Bir Model Önerisi“ konulu Doktora tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 14/07/2023 Cuma günü saat 11:00’da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **Kabulüne Oy Birliği** ile karar verilmiştir.

Tez adı değişikliği yapılması halinde: Tez adının
.....
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Karar
1. (Danışman) Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZCAN	Kabul
2. Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ	Kabul
3. Dr. Öğr. Üyesi Emine Merve OKUMUŞ	Kabul
4. Doç. Dr. Salih SALBACAK	Kabul
5. Doç. Dr. Yaprak ÖZEL	Kabul
6. (İkinci Danışman)*.....

*2. Danışman varsa doldurulması gerekmektedir.

ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Sena Güngör

Varlığıyla güç bulduğum Annem'e,

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ İLE KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Sena Güngör

ÖZET

Yaşantımızın büyük bir kısmını geçirdiğimiz yapıların meydana getirilmesinde alınacak kararlar, kullanıcı için temel yaşamsal gereksinimleri karşılayacak çevresel koşulların oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, tasarım aşamasında alınacak her bir karar, uygulama aşamasında karşılaşılabilecek sorunların önceden saptanarak müdahale edilmesini sağlamaktadır. Yapı malzemesinin seçimi ise, insan yaşamını, doğal/yapılı çevreyi ve tüm yapı üretim sürecini etkileyen önemli adımlardan biridir. Malzeme seçiminde verilecek herhangi yanlış bir karar, doğal veya yapılı çevrede olumsuz etkilerin oluşmasına sebebiyet verebilmek ve muhtemel tüm olumsuz sonuçlar doğru yapı malzemesi seçim kararlarıyla en aza indirgenebilmektedir. Buna göre, yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik nitelikleri ile yapının üretimden sonra göstereceği performansın bilinmesi; bu ölçütler doğrultusunda analiz ve değerlendirmeler yapılarak uygun malzemenin seçilmesi gerekmektedir.

Dünyadaki tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payı oluşturan konutların performansı; sürdürülebilirlik, enerji tüketimi ve ekonomi gibi parametreleri doğrudan etkileyeceğinden son derece önemlidir. Dolayısıyla, “konut yapılarında doğru yapı malzemesinin seçimi”, yüksek performanslı yapı tasarımı hedeflendiğinde çok daha önemli hale gelmektedir. Gelişen teknolojiyle üretilen çok sayıdaki malzeme seçeneğinin içerisinde doğru seçimin yapılabilmesi için geleneksel yöntemlerin yetersiz/sınırlı oluşu tasarımcıya yol gösterebilecek sistematik bakış açısına sahip araçların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapıdan beklenen

performans düzeyinin artırılması amacıyla, tasarım aşamasında iken uygun malzeme seçimi için belirlenen ölçütleri hiyerarşik olarak sıralayabilen, karşılaştırabilen, değerlendirebilen ve neticeleri sayısallaştırabilen sistematik bir yolun izlenmelidir. Birden fazla değerlendirme ölçüt barındıran karmaşık problemlerin çözümlenmesinde kullanılan çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” aracılığıyla karar verme sürecini gerektiren “konutlarda malzeme seçimi” probleminin çözümü için oluşturulacak model aracılığıyla çok sayıdaki malzeme alternatifi içerisinde uygun olanın seçilebileceği öngörülmektedir.

Tez çalışması kapsamında, araştırma problemine, problemle ilişkili başlıca kavramlara yönelik yapılan literatür taraması ve temel araştırmaları içeren hazırlık çalışması sonucunda elde edilen veriler söz konusu problemin çözümünde ve modelin oluşturulma sürecinde kullanılmak üzere genel bir çerçeve oluşturulmaktadır. Çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak, çok ölçütlü bir karar verme yöntemlerinden biri olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” aracılığıyla matematiksel hesaplamaları barındıran sistematik bir yol izlenmektedir. Önerilen modelin temel amacı kapsamında, konut yapılarında kullanılan malzeme alternatifleri değerlendirilerek belirlenen ölçütler ve alt ölçütler aracılığıyla seçilen ideal çözüme en uygun malzeme, örneklem üzerinden elde edilen sonuçlar analiz edilip değerlendirmelerin yapılarak öneriler sunulmaktadır. Önerilen model, literatüre kazandırılarak bu alanın güçlendirilebileceği ve bu alanda yapılacak çalışmalar için öncü bir kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasının giriş bölümünde, tanımlanan araştırma probleminin tanımı ve probleme ilişkin bilgilere yer verilmekte ve bu problemin çözümüne yönelik literatür taraması yapılarak özetlenmektedir. Ayrıca, tez çalışmasının amaç, kapsam ve yöntemi açıklanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde, önerilen modelin alt yapısını oluşturan Karar Kuramı’na ilişkin temel kavramlara değinilmektedir. Çalışmanın geri kalan kısmına yol gösterecek olan “Karar Kuramı” ile ilgili literatür bilgisi sunulmakta; karar ve karar verme kavramlarının önemine vurgu yapılmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, model önerisinin alt yapısını oluşturan “Çok Ölçütlü Karar Verme” kavramı irdelenmektedir. Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerinin başlıca özellikleri, temel bileşenleri ve Çok Ölçütlü Karar Verme sürecinin adımları açıklanmaktadır. Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlere değinilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, model önerisinin temelini oluşturan ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” yöntemi irdelenmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin başlıca özellikleri, temel bileşenleri, kullanım alanları ve uygulama adımları açıklanmaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, yapılı çevre ve konut ilişkisi, yapı üretim süreci ve yapı üretim sürecine dâhil olan yapı malzemeleri irdelenmektedir. Konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik modelin oluşumuna katkı sağlayan malzeme seçim yaklaşımları incelenmektedir.

Çalışmanın beşinci bölümünde, kavramsal-kuramsal çerçeve doğrultusunda, tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payı oluşturan konutlarda yüksek performansın sağlanabilmesi için uygun yapı malzemelerinin seçimine yönelik Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılarak sistematik bir model önerilmektedir. Önerilen “Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model”in genel yapısı ve uygulama adımları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Çalışmanın altıncı bölümünde, önerilen modelin uygulanabilirliğini sınamak amacıyla, konutlarda duvar gövde malzemesinin seçimi örnek bir karar verme problemi olarak tanımlanarak, modelin uygulama adımlarının nasıl çalıştığı ve çözüm üretildiği bu problem üzerinde gösterilmektedir.

Sonuç bölümünde ise, model önerisinin mimarlık açısından önemi ve mimarlık alanına sağlayabileceği potansiyel katkılar üzerinde durulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Karar Verme, Çok Ölçütlü Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Yapı Malzemesi Seçimi, Konut Yapıları.

A MODEL PROPOSAL FOR BUILDING MATERIAL SELECTION FOR RESIDENTIAL BUILDINGS WITH ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

Sena Güngör

ABSTRACT

The decisions to be taken in the creation of the buildings where we spend most of our lives play a critical role in creating environmental conditions that will meet the basic vital requirements for the user. Therefore, each decision to be taken during the design phase enables the problems that may be encountered during the implementation phase to be identified and intervened in advance. The choice of building material is one of the important steps that affect human life, the natural/built environment and the entire building production process. Any wrong decision to be made in material selection can cause negative effects on the natural or built environment and all possible negative consequences can be minimized by correct building material selection decisions. According to this explanation, it is necessary to know the physical, chemical and biological properties of building materials and the performance of the structure after production; and to select the appropriate material by analyzing and evaluating in line with these criteria.

The performance of residential buildings, which constitute the largest share of the entire building stock in the world, is extremely important as it will directly affect parameters such as sustainability, energy consumption and economy. Therefore, “choosing the right building material for residential buildings” becomes much more important when high performance building design is targeted. The inadequacy/limitation of traditional methods for making the right choice among the many material options produced with the developing technology reveals the necessity of tools with a systematic perspective that can guide the designer. In order

to increase the performance level expected from the building, a systematic way that can hierarchically rank, compare, evaluate and quantify the results of the criteria determined for the selection of appropriate materials should be followed during the design phase. It is foreseen that the appropriate material can be selected from a large number of material alternatives through the model to be created for the solution of the “material selection in housing” problem, which requires a decision-making process through the “Analytic Hierarchy Process”, which is a multi-criteria decision-making method used in solving complex problems with more than one evaluation criterion.

Within the scope of the thesis study, the data obtained as a result of a preparatory study including a literature review and basic research on the research problem and the main concepts are used to create a general framework to be used in the solution of the problem in question and in the process of creating the model. In accordance with the purpose and scope of the study, a systematic path is followed that includes mathematical calculations through the “Analytic Hierarchy Process”, one of the multi-criteria decision-making methods. Within the scope of the main purpose of the proposed model, the most suitable material for the ideal solution selected through the criteria and sub-criteria determined by evaluating the material alternatives used in residential buildings, the results obtained over the sample are analyzed and evaluated and recommendations are presented. It is thought that the proposed model can strengthen this field by bringing it to the literature and can be a pioneering source for studies to be carried out in this field.

In the introduction part of the thesis, the definition of the research problem and information about the problem are given and summarized by reviewing the literature on the solution of this problem. In addition, the purpose, scope and methodology of the thesis are explained.

In the first part of the study, the basic concepts of Decision Theory, which form the basis of the proposed model, are mentioned. Literature on the “Decision Theory”, which will guide the rest of the study, is presented and the importance of the concepts of decision and decision making is emphasized.

In the second part of the study, the concept of “Multi-Criteria Decision Making”, which forms the basis of the model proposal, is examined. The main characteristics of Multi-Criteria Decision Making problems, their basic components and the steps of the Multi-Criteria Decision Making process are explained. The methods used in solving Multi-Criteria Decision Making problems are discussed.

In the third part of the study, the “Analytic Hierarchy Process” method, which forms the basis of the model proposal and is one of the multi-criteria decision making methods, is examined. The main features, basic components, usage areas and application steps of the Analytic Hierarchy Process method are explained.

In the fourth part of the study, the relationship between the built environment and housing, the building production process and the building materials involved in the building production process are examined. Material selection approaches that contribute to the formation of a model for the selection of building materials in housing are examined.

In the fifth part of the study, in line with the conceptual-theoretical framework, a systematic model is proposed using the Analytic Hierarchy Process method for the selection of appropriate building materials to ensure high performance in housing, which constitutes the largest share of the entire building stock. The general structure and implementation steps of the proposed “Analytic Hierarchy Process Model for Residential Building Material Selection” are explained.

In the sixth part of the study, in order to test the applicability of the proposed model, the selection of wall body material in residential buildings is defined as an example decision-making problem, and how the application steps of the model work and the solution is produced is demonstrated on this problem.

In the conclusion, the importance of the model proposal for architecture and its potential contributions to the field of architecture are emphasized.

Keywords: Decision Making, Multicriteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, Building Material Selection, Residential Buildings.

ÖNSÖZ

“Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Bir Model Önerisi” adlı bu çalışma, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmam süresince yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli bilgi ve akademik birikimleriyle yol gösteren, daima hoşgörü ile yaklaşan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Uğur Özcan’a teşekkür eder ve saygılarımı sunarım. Tez izleme komitesinde yer alan, sunmuş oldukları fikirlerle tezin olgunlaşmasında ve tamamlanmasında önemli katkıları bulunan hocalarım Dr. Öğretim Üyesi Jülide Edirne Erdiñç ve Dr. Öğretim Üyesi Emine Merve Okumuş’a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında destekleriyle yanımda olan, tüm zorlukları aşmama yardım eden, bana olan inanç ve güvenlerini daima hissettiren, sınırsız anlayış ve tahammül gösteren, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, bir an olsun sevgi ve desteklerini esirgemeyen, hiçbir zaman hak ve emeklerini ödeyemeyeceğim çok kıymetli Annem’e ve sevgili Babam’a minnet dolu kalbimle teşekkür ederim.

Temmuz, 2023

Sena Güngör

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	viii
ÖNSÖZ.....	xi
SEMBOLLER	xvii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xviii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xx
KISALTMALAR	xxii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	10
1. KARAR KURAMI.....	10
1.1. KARAR VE KARAR VERME EYLEMİ.....	12
1.2. KARARLARIN ORTAK ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ.....	15
1.3. KARAR TÜRLERİ	19
1.3.1. Verildiği Ortama Göre Kararlar	20
1.3.1.1. Belirlilik Ortamında Verilen Kararlar.....	20
1.3.1.2. Belirsizlik Ortamında Verilen Kararlar	21
1.3.1.3. Risk Ortamında Verilen Kararlar.....	22
1.3.2. Yönetim Kademesine Göre Kararlar.....	23
1.3.2.1. Stratejik Karar	23
1.3.2.2. Taktiksel Karar	23
1.3.2.3. Operasyonel Karar	23
1.3.3. Yapılarına Göre Kararlar	24
1.3.3.1. Yapılandırılmış (Programlanabilir) Karar	24
1.3.3.2. Yapılandırılmamış (Programlanamayan) Karar	24
1.3.3.3. Yarı Yapılandırılmış (Yarı Programlanabilen) Karar	24
1.3.4. Bağlantılı Olma Durumuna Göre Kararlar	24
1.3.4.1. Tek Aşamalı Karar.....	24
1.3.4.2. Çok Aşamalı Karar	25
1.3.5. Göz Önünde Bulundurulacak Ölçüt Açısından Kararlar	25
1.3.5.1. Tek Ölçütlü Karar	25
1.3.5.2. Çok Ölçütlü Karar.....	25
1.4. KARAR VERME YAKLAŞIMLARI.....	25
1.4.1. Sezgisel Karar Verme Yaklaşımı	26
1.4.2. Deneyimsel Karar Verme Yaklaşımı	27
1.4.3. Bilimsel Karar Verme Yaklaşımı	27

1.5. KARAR VERME PROBLEMİNİN MODELLENMESİ	28
1.6. KARAR VERME SÜRECİ.....	30
1.7. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	34
İKİNCİ BÖLÜM	36
2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (ÇÖKV).....	36
2.1. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (ÇÖKV).....	37
2.2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERMENİN ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ	44
2.3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME SÜRECİ VE AŞAMALARI.....	50
2.4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME UYGULAMA YÖNTEMLERİ.....	53
2.4.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW)	56
2.4.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM)	58
2.4.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	59
2.4.4. Analitik Ağ Prosesi (ANP)	62
2.4.5. Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE).....	64
2.4.6. Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması (PROMETHEE)	65
2.4.7. Uzlaşma Yöntemi (TOPSIS)	66
2.4.8. Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşma (VIKOR).....	68
2.5. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	70
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	73
3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ.....	73
3.1. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)	74
3.2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ.....	79
3.2.1. Hiyerarşik Yapı.....	79
3.2.2. Temel Ölçek.....	80
3.2.3. İkili Karşılaştırmalar Matrisi	82
3.3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN UYGULAMA AŞAMALARI	86
3.3.1. Problemin Tanımlanması.....	89
3.3.2. Ölçüt ve Alternatiflerin Belirlenmesi.....	89
3.3.3. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	89
3.3.4. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	90
3.3.5. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu.....	92
3.3.6. Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması.....	93
3.3.7. Tutarlılık Oranının Hesaplanması	94
3.3.8. Alternatiflerin Karşılaştırılması ve Seçim.....	96

3.4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI.....	101
3.5. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	103
3.6. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	106
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	109
4. YAPILI ÇEVRE ÜRÜNÜ OLARAK KONUT VE YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE MALZEME	109
4.1. YAPILI ÇEVRE KAVRAMI VE KONUT İLİŞKİSİ	110
4.2. YAPILI ÇEVRE ÜRÜNÜ OLARAK KONUT	113
4.3. YAPI ÜRETİM SÜRECİ	120
4.4. YAPI ÜRETİM SÜRECİNİN AŞAMALARI	122
4.4.1. Ön Hazırlık Aşaması	124
4.4.2. Planlama Aşaması.....	124
4.4.3. Tasarım Aşaması	126
4.4.4. Uygulama Aşaması	126
4.4.5. Kullanım Aşaması.....	127
4.4.6. Yıkım Aşaması	127
4.5. YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE MALZEME	129
4.6. YAPI MALZEMELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	131
4.6.1. Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri	131
4.6.2. Yapı Malzemelerinin Kimyasal Özellikleri	133
4.6.3. Yapı Malzemelerinin Mekanik Özellikleri.....	134
4.6.4. Yapı Malzemelerinin Termal Özellikleri.....	136
4.6.5. Yapı Malzemelerinin Akustik Özellikleri.....	137
4.6.6. Yapı Malzemelerinin Optik Özellikleri	138
4.6.7. Yapı Malzemelerinin Maliyet Özellikleri	138
4.7. YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	140
4.8. YAPI MALZEMESİ VE SEÇİMİ	143
4.8.1. Yapı Malzemesi Seçim Süreci.....	144
4.8.2. Yapı Malzemesi Seçimini Etkileyen Ölçütler	146
4.8.3. Yapı Malzemesi Seçim Yaklaşımları	148
4.8.3.1. Ashby Yaklaşımı	149
4.8.3.2. Cronberg Yaklaşımı	151
4.8.3.3. Müller Yaklaşımı	153
4.8.3.4. Japonya Yapı Araştırma Enstitüsü Yaklaşımı	155
4.8.3.5. Finlandiya Teknik Araştırma Enstitüsü Yaklaşımı.....	158
4.8.3.6. Lohaus ve Steinborn Yaklaşımı	160
4.8.3.7. Balanlı Yaklaşımı	162
4.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	165

BEŞİNCİ BÖLÜM	168
5. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ İLE KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ.....	168
5.1. PROBLEMİN VE HEDEFİN TANIMLANMASI	173
5.2. KARAR ÖLÇÜTLERİNİN VE ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ .	174
5.3. HİYERARŞİK YAPININ OLUŞTURULMASI.....	175
5.4. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN OLUŞTURULMASI.....	176
5.4.1. Ana Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	178
5.4.2. Alt Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması .	179
5.5. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN NORMALİZASYONU	180
5.5.1. Ana Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu.....	180
5.5.2. Alt Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu	181
5.6. ÖNCELİK VEKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI	182
5.6.1. Ana Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması	182
5.6.2. Alt Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması.....	183
5.6.3. Genel (Global) Ağırlıkların Hesaplanması.....	184
5.7. TUTARLILIK ORANININ HESAPLANMASI.....	185
5.7.1. Özdeğerlerin Hesaplanması	185
5.7.2. En Büyük Özdeğerin Hesaplanması	186
5.7.3. Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması	187
5.7.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü	187
5.8. ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİM	188
5.8.1. Alternatifler için Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	189
5.8.2. Alternatiflerin Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu.....	191
5.8.3. Alternatiflerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması.....	194
5.8.4. Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması.....	195
5.8.5. Alternatiflerin Sıralanması ve Seçim	196
5.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	198
ALTINCI BÖLÜM	202
6. ÖNERİLEN MODELİN UYGULANMASI VE UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	202
6.1. PROBLEMİN VE HEDEFİN TANIMLANMASI	203
6.2. KARAR ÖLÇÜTLERİNİN VE ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ .	205
6.2.1. Yapı Malzemesi Seçiminde Yer Alan Karar Ölçütlerinin Belirlenmesi	205
6.2.1.1. Yapı Malzemelerinin Birim Hacim Ağırlığı.....	213
6.2.1.2. Yapı Malzemelerinin Su Buharı Geçirgenliği	214
6.2.1.3. Yapı Malzemelerinin Yangın Dayanımı.....	214
6.2.1.4. Yapı Malzemelerinin Basınç Dayanımı.....	216
6.2.1.5. Yapı Malzemelerinin Isıl İletkenliği.....	216

6.2.1.6. Yapı Malzemelerinin Ses Geçirimsizliği	217
6.2.1.7. Yapı Malzemelerinin Maliyeti	218
6.2.2. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Belirlenmesi	219
6.2.2.1. Blok Tuğla Duvar Gövde Malzemesi	219
6.2.2.2. Bims Blok Duvar Dolgu Malzemesi.....	222
6.3. HİYERARŞİK YAPININ OLUŞTURULMASI.....	225
6.4. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN OLUŞTURULMASI.....	226
6.5. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN NORMALİZASYONU	229
6.6. ÖNCELİK VEKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI	230
6.7. TUTARLILIK ORANININ HESAPLANMASI.....	232
6.7.1. Özdeğerlerin Hesaplanması.....	233
6.7.2. En Büyük Özdeğerin Hesaplanması	235
6.7.3. Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması	236
6.7.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü	237
6.8. ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİM	238
6.8.1. Yapı Malzemesi Alternatifleri için Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması.....	238
6.8.2. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu	240
6.8.3. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması	242
6.8.4. Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması.....	243
6.8.5. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Sıralanması ve Uygun Seçimin Yapılması	245
6.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ	246
SONUÇ	250
KAYNAKÇA	259
EKLER.....	276

SEMBOLLER

A	: İkili karşılaştırma matrisi
A'	: Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi
a_{ij}	: i ölçütünün j ölçütüne göre önem derecesi
a_{ij}'	: i ölçütünün j ölçütüne göre önem derecesinin normalizesi
CI	: Tutarlılık indeksi (Consistency index)
CR	: Tutarlılık oranı (Consistency ratio)
dB	: Desibel
kg/m^3	: Birim hacim ağırlığı
n	: Karar ölçütü sayısı
N/mm^2	: Basınç dayanımı
RI	: Rassal indeks (Random index)
W	: Öncelik vektörü (Özvektör)
W'	: Özdeğer
w_i	: i ölçütünün öncelik vektörü
w_i'	: i ölçütünün özdeğeri
W/mK	: Isıl iletkenlik katsayısı
λ_{max}	: En büyük özdeğer
μ	: Su buharı difüzyon direnç faktörü
₺	: Türk Lirası
Σ	: Toplam
%	: Yüzde

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Karar verme matrisinin genel yapısı ve bileşenleri (Lezki vd., 2016)..	30
Çizelge 2.1: ÇNKV-ÇAKV Karşılaştırılması (Hwang ve Yoon, 1981).....	54
Çizelge 3.1: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).....	81
Çizelge 3.2: Alternatiflerin ölçütlere göre ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1994).	82
Çizelge 3.3: İkili karşılaştırma matrisinin çizelge gösterimi.	91
Çizelge 3.4: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).....	92
Çizelge 3.5: Rassal indeks değerleri (Saaty, 1994).	96
Çizelge 3.6: Ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).	98
Çizelge 3.7: Konut boyutu için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	99
Çizelge 3.8: Ulaşım için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	99
Çizelge 3.9: Konum için ikili karşılaştırma matrisi (saaty, 1990).....	100
Çizelge 3.10: Konut yaşı için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	100
Çizelge 3.11: Yeşil alan için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	100
Çizelge 3.12: Modern imkân için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	100
Çizelge 3.13: Genel durum için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).	100
Çizelge 3.14: Finansman için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).....	100
Çizelge 3.15: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990)....	101
Çizelge 4.1: Yıllara göre yapı sayıları (DİE, 1968, 1972, 2000; TÜİK, 2011, 2021).	118
Çizelge 4.2: Yapı malzemesi seçiminde kullanılan karar ölçütleri.	147
Çizelge 5.1: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).....	177
Çizelge 5.2: Ana ölçütler için kili karşılaştırma matrisinin gösterimi.....	178
Çizelge 5.3: Alt ölçütler için ikili karşılaştırma matrisinin gösterimi.	179
Çizelge 5.4: Genel (Global) ağırlıkların hesaplanması.....	184
Çizelge 5.5: Rassal indeks değerleri (Saaty, 1994).	187
Çizelge 5.6: Ölçütler bazında alternatiflerin karşılaştırma matrisinin gösterimi....	190
Çizelge 5.7: Ölçütler bazında alternatiflerin ham değerlerinin matris gösterimi. ...	190
Çizelge 5.9: Ölçütler bazında alternatiflerin öncelik vektörlerinin (önem ağırlıklarının) matris gösterimi.	195
Çizelge 6.1: Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	206
Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	207

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	208
Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	209
Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	210
Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.	211
Çizelge 6.2: Duvar elemanında yapı malzemesi seçimi için belirlenen ölçütler.	212
Çizelge 6.3: Yapı malzemeleri için yanıcılık sınıfları (TSE, 2007).	215
Çizelge 6.4: Yatay delikli blok tuğla malzemelerin özellikleri (Url-10; Url-11). ...	221
Çizelge 6.5: Bims blok malzemelerin özellikleri (Url-12; Url-13).	224
Çizelge 6.6: Anket çalışmasına katılan uzman grubunun genel özellikleri.	226
Çizelge 6.7: Yapı malzemesi seçimi için belirlenen karar ölçütlerine ait ikili karşılaştırma matrisi.	228
Çizelge 6.8: İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu.	229
Çizelge 6.9: Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi.	230
Çizelge 6.10: Karar ölçütlerine ait öncelik vektörleri.	232
Çizelge 6.11: Özdeğerlerin hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı.	233
Çizelge 6.12: Karar ölçütlerine ait özdeğerler.	235
Çizelge 6.13: Rassal indeks değerleri (Saaty, 1994).	237
Çizelge 6.14: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi (performans değerleri).	239
Çizelge 6.15: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisinin (ham değerlerinin) normalizasyonu.	241
Çizelge 6.16: Ölçütlere göre alternatiflerin normalize edilmiş karşılaştırma matrisi (önem ağırlıkları).	242
Çizelge 6.17: Alternatiflerin seçim skorlarının hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı.	243
Çizelge 6.18: Alternatiflerin seçim skorlarına göre sıralaması.	245

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Riske karşı tutumlar (Sığırı ve Gürbüz, 2014).	26
Şekil 1.2: Karar verme modeli.....	29
Şekil 1.3: Karar verme süreci.	31
Şekil 2.1: Yöneylem Araştırması'nın problem çözümü süreci (Eroğlu, 2019). ..	39
Şekil 2.2: Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerinde çözüm adımları (Belton ve Stewart, 2002).	43
Şekil 2.3: Çok Ölçütlü Karar Verme problemi (Chankong ve Haimes, 1983).....	45
Şekil 2.4: Çok Ölçütlü Karar Verme süreci (Chankong ve Haimes, 1983).....	52
Şekil 2.5: Karar verme yöntemleri.....	55
Şekil 2.6: Hiyerarşik yapı.	61
Şekil 2.7: Hiyerarşik yapı ile ağ yapı karşılaştırması (Ishizaka ve Nemery, 2013)...	62
Şekil 3.1: Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin uygulama aşamaları.	78
Şekil 3.2: Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde hiyerarşik yapı.	80
Şekil 3.3: Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulama adımları.	88
Şekil 3.4: Hiyerarşik yapının oluşturulması.	90
Şekil 3.5: Konut memnuniyeti için hiyerarşik yapı (Saaty, 1990)	98
Şekil 4.1: Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi.	109
Şekil 4.2: Yapıların ve yapı/İNŞAAT sanayinin küresel nihai enerji tüketimi ve CO ₂ emisyonlarındaki payı (IEA, 2021).....	117
Şekil 4.3: Yıllar itibariyle sektörlere göre nihai enerji tüketimi (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).	118
Şekil 4.4: Yapı üretim süreci.	124
Şekil 4.5: Yapı malzemelerinin genel özellikleri (Hegger vd., 2007).	139
Şekil 4.6: Yapı malzemelerinin sınıflandırılması (Şahin ve Ünal, 2005).....	141
Şekil 5.1: Yapı malzemesi seçiminde yer alan ölçüt ve alternatiflerin hiyerarşik yapıda gösterimi.	175
Şekil 5.2: AHP ile yapı malzemesi seçim modelinin uygulama adımları.	197
Şekil 6.1: Yatay delikli blok tuğla türleri (Url-9).	220
Şekil 6.2: Bims blok türleri (Url-12).	223
Şekil 6.3: Konutlarda duvar elemanı için yapı malzemesi seçimine yönelik oluşturulan hiyerarşik yapı.	225

Şekil 6.4: Katılımcıların öğrenim düzeyi ve meslek grubu dağılımları.....	227
Şekil 6.5: Katılımcıların uzmanlık alanları ve mesleki deneyim süresi dağılımları.	227

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process)
ANP	: Analitik Ağ Prosesi (Analytic Network Process)
bkz.	: Bakınız
BRI	: Yapı Araştırma Enstitüsü (Building Research Institute)
C.	: Cilt
CI	: Tutarlılık indeksi (Consistency index)
CR	: Tutarlılık oranı (Consistency ratio)
CPM	: Kritik Yol Yöntemi (Critical Path Method)
çev.	: Çeviren
ÇÖKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇÖKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
DiE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
ed.	: Editör
ELECTRE	: Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (Elimination et Choix Traduisant He Realite)
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
M.Ö.	: Milattan önce
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PERT	: Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (Program Evaluation and Review Technique)
PROMETHEE	: Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)
RI	: Rassal indeks (Random index)
SAW	: Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Simple Additive Weighting)
TDK	: Türk Dil Kurumu

- TOPSIS** : Uzlaşma Yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to An Ideal Solution)
- TSE** : Türk Standartları Enstitüsü
- TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu
- VIKOR** : Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm Yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
- vb.** : ve benzeri
- vd.** : ve diğerleri
- WPM** : Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method)

GİRİŞ

Antik Yunan kentlerinin fiziksel, çevresel, sosyal ve estetik gibi çok yönlü açılardan ele alınarak tasarlandığı M.Ö. 500'li yıllardan günümüze kadar uzanan mimarlık ve yapıli çevre kavramları sürekli olarak gelişim ve değişim göstermiştir. M.Ö. birinci yüzyılda yaşayan Antik Romalı mimar ve yazar Vitruvius, başarılı bir mimarlığın ortaya konulabilmesi için utilitas (kullanışlılık), firmitas (sağlamlık) ve venustas (güzellik) ölçütlerinin bütünlüğünün sağlanması gerektiğini savunmuştur (Vitruvius, 2005). Yapı kalitesini etkileyen bu üç temel ölçüt ile yapıların/yapılı çevrenin performansına yönelik birtakım değerlendirmelerde bulunmuştur.

Yaşantımızın büyük bir kısmını geçirdiğimiz yapıların performansı, insan yaşamı üzerinde önemli ölçüde etkiye sahiptir. Dolayısıyla, yapıli çevrenin tasarlanmasında alınacak kararlar, kullanıcı için temel yaşamsal gereksinimleri karşılayacak çevresel koşulların oluşturulması ile yapının yüksek performansa ulaştırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Küresel ısınma, enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, nüfus artışı ve kullanıcıların konfor gereksinimleri gibi nedenlerle yapı performansının önemi son yıllarda daha da önemli hale gelmiştir. Günümüzde tasarlanan yapılar, sürdürülebilirlik, konfor şartları, enerji tüketimi, maliyet ve güvenlik gibi çeşitli performans ölçütlerine göre analiz edilerek değerlendirilmekte ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda derecelendirmeler yapılmaktadır.

Bir yapı oluşturulurken gerekli kararların alınması, bu kararlara ilişkin verilerin toplanması ve analiz edilmesi ile başlayan tasarım aşaması, alınan kararların bazı sınırlılıklar ile biçimlendirilmesi, değerlendirilmesi ve uygulanabilirliğine karar verilmesiyle sona ermektedir. Uygulama aşamasında ise, alınan kararlar somut olarak uygulamaya geçirilmesi ve tasarımın kullanılabilir bir hale getirilmesi sağlanmaktadır. Tüm bu süreç içerisinde yapıların, kullanıcının gereksinimlerini karşılayabilecek nitelikte ve yapıya etki eden etmenlerle uyumlu bir şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, yapı henüz planlanma ve

yönetimi bütünleştiren bir süreci kapsayan tasarım aşamasında iken yapılacak bazı tahminler, uygulama aşamasında ortaya çıkabilecek olası hataların veya yapının üretiminden sonra karşılaşılabilecek sorunların önceden saptanarak müdahale edilmesini sağlamaktadır.

Bir yapı, çeşitli bileşen, eleman ve malzemelerin belirli amaçlar dâhilinde bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Yapılar, kullanım ömürleri süresince sıcaklık, nem, hava hareketleri gibi hem iç hem de dış ortamdaki pek çok etkene maruz kalmaktadır. Kullanıcının temel gereksinimlerine uygun konfor şartlarını sağlayacak şekilde oluşturulan yapıların aynı zamanda, her türlü koşul ve etken karşısında yüksek performans göstermeleri gerekmektedir. Bu noktada, yapıda kullanılacak malzemelerin seçimi, mimari tasarımın kimliğinin oluşmasını, gerekli performansa sahip olmasını ve öngörülen şekilde hayata geçirilmesini etkilediğinden üzerinde durulması gereken önemli bir husustur. Buna göre, yapının genelinden beklenen performansı olumlu yönde etkileyecek yapı malzemelerinin tercih edilmesi öncelikli hale getirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde, yapının yüksek performansa ulaştırılması noktasında, sürdürülebilirlik anlayışı çerçevesinde, ekolojik ve sürdürülebilir nitelikte malzemelerin kullanımına yer verilmesi önemli hale gelmektedir. Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir yapı yaşam döngüsü ve sürdürülebilir yapı malzemesi gibi kavramların öneminin artmasıyla birlikte çevreye duyarlı tasarımların oluşturulması ve bu doğrultuda yapı malzemelerinin seçimi, tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmuş bir ölçüt olarak ön plana çıkmaktadır. Yapım sürecine ilişkin tüm safhaların yönetiminde görev alan karar vericiler, yapıların ve yapıyı oluşturan malzemelerin neden olduğu olumsuz çevresel etkilerin en aza indirgenmesi veya kontrol altına alınabilmesi üzerinde etkili rol oynamaktadır. Bu noktada, karar vericilerin, tasarımın erken aşamalarında verilen kararlar üzerinde etkili olacak parametrelere hâkim olmaları ve yapıları beşikten mezara veya beşikten beşiğe geçen süreç içerisinde çevreyi etkileyen bir sistem olarak ele almaları gerekmektedir.

Malzeme seçimi, tüm yapı üretim sürecini, kullanıcıları ve çevreyi önemli ölçüde etkileyen adımlardan biridir. Malzeme seçimi yapılırken alınacak herhangi

yanlış bir karar, yapım sürecine ilişkin tüm safhaları etkilemesinin yanı sıra doğal veya yapılı çevrede ve kullanıcılar üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Doğru yapı malzemesi seçim kararlarıyla, bu etkilerin neden olabileceği tüm olası sonuçlar en aza indirgenebilir. Bu noktada, malzemelerin fiziksel, kimyasal, biyolojik nitelikleri ile yapı üretildikten sonra kullanım sırasında göstereceği performansın bilinmesi ve bu ölçütler kapsamında değerlendirmeler yapılarak uygun malzemenin seçilmesi gerekmektedir.

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) çerçevesinde 1974'te kurulan ve enerjinin sürdürülebilirliği için politikalar geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürüten Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayınlanan 2021 yılı Küresel Durum Raporu'nda; küresel nihai enerji tüketiminin %36'sından ve enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarının %37'sinden yapıların sorumlu olduğu belirtilmiştir. Küresel nihai enerji tüketiminin %22'sinden ve enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarının %17'sinden konut yapılarının sorumlu olduğu ifade edilmiştir (IEA, 2021). Nüfus hareketleri, kullanıcıların mekânsal konfor gereksinimleri ve taleplerindeki değişimler, konut geliştirme politikaları ve toplu konutların üretilmesi gibi nedenlerle konut sayısı sürekli olarak artmaktadır. Konut stokundaki bu artışa bağlı olarak, sera gazı salınımı, küresel ısınma ve enerji kaynaklarının tükenmesi gibi çevresel sorunlar da büyümektedir. Türkiye'deki konut stoku ele alındığında ise, Resmi Gazete'de yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı'nda belirtilen Ulusal Adres Veri Tabanı verilerine göre, 2020 yılı Eylül ayı sonu itibariyle toplam konut sayısı 39,1 milyon olarak kaydedilmiştir (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020). 2021 yılı Eylül ayı sonunda ise toplam konut sayısı 40,2 milyona ulaşmıştır (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2021). Buna göre, tüm yapı stoku içerisinde büyük bir hacme sahip olan ve giderek artan konut yapılarının göstereceği performans; sürdürülebilirlik, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme gibi parametreleri doğrudan etkileyeceğinden büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, konut yapılarında “doğru yapı malzemesi seçimi”, üzerinde durulması gereken önemli bir husus haline gelmektedir.

Gelişen teknolojiyle üretilen ve yüksek performans gösteren çok sayıda malzeme alternatifinin bulunduğu havuz içerisinde uygun seçimin yapılabilmesi için geleneksel yöntemlerin yetersiz veya sınırlı oluşu, tasarımcıya yol gösterebilecek bazı araçların gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Yapı tasarım süreci için sistematik bakış açısına sahip bazı tasarım destek araçları geliştirilmesine rağmen, bu araçların genelinde yapı malzemesi seçimine ilişkin modül yetersiz veya sınırlı kalmaktadır. Bu bağlamda, yapılardan beklenen performans düzeyinin artırılması amacıyla, yapı henüz tasarım aşamasında iken doğru yapı malzemesinin seçimi için, tasarımcının belirlediği ölçütleri ve alternatifleri hiyerarşik olarak sıralayabilen, karşılaştırabilen, değerlendirebilen ve neticeleri sayısallaştırabilen bir karar destek modeline ihtiyaç duyulmaktadır.

1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi”, birden fazla ölçüt barındıran karmaşık karar verme problemlerinin çözümünde uygulanan bir karar verme yöntemidir. Analitik Hiyerarşi Prosesi, karar vericinin karşılaştığı problemi; problemin ana hedefin, ölçütlerin, (varsa) alt ölçütlerin ve alternatiflerin arasındaki bağlantıyı hiyerarşik bir yapıda modellemesine imkân sağlamaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin en belirleyici özelliği ise, karar vericilerin, hem objektif hem de sübjektif düşüncelerinin karar verme süreci içerisine dâhil edilebilmesidir. “Bir diğer ifade ile, Analitik Hiyerarşi Prosesi, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsözlerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Bu yöntem aracılığıyla, birçok değerlendirme ölçütünün yer aldığı karar verme problemlerinde, ölçütlerin ana hedefe katkılarının belirlenebilmesi için ağırlıklandırma yapılarak uygun karar alternatifinin seçimi yapılabilmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında tanımlanan “konut yapılarında doğru yapı malzemesinin seçimi” probleminin çözümü için, bazı ölçütler, alt ölçütler ve alternatifler arasında hiyerarşik bağıntılar kurulup ağırlık dereceleri hesaplanarak uygun malzemenin seçilmesini sağlayacak bir model oluşturmak amaçlanmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi tabanlı karar destek yaklaşımı ile uygun malzemenin seçilmesini sağlayacak model önerisi, literatüre kazandırılarak bu alanı güçlendirilebileceği ve bu alana yönelik yapılacak çalışmalar için öncü bir kaynak olabileceği düşünülmektedir.

PROBLEMİN TANIMI

Yaşantının önemli bir kısmının geçirildiği yapıların performansı, insan yaşamı üzerinde önemli ölçüde etkiye sahiptir. Dolayısıyla, bir yapıda kullanılacak malzemenin belirlenmesi ve o malzemenin sahip olduğu niteliklerin bilinmesi, yapının yüksek performans gösterebilmesi bakımından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yapının tasarımı sırasında karar vericinin yapacağı tercihler, yapım sürecine ilişkin tüm safhaları, kullanıcıları ve çevreyi etkilemekte ve yapının yüksek performansa ulaştırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu noktada, karar vericinin tercih yapmasını kolaylaştıracak, projedeki belirsizlikleri/hataları azaltacak ve yapının performans düzeyinin artmasını sağlayacak bir “malzeme seçim yöntemi”nin, mimarlık alanında çalışılmamış olması bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. “Doğru yapı malzemesinin seçimi” hedefi doğrultusunda, karar vericinin belirlediği ölçütleri ve alternatifleri hiyerarşik olarak sıralayabilen, karşılaştırabilen, değerlendirebilen ve neticeleri sayısallaştırabilen sistematik bir yolun izlenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, karar verme araçları arasından yaygın kullanım alanına sahip ve karar vericinin kritik kararları almasına yardımcı olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tabanlı karar destek modeli önerilmektedir. Önerilen modelin, konut yapılarında kullanılacak malzeme belirlenirken daha kolay, hızlı ve objektif karar verme olanağı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu model aracılığıyla, karar vericinin birden fazla karar ölçütünü değerlendirmesi ve çok sayıdaki alternatif arasından seçim yapması kolaylaşacaktır. Ayrıca, karar ölçütlerinin ve alternatiflerin mümkün olabildiği ölçüde sayısal değerlere dayandırıldığı Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle, ideal çözüme en uygun kararın verilmesinde ortaya çıkabilecek belirsizlikler ve olası hatalar önlenebilecektir.

ÇALIŞMANIN AMACI

Kullanıcılar, ikamet ettikleri yapıların üretiminden kullanım ömrünün sona ermesine kadar olan süreç içerisinde, bu yapıyı güvenli, konforlu ve sorunsuz bir şekilde kullanabilme beklentisi içerisinde olurlar. Bu beklentinin karşılanması durumu ise, yapının performansına etki eden faktörlere ilişkin alınacak kararlar ile doğrudan ilişkilidir. Tasarım aşamasında alınacak kararlar ile uygulama aşamasına

geçildiğinde karşılaşılabilecek hata oranı azaltılarak, muhtemel hatalardan kaynaklanacak iş, zaman, maliyet vb. kayıpların ve çevreye verilebilecek zararların önüne geçilebilir. Böylece, üretimden sonra yapı kalitesinin artması ve performans hedeflerinin gerçekleştirilmesi sağlanacaktır.

Sağlıklı bir yapının gerçekleştirilebilmesi noktasında, yapıda kullanılacak olan malzemelerin seçimi ile ilgili verilecek kararlar, proje sürecinin tüm safhalarını etkilemesi sebebiyle üzerinde özenle durulması gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Malzeme seçimi; enerji, maliyet, kalite, konfor ve performans gibi pek çok parametreyi doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, gelişen teknolojiyle birlikte sınırsız sayıda üretilen ve fiziksel, kimyasal, biyolojik vb. birçok açıdan birbirinden farklı niteliklere sahip olan malzeme alternatifi arasından yapıyı istenilen performansa ulaştırabilecek uygun seçimin yapılması gerekmektedir. Bu duruma bağlı olarak, çok ölçütlü karar verme problemi olarak tanımlanabilecek “doğru yapı malzemesi seçimi”, özellikle yüksek performanslı yapı tasarımı hedeflendiğinde daha da önemli hale gelmektedir.

“Doğru yapı malzemesi seçimi” hedefi doğrultusunda, tasarım aşamasında belirlenen ölçütlere göre beklenti ve talepleri karşılayabilecek, yapının performansı üzerinde olumlu etkiler gösterebilecek en uygun alternatifin seçilebilmesi için matematiksel ve istatistiksel hesaplamaları barındıran sistematik bir yolun izlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, farklı niteliklere sahip yapı malzemeleri arasından seçimin yapılabilmesi için çok sayıda ölçütü bir arada değerlendirebilen ve değerlendirme sonucunda ideal çözüme en yakın alternatif veya alternatifleri gösteren bir modele ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmanın genel amacı;

1. Konutlarda yapı malzemesi seçilirken dikkat edilmesi gereken ölçütler nelerdir?
2. Yapı malzemesi seçilirken hangi alternatifin daha uygun olduğuna nasıl karar verilir?

3. Uygun yapı malzemesi seçimi yapılırken ideal çözüme ulaşma noktasında kolay, hızlı ve objektif karar verme olanağı sağlayan yöntem nedir?

araştırma soruları üzerinden şekillenmekte ve tanımlanan problemin çözümüne yönelik bir model önerilmektedir.

Tez çalışmasının amacı, birden fazla ölçüt ve alternatifin değerlendirilmesi, planlanması ve karar verme gibi amaçlarda kullanılan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” ile çalışma kapsamında belirlenen ölçütler, alt ölçütler, alternatifler arasında hiyerarşik bağıntılar kurulup ağırlık dereceleri hesaplanarak konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik bir model oluşturmaktır. Bir taraftan çalışmada nicel bulgulara dayalı olarak ulaşılan temel sonuçlar aktarılırken, diğer taraftan çalışmanın literatüre olan katkısını ortaya koymak amaçlanmaktadır. Aynı zamanda, çalışma kapsamında, uygulamaya ve gelecek çalışmalara yönelik önerilere de yer verilmektedir.

ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Yaşamın büyük bir bölümünün geçtiği yapıların performansı, tüm boyutları ile insan yaşantısının neredeyse her yönüne etki edebilecek düzeyde önem arz etmektedir. Dolayısıyla, yapıların tasarım aşaması sırasında alınacak her bir karar, yapının tüm yaşam sürecini etkilemektedir. Tüm yapı üretim sürecini, kullanıcıları ve çevreyi önemli ölçüde etkileyen adımlardan biri olan malzeme seçimi yapılırken karar alternatiflerin güçlü yönleri ve yararları ile zayıf yönleri ve sakıncalarının bilinmesi gerekmektedir. Bu hususta alınacak herhangi yanlış bir karar, yapım sürecine ilişkin tüm safhaları etkilemesinin yanı sıra doğal veya yapılı çevrede ve kullanıcılar üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Kullanıcının yaşamsal gereksinimlerine yanıt verebilecek çevresel koşulların oluşturulması ve yapının yüksek performansa ulaştırılması noktasında, malzeme seçimi yapılırken alınacak kararlarda özenle hareket edilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde, kentleşme ve kentlerdeki artan nüfus hareketlerine bağlı olarak ortaya çıkan konut gereksinimi, yapı sektörünün önemli bir parçası olan konut üretimini ve yatırımlarını hızla artırmaktadır. Bu durum, tüm yapı stoku içerisindeki

en büyük paya sahip olan ve sürekli olarak artış gösteren konut yapılarının göstereceği performansı önemli hale getirmektedir. Konut yapılarının performansı, sürdürülebilirlik, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme gibi daha birçok alan üzerinde etkili olduğundan dikkatli bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle, önerilen “Analitik Hiyerarşi Prosesi” tabanlı karar destek modeli, konut yapılarına uygulanacak olmakla birlikte genelleştirilerek tüm yapı tipolojileri için uygulanabilir olacağı düşünülmektedir. Konutlarda malzeme seçimini kapsayacak şekilde yapılması planlanan çalışma kapsamında oluşturulan öneri model ile elde edilen verilere göre yapılacak değerlendirmeler, literatüre kazandırılarak bu alanın güçlendirilebileceği ve bu alanda yapılacak çalışmalar için öncü bir kaynak olabileceği düşünülmektedir.

ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Ekonomik, sosyal, politik ve ideolojik dinamiklerde hızlı değişimlerin ve teknolojik gelişmelerin yaşandığı günümüz koşullarında, insanların değer yargıları, düşünce biçimleri ve yaşam öncelikleri de değişim göstermektedir. Böyle bir ortamda, karar vericiler, hedeflerine ulaşmada, pek çok farklı sorunla karşı karşıya kalmakta ve bu sorunlar, onları karar vermeye zorlamaktadır. Karar vericinin içerisinde bulunduğu değişim ortamının niteliği/hızı ile hedeflerini gerçekleştirme isteği/zorunluluğu, karar verme davranışını ortaya çıkarmaktadır. “Karar verme davranışı; birbirini izleyen evrelerden oluşan bir süreç olarak ele alınmaktadır. Birey, karar verme süreci içerisinde belirli bir yaklaşımda bulunarak durumu değerlendirmekte, seçenekleri ve bu seçeneklerin sonuçlarını incelemekte ve değerlendirmenin sonucu olarak istediği seçime yönelmektedir.” (Ersever, 1996).

Karar verme, belli bir alternatif havuzu içerisinde, belirli bir hedef doğrultusunda, bir veya birden fazla ölçüte dayanılarak en iyi seçimin yapılması sürecini kapsamaktadır. Karar verme süreci; karar ölçütü ve alternatifleri, çevresel etmenler ve karar sonuçlarını içermektedir. Bu süreç, karar vericinin olası alternatifler arasından uygun seçimin yapılması, alternatiflerin sıralanması veya sınıflandırılmasını kapsamaktadır. Bu noktada, en uygun kararın verilebilmesi için çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılmaktadır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, yaşamın her noktasında karşılaşılan karmaşık yapıdaki problemlerin çözümlenmesini sağlamaktadır. Belirli ölçütler arasındaki ikili karşılaştırmalara dayanan çok ölçütlü karar verme yöntemleri, ideal çözüme en uygun kararın verilmesini sayısal veriler aracılığıyla sağlamaktadır. Her karar verici için, aynı problemde yer alan ölçütlerin önem dereceleri ve alternatiflerin değerlendirilmesindeki yargılar değişiklik gösterebilir. Böyle problemlerin çözümlenmesinde, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan ve birçok alanda kullanılan “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)” daha etkin kararların verilmesine imkân tanımaktadır. 1970’li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş olan Analitik Hiyerarşi Prosesi, belirli bir hedef doğrultusunda, birden fazla alternatifin, karar vericinin belirlediği ölçütler aracılığıyla kıyaslanmasını sağlayan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, karar vericinin, birden fazla ölçüt ve alternatifin yer aldığı karmaşık problemlerle başa çıkabilmesine, nitel ve nicel durumları bir arada barındıran kararları organize edebilmesine ve analiz yapabilmesine yardımcı olmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, öncelikle araştırma problemine ve kavramlara ilişkin literatür taraması ve temel araştırmaları içeren hazırlık çalışması yapılarak özetlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, tanımlanan problemin çözümünde ve modelin oluşturulma sürecinde kullanılmak üzere genel bir çerçeve oluşturulmuştur. Çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden “Analitik Hiyerarşi Prosesi” aracılığıyla matematiksel ve istatistiksel hesaplamaları barındıran sistematik bir yol izlenerek model önerisi oluşturulmuştur. Öneri modelin ana hedefi doğrultusunda, konut yapılarında kullanılacak belirlenen ölçütler ve alt ölçütler aracılığıyla değerlendirilen malzeme alternatifleri içerisinde seçimin yapılmasına ilişkin değerlendirmeler ve öneriler sunulmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KARAR KURAMI

İnsanlık tarihi ile birlikte başlayan yönetsel faaliyetler, örgütsel yapının belirli amaçlar doğrultusunda belirli işleri gerçekleştirme çabalarının olduğu tüm alanlarda söz konusu olmuştur. En eski yönetsel faaliyetler, toplumların yönetiminde uygulanmış ve bununla ilintili olarak savunma örgütlerinde meydana gelmiş, ekonomi alanında yönetsel faaliyetler ise sonraki dönemlerde gelişmiştir. 1950’li yılların sonuna kadar yönetim kavramı, dar anlamda, günlük işlerin basit bir şekilde yürütülmesi olarak kabul edilmiştir. 18.yy’ın ikinci yarısından sonra, endüstri devrimi sonrasında içerisinde bulunulan çevrede meydana değişim ve gelişimlere uyum sağlama zorunluluğuna bağlı olarak, yönetim alanında yapılan çalışmalar artış göstermiştir. Böylece, yönetim, ayrı bir bilim olmaktan çıkarak, ekonomi, siyaset, hukuk, sosyoloji, psikoloji, tarih, matematik gibi çeşitli alanla etkileşim içerisinde olan bir bilim haline gelmiştir. Buna göre, yönetimin, en eski bilimlerden biri olduğunu söylemek mümkündür. 20.yy’ın ilk çeyreğinde, “bilimsel yönetim yaklaşımı”, ikinci çeyreğinde ise, “insan ilişkileri yaklaşımı” hâkim olmuştur. 1930’lu yıllara kadar egemen olan bilimsel yönetim yaklaşımında; örgüt bir makine, örgütteki insanlar ise, bu makinenin dişlileri olarak ele alınmıştır. Bilimsel yönetim yaklaşımındaki makineleşme yerine insan unsurunu ön plana çıkaran ve insanı sosyal bir varlık olarak ele alan “insan ilişkileri yaklaşımı” ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, örgütsel yapı içerisindeki iletişim ve ilişkilerin verimliliği doğrudan etkilediğini savunmaktadır. Bu iki yaklaşımı ile birlikte zenginleşen yönetim biliminde yeni kuramlar geliştirilmiştir. Bunlar; Karar (Verme) Kuramı, Sistem Kuramı ve Durumsallık Kuramı’dır.

Karar Kuramı, kendi içerisinde Klasik Rasyonel ve Sınırlı Rasyonel Karar Kuramı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Klasik Rasyonel Karar Kuramı, karar vericinin olabilecek tüm alternatifleri ve sonuçlarını bilerek hareket ettiğini ve

optimal kararlar verdiğini kabul etmektedir. Bu yaklaşıma göre, karar verici, çıkarlarını ön planda tutarak rasyonel seçimler yapmaktadır. Klasik Rasyonel Karar Kuramı'nda;

- Karar verici, karar vermeden önce tüm alternatifleri ve sonuçlarını bilmektedir.
- Karar vericinin belirlediği alternatifler fayda düzeyine göre sıralanmaktadır.
- Karar verici, rasyonel bir şekilde en iyi alternatifi seçmektedir.
- Aynı durumla karşılaşılan karar verici, her zaman aynı alternatifi çözüm olarak benimsemektedir.

Klasik Rasyonel Karar Kuramı'nın idealize edilmiş koşullarını eleştiren Herbert Alexander Simon, Sınırlı Rasyonel Karar Kuramı'nı ortaya koymuştur. Simon (1957), "karar verme" ile "yönetme" eylemlerinin eş anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Simon'un yaklaşıma göre, insanın belirli bir hedefe ulaşabilmek için bilinçli olarak bir yolu seçmesi olarak tanımlanan karar verme, örgütlemenin temel süreci; karar ise yönetimin amacı olarak ele alınmaktadır. Simon'un yaklaşımının temeli karar verme, karar vermenin dayanağı da doyum olgusudur. Simon'a göre, karar vericiler örgütsel, çevresel ya da içsel sınırlılıklar sebebiyle rasyonel olamazlar. Klasik Rasyonel Karar Kuramı'ndaki rasyonel karar vericinin yerini, koşulların getirdiği tüm gerçeklik ve sınırlılıkları benimseyen yönetsel bir karar verici almaktadır. Örgüt içerisinde, insanın davranışlarını sınırlandıran birtakım etmenler bulunmasına karşın, karar verici, amaç gözetici veya doyum arayıcı şekilde davranışlar göstermektedir. Belirli bir hedefe yönelen karar verici, bu hedefi gerçekleştirecek belirli yolları takip etmekte ve birden fazla yolla karşılaştığında ise, en uygun olanı ya da en çok doyum vereni benimsemektedir. Karar verici, doyum sağlayan kararlar vererek en tatmin edici sonuçları ortaya koymaktadır.

Simon, karar verme sürecinde rasyonelliği sınırlandıran etmenleri şu şekilde açıklamaktadır:

- Karar vericinin sahip olduğu fizyolojik özellikler, onların davranışlarını, eylemlerini ve kararlarını etkilemektedir.

- Karar vericinin içerisinde bulunduğu örgütün değerleri diğer bir değişken olarak ele alınmaktadır.
- Karar vericinin sahip olduğu bilgi edinme olanaklarının kısıtlılığı, karar verme sürecini doğrudan etkilemektedir.

1.1. KARAR VE KARAR VERME EYLEMİ

İnsanlar, günlük yaşam içerisinde, pek çok konuda çeşitli kararlar vermektedir. Verilen kararlar, içerik ve önem açısından birbirinden farklılıklar gösterebilir de ortak bir paydada buluşmaktadır. Söz konusu ortak payda, karar vericinin, her durumda karar alternatiflerini belirlemesi ve hangi alternatifin hedefe ulaşmada en uygun yol olduğuna karar vermesidir. Karar, karşı karşıya kalınan çok sayıdaki alternatif içerisinde yapılan seçimlerin genel bir ifadesidir. Karşılaşılan durumda, birden fazla ölçüt ve alternatif olduğunda, bir karar probleminin varlığı söz konusudur.

Karar kelimesi, “aralarında bir seçme yapma zorunluluğu olan olanaklardan birini seçme edimi ve bu edimin sonucu” (TDK, 2005); “bir iş veya sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargı” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2021). Karar verme ise, “karar birimlerinin belirlenmiş bir ya da daha fazla amaca ulaşmak için var olan çeşitli seçenekler arasında seçim yapmalarına yönelik davranış biçimi” (TDK, 2005); bir sorunu karara bağlamak, kararlaştırmak” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2021). Karar verme kavramı, en basit şekilde, çok sayıdaki alternatifin değerlendirildiği ve aralarından optimal seçimin yapıldığı süreç olarak tanımlanabilir. Kısaca, karar kavramı, bir neticeyi; karar verme kavramı ise, bu neticeye ulaşmayı sağlayan süreci ifade etmektedir.

Karar verme kavramının temeli, karar teorileri alanında çalışmalar yürüten Herbert Alexander Simon’ın (1957) rasyonel karar teorisi ile sınırlı rasyonellik yaklaşımına dair ortaya koyduğu argümanlara dayanmaktadır. Simon’ın araç-amaç ilişkisine dayanan yaklaşımına göre, karar verme eyleminde üç temel aşama bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, karar vermeyi gerektiren duruma ilişkin tüm veri ve bilgilerin toplanmasıdır. İkincisi, bilimsel ve sistematik bir yöntem izlenerek

hedeflenen sonuca ulaştıracak alternatiflerin oluşturulması ve değerlendirilmesidir. Üçüncüsü ise, alternatifler içerisinden çözüme en uygun olanın seçilmesidir.

Yaşamın her anında karşılaşılan karar verme olgusunu, Evren ve Ülengin (1992), “mevcut tüm alternatifler arasından araç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme süreci” olarak tanımlamaktadır.

Kuruüzüm (1998), karar verme kavramını, “sorunlar sistemini çözüme kavuştırmada, edinilen bilgilerin uygun karar modellerinde kullanılmasıyla üretilen alternatif davranış biçimlerinden birinin seçilmesi ve uygulanması” şeklinde ifade etmektedir.

Koçoğlu (2010) ise, “karşılaşılan durum ile ilgili olarak arzu edilen sonuçlara ulaşabilmek için yol gösterici bilgilerin toplanması, bu bilgiler ışığında sistematik, bilimsel ve mantıklı bir akıl yürütme ile seçenekler oluşturup bunların içinden en uygun olanının seçilerek uygulamaya konulması” şeklinde tanımlamaktadır.

Bir karar verme probleminin oluşabilmesi için, söz konusu problemin belirli bir hedefe sahip olması ve belirlenen hedefe ulaşılabilmesi için sonuçları farklı olan alternatiflerin bulunması gerekmektedir. Tek bir alternatifin var olması durumunda, herhangi bir karar probleminden söz edilemez. Çünkü bu türden durumlarda, çözüm tektir ve mutlaka uygulanması gerekecektir. Karar verme eylemi, herhangi bir karar verme probleminin çözümlenmesi için çok sayıdaki alternatif arasında en iyi olanın seçilmesi şeklinde olabileceği gibi, ardışık alternatiflerin çeşitli birleşimleri içerisinden en iyi olanının seçimi şeklinde de yapılabilmektedir. Karar ve karar verme süreci; karar vericinin hedefini gerçekleştirme isteği, örgütsel yapı içerisindeki statüsü, karar anındaki psikolojisi, sahip olduğu teknik bilgisi ile birlikte ekonomik durum, içerisinde bulunulan çevrenin niteliği ve örgütsel unsurlardan etkilenebilmektedir. “Karar vericinin algılayış ve yorumlayış biçimi, duyguları, değer yargıları, kişiliği, geçmiş yaşantıları, amaç ve beklentileri de kararları etkilemektedir. Örgütün yapısı, çevrenin kültürel, siyasal, sosyal, ekonomik durumu; yasalar, yönetmelikler ve tüzükler de karar verme sürecini etkileyen faktörlerdendir.” (Şişman, 2013).

Verilen kararların bir kısmı basit nitelikteyken, kimi zaman oldukça karmaşık yapıya sahip olan karar verme problemleriyle de karşılaşılabilir. İnsanların, genellikle basit olarak nitelendirdikleri karar verme problemlerinde izledikleri yol, karardan beklenen faydalar doğrultusunda şekillenmektedir. Bazı durumlarda da, verilen kararlar kişinin kendisinin yanı sıra çevresindekileri, içerisinde bulunduğu örgütsel yapıyı da etkileyebilmektedir. Bu nedenle, karar verme eylemi, oldukça kritik öneme sahip bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

Karar teorisinin ve karar verme kavramının daha net anlaşılabilmesi ve kuramsal çerçeve içerisinde değerlendirilebilmesi amacıyla karar verme kavramına ilişkin bazı kavram ve tanımlara hâkim olunması gerekmektedir. Karar verme kavramına ilişkin literatürde yer alan tanımlamalar incelendiğinde aşağıdaki ortak noktalara ulaşılmaktadır:

- *Karar verme süreci:* Karar vericinin, karşılaşılan karar verme problemlerini çözebilmek amacıyla ortaya koyduğu eylemlerdir.
- *Karar verme teknikleri:* Karar verme sürecindeki aşamaların planlı bir şekilde yürütülmesini sağlayan ve karar verme sürecinde izlenecek yöntem veya yöntemlerdir.
- *Karar verme ölçütleri:* Verilen bir kararın değerlendirilebilmesi amacıyla karar vericinin belirlediği yön vericilerdir.
- *Karar verme becerisi:* Karar vericinin sahip olduğu beceri, bilgi ve deneyimlerini, problemlerin çözümlenmesinde etkin olarak kullanabilmesidir.
- *Karar verme hakkı:* “Yönetim sınırları kapsamında kimliğini bulan yetki hakkının bir kısmıdır. İlgili yöneticinin örgüt bağlamındaki pozisyonuna, o pozisyonda söz konusu olan yetki ve sorumluluk sınırına bağlıdır.” (Temur, 2012).
- *Kararın bölümleri:* Karar vermenin bilgi, işlem ve seçim boyutları olmak üzere üç temel bölümü bulunmaktadır. Karar vericinin karşılaşılan sorunlar doğrultusunda optimal kararlar verebilmesi için bilgilerini sürekli olarak geliştirmesi ve mevcut bilgilerini de tekrar gözden geçirmesi gerekmektedir.

1.2. KARARLARIN ORTAK ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ

Karar verme durumu, yaşamın hemen her alanında ve safhasında sıklıkla karşılaşılan bir olgudur. Yaşam koşullarının sürekli olarak değişim ve gelişim içerisinde olmasıyla birlikte, karar verme süreci, daha da karmaşık ve güç bir hal almaktadır. Zorlaşan ve ağırlaşan günümüz koşullarında, karar vericinin, sadece tecrübe ve sezgilerine dayanarak hareket etmesi, sağlıklı ve doğru kararın verilebilmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu noktada, karşılaşılan problemin çözümünde karar analizlerinin uygulanması, karar verici için önemli hale gelmektedir. “Karar analizi, karar verme sürecine sistematik ve analitik bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bakış, problemdeki tüm ayrıntıları göz önüne almayı gerektirmektedir. Buna göre karar analizi, karmaşık bir karar probleminde mümkün olan tüm verinin toplanması, problemin ne olduğunun, hangi faktörlerden etkilendiğinin belirlenmesi ve olası tüm alternatiflerin ortaya konması ile mantık çerçevesi içinde probleme en iyi çözümü bulmayı amaçlayan nitel ve nicel yaklaşımların kullanılması olarak tanımlanmaktadır.” (Lezki vd., 2016). Karar analizleri, doğru kararı vermekten ziyade iyi bir kararın verilmesini amaçlamaktadır. Bu noktada, iyi bir karar ile doğru bir kararın aynı kavramlar olmadığını belirtilmesi gerekmektedir. Bir problemin çözümünde, en iyi sonucu sağlayan karar, doğru karar olarak nitelendirilmektedir. Ancak, bir kararın sonuçlarının ne şekilde olacağı net olarak bilinemeyeceği için, bu kararın doğru mu yoksa yanlış mı olduğu, kararın uygulanmasından bir süre sonra saptanabilir. İyi karar olarak benimsenen alternatifin, aynı zamanda problemi çözüme ulaştıran doğru kararın olması beklenmektedir. Ancak, verilen bir kararın, doğru karar olarak tanımlanabilmesi için karar analizleri yapılırken ortaya konulan ön kabullerin doğruluğu ile çevresel etmenlerin gelecek zamanda alacağı boyutlarına ilişkin doğru tahminler yapılmalıdır.

Verilen bir kararı belirlenen hedefe ulaştıracak “iyi bir karar”da olması gereken temel özellikler şu şekildedir:

- “*Karar etkili olmalıdır.* Bir kararın etkili kabul edilebilmesi için karar uygulandığında, ya karar vermeyi gerektiren sorun ortadan kalkmış ya da fırsat en iyi biçimde değerlendirilmiş olmalıdır. Etkili bir kararın aynı

zamanda doğru bir karar olacağı da açıktır. Başlangıçta problemin doğru belirlenmiş ve iyi tanımlanmış olması kararın etkili olabilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır.

- *Karar verimli olmalıdır.* Karar verme sürecinin bir maliyeti söz konusudur. Kararın verimli olması, ortaya çıkabilecek her türlü maliyetin ön görülen düzeyde tutulması ve mümkün olan en düşük değerde olması anlamına gelir.
- *Karar rasyonel olmalıdır.* Bilinçli, mantıklı ve tutarlı bir muhakeme yürütülerek verilen kararlar rasyonel karar olarak kabul edilir. Rasyonel düşünce ile karar verilirken karar problemi uygun bir model yardımıyla ortaya konur ve uygun teknikler kullanılarak çözüme ulaşılmaktadır.
- *Karar uygulanabilir olmalıdır.* Verilen kararların uygulanabilirliği de kararın değerini arttırmakta veya azaltmaktadır. Bu nedenle kararın gerçekçi ve mevcut duruma uygun olması kararın kabul edilebilirliğini dolayısıyla uygulanabilirliğini arttıracaktır.
- *Karar zamanında alınmış olmalıdır.* Kararın ihtiyaç duyulan süre içinde verilmesi gereklidir. Gecikmiş bir kararın problemin çözümüne bir katkısı olmayacağı gibi aceleyle verilmiş bir karar da gerekli inceleme ve araştırmaların yapılmasına fırsat vermediğinden istenen faydayı sağlayamayabilecektir. Bu nedenle iyi karar zamanında verilen karardır.” (Lezki vd., 2016).

Her karar verme probleminin sahip olduğu risk, karmaşıklık, önem derecesi ve belirsizlik vb. faktörler birbirinden farklılık göstermekle birlikte, karar verme eyleminde genel olarak karşılaşılan temel özellikleri şu şekilde sıralamak olanaklıdır:

- *Karar verme, gelecekle ilişkilidir:* Karar vericinin verdiği kararlar, tamamıyla geleceğe yöneliktir. Karar verme eylemine ilişkin çalışmaların temelinde, gelecek ile ilgili kaygılar bulunmaktadır. Karardaki belirsizliklerin ortadan kaldırılabilmeleri için, karar verme eylemi gerçekleştirilirken, gelecekteki koşulların, etkin kararın verilmesini sağlayacak şekilde öngörülmesiyle mümkündür.

- *Karar verme, maddi ve manevi zorluklara sahiptir:* Karar verme eylemi, zihinsel çaba ile istemli çabayı gerektirdiğinden karar verici, bu iki farklı boyutta yer alan eylemleri gerekli şekilde yerine getiremeyebilir. Karar verme eylemi, oldukça zor ruhsal ve bedensel bir çaba ve çalışmayı gerektirmektedir. Bu nedenle, bazı karar vericiler, kararın gerektirdiği zihinsel sentezi başarıyla yürütmelerine rağmen uygulamaya geçme azmine sahip olamayabilirler.
- *Karar verme, zaman ve maliyet gerektirir:* İstenilen sonuca ulaştıracak bir kararın verilebilmesi için sırasıyla; problemin gözlemlenmesi ve belirlenmesi, söz konusu probleme ilişkin verilerin toplanması ve analiz edilmesi, belirsizliklerin ortadan kaldırılacak stratejilerin geliştirilmesi ve değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu sürecin tamamlanabilmesi için ise, hem belirli bir zaman diliminin ayrılması, hem de belirli bir maliyetin sağlanması gerekmektedir.
- *Karar verme, sorumluluk yükler:* Karar verici, belirlenen hedefin gerçekleştirilmesinden ve verilen kararın sonuçlarından sorumludur. Bu nedenle, karar verilirken ve uygulanırken üstlenilen sorumluluk, çoğunlukla karar vericinin kaçındığı bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.
- *Karar verme, fazladan maliyetlere neden olabilir:* Karar verme eylemi, çok sayıdaki alternatif içerisinde problemin çözümü için en uygun olanın seçimidir. Bu ifadeye olumsuz açıdan bakıldığında ise, kötü alternatifler içerisinde en iyisinin seçildiğini belirtmektedir. Karar verme eylemi gerçekleştirilirken, her bir ölçüt ve alternatifin avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmakta ve içlerinden optimal olanına karar verilmektedir. Bu durum, diğer tüm alternatiflerin dezavantajlarının yanı sıra avantajlarının da göz ardı edilmesine yol açmaktadır. Böylece, maddi açıdan kayıplar ve fazladan maliyetler söz konusu olmaktadır.
- *Karar verme, rasyonellik ilkesine dayanır:* Kararlar verilirken göz önünde bulundurulması gereken husus, kararların “rasyonellik ilkesi”ne dayanmasıdır. Bir kararın rasyonelliği iki farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri,

verilen karardan sağlanan fayda ile harcanan zaman ve maliyetin birbirine (fayda/zaman ya da fayda/maliyet) oranıdır. Diğeri ise, verilen kararın bilimsel yöntem ve tekniklere dayanılarak ele alınmasıdır. Bu iki koşuldan biri sağlandığında, verilen karar, rasyonel nitelik kazanmaktadır.

Her bir karar verme problemi, kendine özgü kavramlar, nitelikler ve bileşenler barındırmakla birlikte, genel bir değerlendirme yapıldığında karar verme problemlerinde bulunan temel bileşenler; karar verici, hedef ve ölçütler, alternatifler, karar matrisi, çevresel etmenler, olasılıklar, sonuçlar ve karar olarak sıralanmaktadır.

- *Karar verici:* Karar verme probleminin çözümlenebilmesi için belirlenen alternatifler arasından seçim yapan ve bu seçimin olumlu ya da olumsuz tüm sonuçlarının sorumluluğunu üstlenen kişi veya kişilerdir.
- *Hedef:* Karar, belirli bir hedefe yönelik olarak verilmektedir. Karşılaşılan problemin tanımlanması diğer bir deyişle, ulaşılmak istenilen hedefin belirlenmesi, karar verme probleminin çözümüne yönelik ilk adımdır. Karar verme sürecinin sağlıklı olarak yönetilebilmesi için hedefin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Belirlenen hedef ışığında, karar problemi şekillendirilerek, hedefe hizmet edecek ölçüt ve alternatifler belirlenmektedir. Bu nedenle, karar verme problemini şekillendiren en kritik bileşenlerinden biri hedeftir.
- *Ölçütler:* Hedef ortaya konulduktan sonra ölçütlerin belirlenmesi ve ölçüt setlerinin oluşturulması gerekmektedir. Karar verme problemine dâhil edilen ölçütler, hedefe ulaşma noktasında karar alternatiflerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Karar verme sürecinde etkin rol oynayan karar ölçütleri belirlenirken özenle hareket edilmelidir.
- *Alternatifler:* Alternatif, karar vericinin herhangi bir karar verme probleminin çözümünde izleyeceği yolları, tutumu, nesnelere ifade etmektedir. Alternatiflerin karar verme problemini yansıtabilecek doğrulukta ve sayıda olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Çünkü karar verme sürecine dâhil edilmeyen alternatifler süreç sonunda fazladan maliyetlere neden olabilir.

- *Karar Matrisi:* Karar verme problemindeki ölçütlerin ve alternatiflerin bir arada gösterildiği matris ifadesidir.
- *Çevresel etmenler:* Karar verici tarafından kontrol edilemeyen ve kararı önemli ölçüde etkileyen değişkenlerdir. Çevresel etmenler, gelecekte ortaya çıkması beklenen ancak ne şekilde ortaya çıkacağı net olarak bilinmeyen durumlardır. Biyolojik, psikolojik, sosyolojik, ekonomik ve örgütsel etmenler bunlardan bazılarıdır.
- *Olasılıklar:* Karar verme problemindeki en kritik nokta, kararların gelecekle ilişkili olması ve geleceğin belirsizlik içermesidir. Bu belirsizlik durumuna ise, çevresel etmenler neden olmaktadır. Verilen kararı etkileyebilecek çevresel etmenlerin neler olacağı bilinebilir, ancak bunların gelecekte ne şekilde ortaya çıkacağı bilinemez. Bu nedenle, geçmişteki verilerden faydalanılarak gelecekte karşılaşılabilecek durumlara ilişkin tahminler yapılmaktadır. Bu tahminler, karar verme problemine, çevresel etmenlerin ortaya çıkma olasılıkları olarak yansımaktadır.
- *Sonuçlar:* Belirli bir alternatifin seçimi ve karar verme problemine dâhil edilen ölçütlerin etkisiyle ortaya çıkan değerlerdir. Her bir ölçüt ve alternatif ikilisi, matematiksel işlemlere tabi tutularak değerlendirilmekte ve sonuç değerleri sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Sayısal değerlerle ifade edilemeyen durumlarda, sonuç değerleri, fayda birimleri şeklinde gösterilir.
- *Karar:* Sonuçlar doğrultusunda genel bir değerlendirmenin yapılmasıyla elde edilen karar verme sürecinin çıktısıdır.

1.3. KARAR TÜRLERİ

Karar verme problemlerini; kararın verildiği ortam, yönetim kademesi, yapısı, bağlantılı olma durumu ve göz önünde bulundurulacak ölçüt bakımından sınıflandırılmak mümkündür.

1.3.1. Verildiği Ortama Göre Kararlar

Kararın verildiği ortam, karar verme probleminin çözümü için kullanılacak yaklaşımın belirlenmesinde etkilidir. Karar verici, kararın verildiği ortamın niteliği hakkında bilgi sahibi olmadan karar verme sürecini başlattığında sağlıklı ve rasyonel sonuçlar elde etmek olanaksızdır. Karar verme ortamı, karar vericinin problem hakkında sahip olduğu bilgi seviyesiyle ilişkilidir. Özellikle, kararı etkileyen çevresel etmenler hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi, kararın verildiği ortamın nasıl olduğu sorusu için büyük önem taşımaktadır. Verildiği ortama göre kararlar;

- Belirlilik ortamında verilen karar,
- Belirsizlik ortamında verilen karar,
- Risk ortamında verilen karar

olarak sınıflandırılmaktadır.

1.3.1.1. Belirlilik Ortamında Verilen Kararlar

“Belirlilik durumu, hangi durumla karşılaşılacağı ve durumun hangi değeri alacağı bilindiği durumdur. Diğer bir ifade ile belirlilik durumunda; gelecekte ortaya çıkacak tek bir durum söz konusudur ve gerçekleşme olasılığı ($p=1$) olduğundan gerçekleşmesi kesindir.” (Lezki vd., 2016). Herhangi bir karar verme sürecine ilişkin ölçüt, alternatif veya çevresel etmenlerin doğuracağı sonuçlar önceden biliniyorsa, kararın belirlilik ortamında verildiği anlamına gelmektedir. Karar verme ortamında belirlilik durumu söz konusu olduğundan karar verme eylemi nispeten daha kolay olmaktadır. Bu tür karar verme problemlerinde, her bir ölçüt, alternatif ve değişkenin değerleri ve aralarındaki ilişkiler kesin olarak bilinmektedir. Buna göre, karar verme probleminin çözüm sürecinde ortaya çıkacak durumun tek olduğu anlamına gelmektedir. Gerçekleşme olasılığı kesin olan durum veya ölçütün ne olduğunu karar vermeden önce bilen karar verici, en yüksek değere sahip olan alternatifi seçerek, bu alternatfin karar verme probleminin çözümü için en uygun karar olarak kabul etmektedir.

1.3.1.2. Belirsizlik Ortamında Verilen Kararlar

“Belirsizlik, durumların ortaya çıkışlarına ilişkin karar vericinin herhangi bir olasılık değerine sahip olmadığı durumdur. Durumların ortaya çıkışlarına ilişkin herhangi bir olasılık değerine sahip olmadan karar verme işlemi yürütür ise karar verme sürecine belirsizlik ortamında karar verme adı verilmektedir.” (Lezki vd., 2016). Karar verme problemindeki ölçütler, alternatifler ve çevresel etmenler bilinmekle birlikte, hangi ölçütün veya alternatifin sonuca nasıl etki edeceği, hangi çevresel etmenin ne şekilde ve hangi olasılıkla ortaya çıkabileceği bilinmemektedir. Bu nedenle, belirsizlik ortamında verilen bir kararın taşıdığı riskin hesaplanması mümkün olamayacağından, karar matrisinde ifade edilen değerlere dayanılarak karar verilmektedir.

Belirsizlik ortamında karar verilirken kullanılacak yöntemlerde; karar vericinin içerisinde bulunduğu psikolojik durumu yansıtan iyimserlik, kötümserlik ve uzlaşma ölçütleri esas alınmaktadır. İyimserlik ölçütü, karar vericinin bakış açısını iyimser olarak varsaymaktadır. Bu yaklaşımda, karar verici hangi alternatifi seçerse seçsin, karar matrisinin satır kısmındaki her bir alternatifin ideal çözüme ulaştıracağını, kazanç sağlayacağını kabul etmektedir. Kötümserlik ölçütü, karar vericinin psikolojik durumunun kötümser olduğunu varsaymaktadır. Bu yaklaşımda, karar verici hangi alternatifi seçerse seçsin, karar matrisinin satır kısmındaki her bir alternatifin düşük fayda veya zararlara neden olacağını kabul etmektedir. Leonid Hurwicz (1951) tarafından ortaya atılan uzlaşma ölçütü ise, karar verme probleminin yapısına ve karar vericinin psikolojik durumuna daha esnek bir şekilde yaklaşılması amacıyla, iyimserlik ölçütü ile kötümserlik ölçütünün bir arada kullanılmasına imkân tanımaktadır. Bu yaklaşıma göre, karar vericinin psikolojik durumunu ifade eden bir katsayı bulunmaktadır. Bu katsayının 0 ila 1 ($0 \leq \alpha \leq 1$) aralığında bir değer aldığı kabul edilmektedir. Katsayının (α) 1'e eşit olduğu durumlarda karar vericinin iyimser, 0'a eşit olduğu durumlarda ise karar vericinin kötümser olduğu varsayılmaktadır.

1.3.1.3. Risk Ortamında Verilen Kararlar

Bir karar verme probleminde yer alan ölçütlerin alabileceği değerler veya gerçekleşme olasılıkları biliniyorsa, benimsenen stratejiye bağlı olarak verilen kararın doğuracağı risklerin ölçülebildiği anlamına gelmektedir. Bu türden kararlar, risk ortamında verilen karar olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu değerlerin veya olasılıkların bilinmesinin önemli avantajı, karar verici tarafından benimsenen alternatife göre elde edilmesi beklenen sonuç için ne ölçüde bir riskin alındığının hesaplanabilmesidir.

Risk ortamında karar verilirken, olasılık değerlerinin belirlenmesi oldukça önem taşımaktadır. Gerçekleşme ihtimali düşük olan bir ölçüte yüksek bir değer verilmesi, kararın yanlış olmasına sebebiyet verebilir. Risk ortamında karar verilirken, karar matrisindeki ölçütlerin alabileceği değerlerin tanımlanması ve tüm değerlerin toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir. Bu yaklaşıma göre, bir ölçün gerçekleşme olasılığı 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Olasılık değeri 0'a yakın olduğunda söz konusu ölçütün gerçekleşme olasılığı düşük, 1'e yakın olduğunda ise ölçütün gerçekleşme olasılığı yüksektir. Bu noktada, karar verici, en iyi beklenen değer ölçütü veya en büyük olasılık ölçütü yöntemlerinin birinden yararlanarak en doğru kararı tespit edebilmektedir.

En iyi beklenen değer ölçütünde, her bir alternatifin sonucu ile ilgili ölçüt değerleri veya olasılıkları çarpılmakta, her satır için bu çarpım değerleri toplanarak alternatife ilişkin değerler hesaplanmaktadır. Daha sonra, faydanın tespit edilmesine yönelik problemlerde alternatifler için hesaplanan sonuç değerleri içerisinde en büyük değerli olanı; zararın tespit edilmesine yönelik problemlerde ise en küçük değerli olanı en uygun karar olarak benimsenmektedir.

En büyük olasılık ölçütünde ise, tüm ölçütler üzerinden hesaplamalar yapmak yerine, gerçekleşme olasılığı en büyük olan ölçüte göre karar verilmektedir. Böyle bir durumda, sadece en büyük olasılıklı ölçütün doğuracağı sonuçlarla ilgilenilmektedir. Karar verme problemi, faydanın tespit edilmesine yönelik ise, en büyük olasılığa sahip olan ölçüt için, alternatiflerin sonuç değerleri içerisinde en büyük değeri veren alternatif, en uygun karar olarak kabul edilmektedir. Karar verme

problemi zararın tespit edilmesine yönelik ise, en büyük olasılık değerine sahip olan ölçüt sonuçları içerisinde en küçük değeri veren alternatif, ideal çözüme en uygun karar olduğu varsayılmaktadır. Hesaplama bakımından en kolay ölçütlerden biri olmasına rağmen, sadece tek bir ölçütün göz önünde bulundurulması sebebiyle, diğer ölçütlere göre daha zayıf olduğunu söylemek mümkündür.

1.3.2. Yönetim Kademesine Göre Kararlar

1.3.2.1. Stratejik Karar

“Üst yönetim tarafından verilen kararlardır. Bu tür kararların özellikleri, kararın çok karmaşık bir yapıda olması, karar sonucunun etkilerinin uzun vadede ortaya çıkması, genellikle belirsizlik ortamında verilmesi, işletmenin varlığı ve devamlılığı açısından önemli etkilerinin olmasıdır. Bu tür kararlara yeni bir pazara girme, üretim teknolojilerinin seçimi, finansman politikalarının belirlenmesi örnek olarak verilebilir.” (Lezki vd., 2016).

1.3.2.2. Taktiksel Karar

“Bu tür kararlar orta düzey yönetim tarafından verilen kararlardır. Stratejik kararların uygulanabilmesi amacıyla orta vadede yapılması gereken faaliyetlere ilişkin olup genel olarak risk ortamında verilen kararlardır. Yıllık bütçe planı, mevcut tedarikçilerle olan anlaşmaların yenilenmesi, yeni reklam kampanyasının nasıl olacağı bu tür karar örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).

1.3.2.3. Operasyonel Karar

“Bu tür kararlar, alt yönetim kararları olup sonuçları kısa vadede ortaya çıkar. Günlük, haftalık ve aylık faaliyetlerin yerine getirilebilmesi için verilmesi gereken kararlardır ve belirlilik ortamında verilir. Günlük iş emirlerinin hazırlanması, haftalık üretim planının oluşturulması, aylık stok miktarının belirlenmesi operasyonel karar örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).

1.3.3. Yapılarına Göre Kararlar

1.3.3.1. Yapılandırılmış (Programlanabilir) Karar

“Bu tür kararlar, rutin olarak sık sık tekrarlanan kararlardır. Bu nedenle karar probleminin çözümüne ilişkin izlenecek yol, kullanılacak yöntemler önceden belirlenmiştir ve her defasında aynı yol ve yöntemleri kullanmak çözüm için yeterli olacaktır. Bu tür kararlarda, karar vericinin çok büyük bir etkisi olmayıp, karar probleminin dâhil olduğu sistemin işleyişi karar vericiden daha etkilidir. Diğer bir ifadeyle verilecek kararı kimin, nasıl uygulayacağı, uygularken hangi kaynakları kullanacağı, hangi kurallara uyması gerektiği karar sürecinin başında bellidir. Operasyonel kararların tamamı ile taktiksel kararların bir kısmı bu tür kararlardır ve belirlilik ortamı söz konusudur.” (Lezki vd., 2016).

1.3.3.2. Yapılandırılmamış (Programlanamayan) Karar

“Bu tür kararlar, alışılmamış, daha önceden karşılaşılmamış ve tekrarlanmayan özgün nitelikteki kararlardır. Belirsizlik ortamı söz konusu olup karmaşıklık derecesi büyüktür. Bu tür kararlarda, ilk kez karşılaşıldığından çözüm için önceden belirlenmiş standart bir prosedür olmayıp nasıl bir yol ve yöntem izlenmesi gerektiği karar sürecinin başında bilinmemektedir. Bu nedenle çözüm için ayrıntılı karar analizine ihtiyaç duyulan kararlardır. Stratejik kararlar bu tür kararlardır.” (Lezki vd., 2016).

1.3.3.3. Yarı Yapılandırılmış (Yarı Programlanabilen) Karar

“Bu kararlar, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış karar türlerinin birleşimidir. Karar probleminin bir kısmı için önceden belirlenen standart prosedürler uygulanabilirken, problemin tamamen çözümü için yeterli olmamaktadır. Taktiksel karar grubunda yer almaktadır.” (Lezki vd., 2016).

1.3.4. Bağlantılı Olma Durumuna Göre Kararlar

1.3.4.1. Tek Aşamalı Karar

“Karar problemlerinin bir kısmı, tek bir kararın verilmesini gerektiren ve söz konusu kararın sonucuna bağlı olarak belirli bir katkının elde edildiği yapıdadır. Bu

tip kararlarda verilen kararın sonucu başka kararları etkilemez ve dolayısıyla başka bir karar ile herhangi bir bağlantısı yoktur.” (Lezki vd., 2016).

1.3.4.2. Çok Aşamalı Karar

“Pek çok karar probleminde ise verilen bir kararın sonucu verilen ilk kararla aynı zamanda ya da daha sonraki bir zamanda verilecek başka kararları da etkilemektedir. Birbiriyle bağlantılı bir dizi kararın alınmasını gerektiren böylesi karar problemleri de çok aşamalı karar problemi olarak adlandırılır.” (Lezki vd., 2016).

1.3.5. Göz Önünde Bulundurulacak Ölçüt Açısından Kararlar

1.3.5.1. Tek Ölçütlü Karar

“Karar probleminde ulaşılmak istenen tek bir amaç ve bu amaca ulaşabilmek için kullanılacak tek bir değerlendirme ölçütü olduğunda karar problemi tek ölçütlü karar problemidir.” (Lezki vd., 2016).

1.3.5.2. Çok Ölçütlü Karar

“Günümüzde bireysel kararlarda da işletme kararlarında da tek bir ölçütün göz önüne alındığı karar problemlerinin sayısı oldukça azdır. Birden fazla niteliğin aynı anda en iyi değerleri alabilmesi çabası çok ölçütlü karar verme tekniklerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Bunlardan en bilinenleri olan AHP, ANP, TOPSIS ve ELECTRE teknikleridir.” (Lezki vd., 2016).

1.4. KARAR VERME YAKLAŞIMLARI

Karar verme eyleminde kullanılan yaklaşımlar arasındaki farklılıkların temelinde, karar verme probleminin yapısı ile karar vericinin tutum ve tercihleri yer almaktadır. Karar vericinin karar verme problemi hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi, problem karşısındaki tutum ve davranışları, içerisinde bulunduğu psikolojik durum, karar verdiği ortamın niteliği, hedeflerini gerçekleştirme isteği/zorunluluğu gibi etmenler kullanacak yaklaşımın belirlenmesinde önemli ölçüde etkili olmaktadır. Ele alınan karar verme probleminin niteliği, yapısı, önemi, problemdeki karar

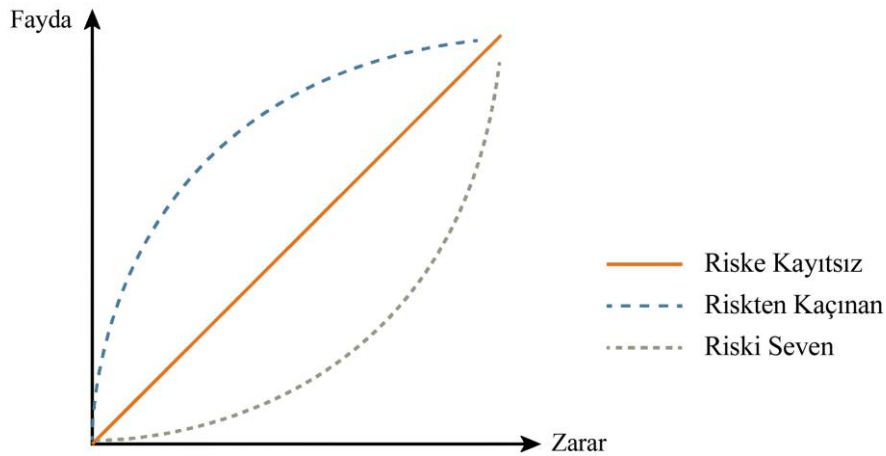
değişkenleri ve çevresel etmenler göz önünde bulundurularak belirlenen yaklaşım ile optimum seçim yapılmaktadır. Bu ölçütler doğrultusunda karar verme yaklaşımları;

- Sezgisel karar verme yaklaşımı,
- Deneysel karar verme yaklaşımı,
- Bilimsel karar verme yaklaşımı

şeklinde sınıflandırılabilir.

1.4.1. Sezgisel Karar Verme Yaklaşımı

Sezgisel karar verme yaklaşımında, karar verme problemiyle ilgili herhangi bir araştırma, veri toplama ve analiz yapma yöntemleri kullanılmamaktadır. Analizler, karar vericinin sezgileri ve duygularına dayanılarak yapılmaktadır. Her bir karar verme probleminde yer alan ölçütlerin etki dereceleri farklı olduğuna göre, her karar verme probleminin de belli derecelerde riskleri bulunmaktadır. Bu sebeple, sezgisel karar verme yaklaşımında, karar vericinin risk karşısındaki tutumu oldukça önem hale gelmektedir. Bu noktada, karar vericiler, risk karşısındaki tutumları bakımından riski seven, riskten kaçınan ve riske kayıtsız karar verici olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.



Şekil 1.1: Riske karşı tutumlar (Sığrı ve Gürbüz, 2014).

Riske kayıtsız tutumun bir doğru ile temsil edildiği Şekil 1.1'deki grafikte olduğu gibi, karar verici, fayda ve zararın doğru orantılı olduğunu bilmektedir. Riski seven karar verici, daha az zarar ile daha yüksek fayda sağlayabileceğini varsaymaktadır. Riskten kaçınan karar verici ise, fayda değerinde belli bir zarardan sonra hiçbir şekilde artışın olamayacağını düşünmektedir.

1.4.2. Deneyimsel Karar Verme Yaklaşımı

Deneyimsel karar verme yaklaşımında, karar vericinin deneyimlerinden elde ettiği bilgilerden yararlanılmaktadır. Karar verme problemi, geçmişteki benzer durumların çözümünde izlenen yöntemle çözümlenmeye çalışılmaktadır. Karar verici, mevcut problem için bilimsel analizler yerine geçmiş durumlardan elde ettiği verilere dayanarak bir çözüme ulaşmaya çalışmaktadır. Bu yaklaşım ile karar vermenin dezavantajı, geçmişte karşılaşılan problem ile mevcut problemin farklı çevresel etmenlerin etkisinde olabileceği olasılığının ihmal edilmesidir. Ayrıca, her iki probleme etki eden çevresel etmenler aynı olsalar dahi, geçmişte aldıkları değerler ile bugün alacakları değerler farklılık gösterecektir. Bu nedenle, her bir karar verme probleminin, içerisinde bulunduğu çevresel etmenler ve şartlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.4.3. Bilimsel Karar Verme Yaklaşımı

Deneyim, sezgi ve duygular, kararın verilmesinde oldukça önemli olmakla birlikte, her zaman yeterli olamayabilirler. Bilimsel karar verme yaklaşımında, karar verme problemleri analitik bakış açısıyla ele alınarak, uygun yöntemler aracılığıyla çözüme ulaşılmaktadır. Bu yaklaşımda, problemle ilgili bilgiler sistematik bir şekilde toplanmaktadır. Problemden yer alan kontrol edilen ve edilmeyen değişkenler ile problemdeki tüm etmenler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir.

Bilimsel karar verme yaklaşımı; çözüm ile elde edilen sonuca, objektif değerlendirmeler yapan insanlar tarafından ulaşılabilmesini, bu amaç doğrultusunda çözümün mümkün olabildiği ölçüde sayısal değerlerle ifade edilmesini ve tüm veri, öngörü ve hesaplamaların açıkça belirtilmesini gerektirmektedir. Bu noktada, bilimsel karar verme yaklaşımına, deneyim, sezgi ve duyguların dâhil edilmeyerek,

karar verme sürecinin mekanik bir şekilde yürütüldüğü yönünde eleştiri söz konusudur. Ancak, karar verme süreci, karar vericiler tarafından yönetildiği ve değerlendirildiği için yaklaşıma getirilen eleştirinin yerinde olmadığı söylenebilir. Ayrıca, bilimsel yaklaşım ile karar verme süreçlerinde nicel ve nitel yöntemler bir arada kullanılabilir.

1.5. KARAR VERME PROBLEMİNİN MODELLENMESİ

Bilimsel karar verme yaklaşımı, karar verici tarafından rasyonel, objektif ve bilinçli seçimlerin yapılabilmesi için sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu yaklaşımı tercih eden karar verici, karar verme probleminin tanımlanması ve çözülmesi için birtakım modellerden yararlanmaktadır. Model aracılığıyla, karmaşık yapılı bir problem, durum, sistem veya olayın daha anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Kısaca model, karşılaşılan problem, durum, sistem veya olayın basite indirgenmiş bir temsili olarak tanımlanabilmektedir. Bu temsil, çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Modeller yapılarına göre;

- Uyuşum Modeli (Fiziksel model)
- Benzeşim Modeli (Analog model)
- Sembolik Model (Simgesel model)

olarak sınıflandırılmaktadır.

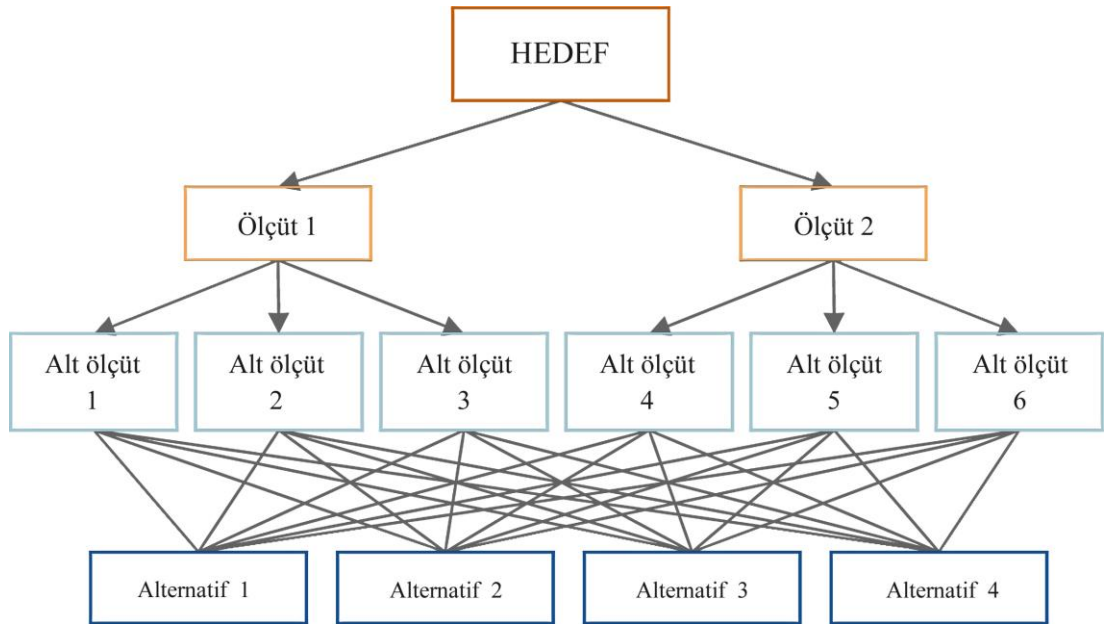
Uyuşum modeli, “temsil ettiği gerçek sistemle fiziksel ve niteliksel açıdan tam bir uyum hâlinde bulunan ve gerçek sistemin fiziksel olarak belirli ölçekte küçültülmüş ya da büyütülmüş olan örnekleridir. Bina maketleri, çeşitli oyuncaklar ya da atom modeli bu tür model örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).

Benzeşim modeli, “gerçek sistemde var olan bir özelliğin modelde kolay anlaşılabilen başka bir özellik ile temsil edildiği model türüdür. Bu tür modellere örnek olarak, veri akış şemaları, PERT ve CPM gibi çizge modelleri verilebilir.” (Lezki vd., 2016).

Sembolik model, “incelenen sistemin ya da durumun, harf, rakam ya da diğer semboller ve kavramlar yardımıyla temsil edilmesidir. Gerçek durumdaki tüm

özellikler, ögeler ve bunlar arasındaki ilişkiler söz konusu semboller yardımıyla gösterilir. Bu sınıflama içinde matematik modeller ve sözel modeller biçiminde ayrıca bir ayırım da yapılmaktadır.” (Lezki vd., 2016).

Karar verme modeli ise, karar verme probleminin bir temsili olarak tanımlanabilir. Ulaşılmak istenilen hedef göz önünde bulundurularak, söz konusu karar verme problemindeki kontrol edilen ve edilmeyen değişkenler ile bu değişkenler arasındaki ilişkileri bir arada ortaya koyan ve çözüme en uygun alternatifin seçilebilmesini sağlayan modellerdir. Karar verme probleminin tanımlanmasının akabinde, bir karar verme modeli oluşturularak en iyi çözüme ulaşma çabasına girilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Karar verme modeli.

Bir karar verme probleminde, A_1, A_2, \dots, A_m ile ifade edilen m sayıda alternatif ve C_1, C_2, \dots, C_n ile ifade edilen n sayıda farklı ölçütün olduğu varsayıldığında, her bir alternatif ve ölçüt ikilisi için $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{mn}$ ile ifade edilecek sonuç değerlerinin bulunduğu karar verme matrisi Çizelge 1.1'deki gibi gösterilmektedir. Kısaca, karar verme matrisinin satır kısmında birbirine olan üstünlüklerini gösterecek alternatifler, sütun kısmında ise karar verme eyleminde kullanılacak ölçütler yer almaktadır.

Çizelge 1.1: Karar verme matrisinin genel yapısı ve bileşenleri (Lezki vd., 2016).

Alternatifler	Ölçütler				
	C_1	C_2	C_3	. . .	C_n
A_1	S_{11}	S_{12}	S_{13}	. . .	S_{1n}
A_2	S_{21}	S_{22}	S_{23}	. . .	S_{2n}
A_3	S_{31}	S_{32}	S_{33}	. . .	S_{3n}
\vdots
A_m	S_{m1}	S_{m2}	S_{m3}	. . .	S_{mn}

1.6. KARAR VERME SÜRECİ

İnsanlar, gündelik yaşam içerisinde pek çok problemle karşı karşıya kalmaktadır. Karşılaşılan problemlerin çözümünde ise, bazı karar verme süreçlerinden yararlanılmaktadır. Bireysel veya örgütsel açıdan verilecek kararın, etkili ve doğru bir karar olabilmesi için karar vericinin, karar verme süreciyle ilgili yeterli bilgi düzeyine sahip olması gerekmektedir. Karar verme süreci, “herhangi bir kişinin herhangi bir durumla veya sorunla ilgili nasıl davranması gerektiği hakkında analitik bir tarzda düşündükten ve ilgili alternatifleri avantajları ve dezavantajları bakımından tarttıktan sonra, kendisi açısından en optimum uygulanabilirliğe ve faydaya sahip olan alternatifi seçme sürecidir.” (Bayraktaroğlu ve Demir, 2011). Karar vermenin önemli bir safhasını oluşturan karar verme süreci bazı temel adımlardan oluşmaktadır. Bu sürecin; planlı olarak yürütülebilmesi, başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve etkin kararların alınabilmesi için bu sürece ilişkin bilinmesi gereken adımlar;

- Karar verme probleminin tanımlanması,
- Ulaşılmak istenilen veya ulaşılması beklenen hedefin belirlenmesi,
- Karar verme probleminin çözümlenebilmesi için gerekli verilerin toplanması,
- Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin ortaya konulması,
- Alternatiflerin karar ölçütleri ve alt ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi,
- Hedefe ulaştıracak en uygun alternatifin seçilmesi

şeklinde özetlenebilir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Karar verme süreci.

Karar verme sürecinin kapsamının daha iyi anlaşılabilmesi için sürece dâhil olan adımların ayrıntılı olarak açıklanması gerekmektedir.

- *Karar verme probleminin tanımlanması:* Karar verme süreci, karar verme probleminin tanımlanmasıyla başlar. Bu adımda, karar vermeyi gerektiren bir durum veya problemin oluşması gerekir. Daha sonra, karar verme probleminin tanımlanmasını sağlayacak tüm veriler bir araya getirilerek, söz konusu problem detaylı ve net bir şekilde tanımlanmalıdır. Karar verme probleminin doğru bir şekilde tanımlanması, karar verme sürecindeki diğer tüm adımların temelini oluşturur. Sürecin ilerleyen adımları, sorunsuz bir

şekilde uygulansa dahi, problem yanlış tanımlanırsa elde edilen sonuç, problemi çözüme kavuşturamayacaktır. Bu nedenle, bir problemin ortadan kaldırılmasında öncelikle problemin tanımlanması, diğer tüm adımların yönetilebilmesi için son derece önemlidir.

- *Ulaşılmak istenilen veya ulaşılmaması beklenen hedefin belirlenmesi:* Karar verme probleminin tanımlanmasının ardından, ulaşılmak istenilen veya ulaşılmaması beklenen hedefin de net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Hedef belirlenirken “gelecekte elde edilmesi istenilen sonuç nedir?” veya “hedefe ulaşma noktasında yapılması gereken çalışmalar ve/veya göz önünde bulundurulması gereken hususlar nelerdir?” sorularının somut ve ölçülebilir değerler ile cevaplanması beklenmektedir.
- *Karar verme probleminin çözümlenebilmesi için gerekli verilerin toplanması:* Karar verme probleminin tanımlanması ve hedefin belirlenmesi, ideal çözüme ulaştıracak uygun seçimin yapılması için yetersiz kalmaktadır. Problemin çözümlenebilmesi için gerekli verilerin toplanarak bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, problemin nitelikleri, probleme etki eden etmenler, problemdeki kontrol edilebilir ve/veya kontrol edilemeyen değişkenler ile tüm bu verilerin problemle ilişkileri incelenerek analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu analizler, problemin çözümünde kullanılacak yöntemleri belirleyecektir.
- *Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin ortaya konulması:* Bu adımda, karar verme probleminin ideal çözümüne yönelik tüm karar ölçütleri, (var ise) alt ölçütler ve alternatifler ortaya konulmaktadır. Her bir ölçüt ve alternatif, belirlenen hedef doğrultusunda, karar verme probleminin çözümünde ne şekilde kullanabileceğini göstermektedir. Kararı oluşturan seçim, bu aşamada belirlenen çok sayıda alternatif içerisinden yapıldığından, potansiyel tüm alternatiflerin ortaya konulması oldukça önemlidir.
- *Alternatiflerin karar ölçütleri ve alt ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi:* Bu adımda ise, karar verici, her bir alternatifi, önceki aşamalarda belirlediği karar verme modeli ve karar verme yaklaşımları ile karar ölçütleri ve (var ise) alt

ölçütler arasında ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirmektedir. Buradaki karar ölçütleri, farklı alternatiflerin birbirlerine olan üstünlüklerinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır.

- *Hedefe ulaştıracak en uygun alternatifin seçilmesi:* Her bir alternatifin, karar ölçütleri göz önünde bulundurularak ve belirlenen karar verme modeli ile karar verme yaklaşımları kullanılarak değerlendirilmesinin akabinde elde edilen sonuçlar ışığında, problemi en ideal çözüme ulaştıran alternatif, “karar” olarak belirlenmektedir.

Son adım olarak, uygulamaya konulan alternatifin sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu adım ile birlikte, kararın ne ölçüde doğru ve etkin bir karar olduğu ortaya konulmaktadır. Ayrıca, uygulama sonrası duyarlılık analizinin yapılması, kararın etkililiğine fayda sağlayacaktır.

1.7. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

Yaşamın her alanında, çeşitli durum, eylem ve olay karşısında çok sayıdaki alternatif içerisinden seçim yapmayı gerektiren problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemler, insanları çözüm bulmaya yöneltmekte; başka bir deyişle, bir seçim yapmaya zorlamaktadır. Birden fazla alternatifin oluşması durumuyla başlayan seçim süreci, belirli ölçütler çerçevesinde hedefe ulaştıran alternatiflerden birinin seçilmesiyle sonlanır. Bu seçim işlemi, “karar verme” eyleminin en basit anlamda tanımıdır. Karar verme, insan yaşamıyla iç içe geçmiş bir eylemdir. İnsanlar, zaman zaman farkında olmaksızın istemsiz veya nicel analizlere dayalı sistematik bakış açısıyla bilinçli olarak karar vermektedir.

Günümüzde, teknolojik değişim ve artan bilgi düzeyine bağlı olarak karar verme eylemi, neredeyse tüm alanlarda karmaşık bir hal almakta ve giderek daha da zorlaşmaktadır. Kararın verilmesinden ziyade, karar verme problemine en uygun alternatifin kararının verilmesi karar verici için oldukça zor bir işlemdir. Karar verici, probleme en uygun alternatifi belirlerken, probleme etki edecek her türlü ölçütü de göz önünde bulundurması gerekmektedir. Bir karar verilirken, bu kararın çok sayıdaki alternatif içerisinden “en iyi karar” olması için hâlihazırdaki tüm kaynakların kullanılması, tüm karar alternatiflerinin tek tek değerlendirilmesi ve değerlendirme yapılırken bunların sayısal bir yönteme dayandırılması gerekmektedir. Karar verme esnasında; karar vericinin tecrübelerinin, kişisel fikirlerinin, stratejik hedeflerinin yanı sıra birçok nicel ve nitel ölçüt de karar verme sürecine dâhil edilebilmektedir. Karar vericinin psikolojik durumu, içerisinde bulunduğu sosyal yapı ve gelecek beklentileri alacağı kararlarda etkili olmaktadır.

Karar vericinin çeşitli hedefleri ve bunlara ulaşmasını sağlayacak farklı alternatifleri vardır. Bunların içerisinden bir seçimin yapılması, en basit tanımla, karar olarak ifade edilmektedir. Karar verme süreci, elde edilecek sonuçların karar vericiyle, örgütsel yapıyla ve/veya kararın rutin bir hususla ilişkili olup olmama durumuna göre farklılaşmaktadır. Basit, rutin, belirlilik içeren bir durumla ilgili karar vermesi gereken karar verici, ağırlıklı olarak deneyimsel veya sezgisel yaklaşımlar benimserken; bir grup veya örgütü ilgilendiren karmaşık, belirsizlik içeren ve yüksek

risk taşıyan yapılı durumlarda ise, bilimsel temellere dayanan yaklaşımlara başvurulması bir zorunluluk haline gelmektedir.

Tüm yönetim faaliyetlerinin odak noktasında bulunan karar verme eylemi, karşılaşılan problemin sahip olduğu özelliklerden dolayı da oldukça güç bir sürece dönüşebilmektedir. Karar verme eylemini güçleştiren nedenlerden ilki, karar verme probleminin karmaşık yapılı olmasıdır. Buradaki karmaşıklık, söz konusu karar verme problemine etki eden pek çok etmenin varlığından kaynaklanmaktadır. Karar vermeyi güçleştiren nedenlerinden ikincisi ve en önemlisi, karar problemini etkileyen çevresel etmenlerdeki belirsizliktir. Bir karar, ancak uygulanmasının ardından sonuç vermektedir. Bu nedenle, kararın sonucuna etki edecek etmenlerin gelecekte ne şekilde ortaya çıkacağı kesin olarak bilinemez. Bu da, karar verme problemleri için farklı boyutlarda belirsizliğin olduğu anlamına gelmektedir. Bu etmenlerin gelecekte nasıl ortaya çıkacağı kesin bir şekilde bilinseydi, karar verme eylemi de daha kolay gerçekleştirilirdi. Üçüncü güçlük nedeni ise, kararı etkileyen birden fazla ölçütün aynı anda mümkün olabilecek en iyi değerleri alabilmeleri için gösterilen çabadır.

Tüm bu güçlüklerin etkileri, karar verme eylemini gerektiren tüm alanlar açısından gittikçe artmaktadır. Bu nedenle, karar vericinin deneyim, sezgi ve duygularına dayanan karar verme yaklaşımlar yerine, rasyonel ve doğru kararların verilmesi sağlayacak etkin ve verimli yöntemler önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda, kritik öneme sahip olan kararları vermeden önce, karar verme problemine ilişkin analizlerin yapılması gerekmektedir. Karar verme sürecine analitik ve sistematik bakış açısı sunan analizler, problemdeki tüm detayların göz önünde bulundurulmasını sağlamaktadır. Bu noktada, karmaşık yapılı problemlerdeki tüm verilerin toplanması, problemin iyi tanımlanması, problemi etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve olası tüm alternatiflerin ortaya konulması ile mantıksal çerçevede en uygun çözümü getiren yaklaşımlar kullanılmalıdır. Karar vericinin, problemin lehine ve aleyhine olabilecek tüm olasılıkları, ölçütleri, alternatifleri ve çevresel etmenleri göz önünde bulundurarak karar vermesi gerekmektedir. Aksi takdirde, verilen yanlış bir kararın sonuçlarının telafisi mümkün olmayabilir. Bu nedenle, karar verme olgusu oldukça kritik öneme sahip bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (ÇÖKV)

Karar kuramı, karar vericinin karşılaştığı karar verme problemlerinde verdiği kararın anlamlılığını irdelemektedir. Bu nedenle karar kuramı, ekonomi, matematik, sosyal bilimler, istatistik gibi farklı disiplinlerin ortak çalışma alanını oluşturmaktadır. Karar kuramı açısından, bir karar verilirken sezgisel, deneysel veya bilimsel yöntemlerden hangisi ile uygulanırsa uygulansın, karar problemine ilişkin tüm değişkenlerin bir karar verme modeli haline getirilmesi veya problemi çözüme ulaştıracak bazı yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Karar verme problemine ait model veya yöntem ile gerçek durum ne denli iyi yansıtılırsa, elde edilecek sonucun güvenilirliği de o ölçüde artacaktır. Bu nedenle, bir karar verme modeline veya uygulanacak yöntemlere nicel etmenlerle birlikte nitel etmenlerin de dâhil edilmesi sonuçların gerçekliğinin ve güvenilirliğinin artmasına katkı sağlayacaktır.

Gündelik yaşam içerisinde her an basit bir şekilde karar vermeyi gerektiren problemlerden karmaşık yapıları karar verme problemlerine kadar çok sayıda alternatif arasından bir seçim yapmayı gerektiren çeşitli durumlarla karşılaşmaktadır. Birden fazla alternatifin oluşması durumuyla başlayan seçim süreci, hedeflenen amaca ulaşabilmek için belirli ölçütler doğrultusunda çözüme giden alternatiflerden bir ya da birkaçının seçilmesiyle sona ermektedir. Bu noktada, birden fazla ölçütün, alt ölçütün, alternatifin ve çevresel etmenin yer aldığı karar verme sürecinde, en doğru kararın verilebilmesi için “Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)” yöntemleri geliştirilmiştir. Önceden belirlenen ölçütlerin genel olarak ikili karşılaştırmalarına dayanan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde, en uygun kararın verilmesinde problemi sayısal olarak değerlendirebilen ve somut sonuçlar veren sistematik bir yol izlenmektedir. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemleri; işletme, sağlık, endüstri, mühendislik, enerji, çevre ve sürdürülebilirlik gibi pek çok farklı disiplinde

yaygın bir kullanım alanına sahip olan ve bilimsel yöntemle karar verilebilmesi için sıklıkla başvurulmuş yöntemlerdir.

2.1. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (ÇÖKV)

Tarihsel süreç içerisinde sorunlar sisteminin çözülmesinde üç temel yaklaşım ortaya konulmuştur. Bu yaklaşımlardan ilki “deneysel yaklaşım”dır. İkincisi, Descartes’ın ileri sürdüğü sorunlar sistemini gruplara ayırarak her bir grubun kendi özelinde analiz edilmesi ve gruplar tekrar bir araya getirilerek sonucun elde edilmesi esasına dayanan “analitik yaklaşım”dır. Günümüzde sorunlar sistemindeki karmaşıklığın artmasıyla birlikte, deneysel ve analitik yaklaşımla sorunlara çözümlerin üretilmesi olanağı azalmıştır. Bu noktada, üçüncü bir yaklaşım olarak “tümdengelim” veya “bağlantısal bütünsellik” yaklaşımı olarak ifade edilebilen, genel sistem kuramı dönüşümüyle temeli oluşturulan ve söz konusu karmaşıklığın aşılmasında kullanılan “sistem yaklaşımı (sistem teorisi)” geliştirilmiştir. Çok ölçütlü karar verme süreci, sistem yaklaşımının (sistem teorisinin) etkin uygulama alanlarından biri olan “yöneylem araştırması”nın önemli bir grubunu içermektedir.

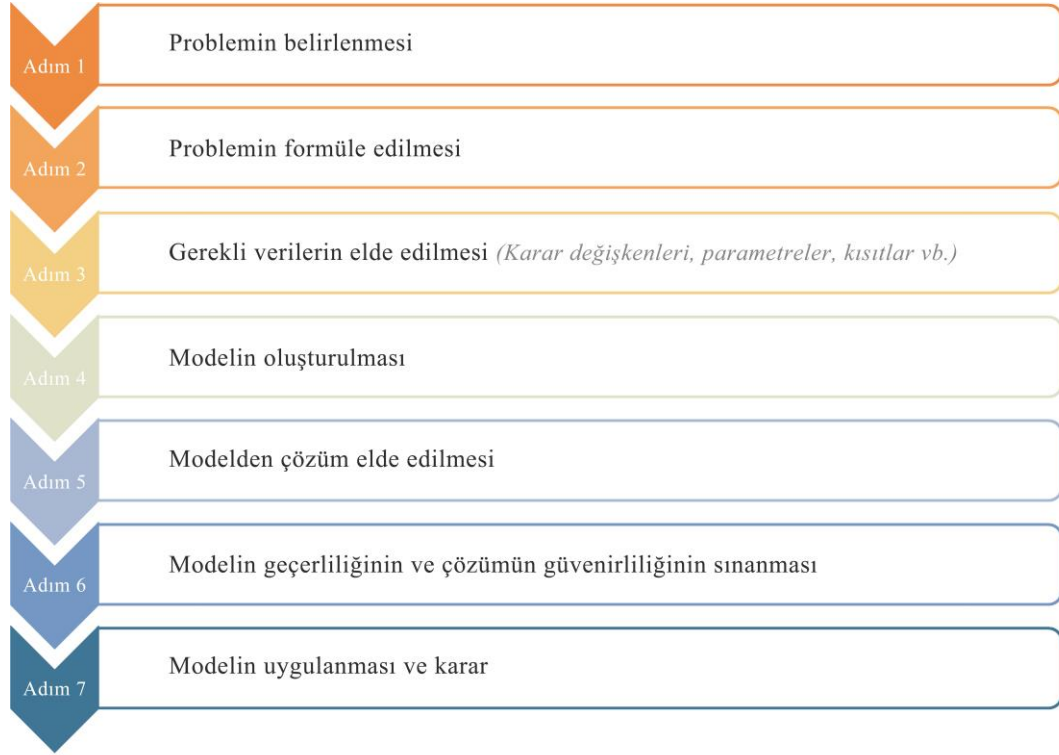
“Yöneylem araştırması denilince akla ilk gelen kelime optimizasyondur. Optimizasyon, kelime olarak ‘en iyiyi elde etme’ şeklinde tanımlanabilir. Bu da, amaç doğrultusunda eldeki kaynakları kullanarak problemlerin optimal (en iyi, en verimli) çözümünün bulunmasını ifade etmektedir.” (Eroğlu, 2019). “Yöneylem, karmaşık sorunların çözümünde ve incelenmesinde bilimsel ve özellikle matematiksel yöntemlerin uygulanışı; yöneylem araştırması ise, herhangi bir problemi yöneylem yöntemine göre araştırma ve inceleme işlemidir.” (TDK, 2022). “Yöneylem Araştırması, örgütlerin ve/veya sistemlerin tasarımında, kuruluşunda ve işletilmesinde karşılaşılan planlama, yürütme ve kontrol faaliyetlerine bilimsel yöntemlerle katkıda bulunan ve bu alanlardaki problemlere çözüm arayan bir bilim dalı olarak yerini almıştır.” (Sağır vd., 2018). Karar modelleri, proje yönetimi, stratejik ve finansal planlama, karar destek ve uzman sistemler, maliyet analizi, malzeme ve envanter yönetimi, yönetim bilişim sistemleri, performans ölçümü vb. yöneylem araştırmasının en yaygın uygulama alanları arasında yer almaktadır.

Yöneylem Araştırması'nın üç temel özelliği bulunmaktadır. Bütünlük yaklaşım (sistem yaklaşımı), disiplinlerarası yaklaşım ve bilimsel yöntemdir.

- *Bütünlük yaklaşım (sistem yaklaşımı):* “Yöneylem Araştırması, problemi çözerken, o problemin ait olduğu sistemin bütün unsurlarını, çevresini ve aralarındaki etkileşimi göz önünde bulundurur. Çünkü sistemin herhangi bir unsurundaki bir değişiklik, diğer unsurları ayrı ayrı etkiler. Aynı şekilde sistemin çevresindeki bir değişiklik sistemin faaliyetlerini ve sistemin kendi işleyişinde meydana gelecek değişiklikler de çevresini etkileyecektir. Bu nedenle problemi, içinde bulunduğu sistemin bütün unsurlarıyla ve bu unsurlar arasındaki her türlü etkileşimle birlikte incelemek gerekmektedir.” (Eroğlu, 2019).
- *Disiplinlerarası yaklaşım:* “Yöneylem Araştırması, disiplinlerarası bir yaklaşımdır. Fizik, kimya, matematik, istatistik gibi farklı disiplinlerden yetişmiş kişilerin her soruna bakış açısı farklıdır. Bu nedenle, problemin modellenmesinde ve çözümünde farklı bakış açılarından faydalanabilmek için problemlerin disiplinlerarası bir ekip tarafından incelenmesi gerekmektedir.” (Eroğlu, 2019).
- *Bilimsel Yöntem:* “Bilimsel yöntem, basitçe, problemlerin çözümünde bilimsel bir yaklaşımın izlenmesini ifade etmektedir. Bu anlamda bilimsel yöntem; incelenen problem veya olayla ilgili önce gözlem yapılmasını, sonra bir hipotezin geliştirilmesini, ardından bu hipotezin deneylerle sınanmasını ve son adım olarak da genellenmesini içermektedir. Ardından geri bildirimler ve gerekliyse kontrollerle sistem üzerinde geliştirmeler yapılmaktadır.” (Sağır vd., 2018).

Yöneylem Araştırması, problemleri; disiplinlerarası bir ekip içinde, bilimsel bir yöntem izleyerek ve sistemi bütüncül bir anlayışla ele alarak çözümlenmektedir. Bu üç temel özellik birlikte ele alındığında, Yöneylem Araştırması'nın problemlerin çözüm sürecine farklı bir sistematik yaklaşımı sunduğu görülmektedir. Bu noktada, Yöneylem Araştırması yaklaşımının problem çözümede kullandığı bilimsel yöntem yedi temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar; problemin belirlenmesi, matematiksel

formülasyonun oluşturulması, modelin kurulması, bilgilerin derlenmesi, modelin çözümlenmesi ve geçerliliğinin araştırılması, modelin duyarlılık analizi ve değerlendirilmesi, sonuçların yorumlanması ve karar verme olarak sıralanmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Yöneylem Araştırması'nın problem çözümlene süreci (Eroğlu, 2019).

Problemleri, disiplinlerarası bir ekip içinde, bilimsel yöntemler izleyerek ve sistemi bütüncül bir anlayışla ele alarak çözümlen Yöneylem Araştırması'nın tanımlanmasında; karar verme süreci, bilimsel yaklaşım, modelleme, optimal çözüm gibi anahtar terimler önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çok ölçütlü karar verme süreci ise, bir karar verme probleminin çözüme ulaştırılabilmesi için muhtemel alternatiflerin belirlenmesi, seçilmesi, sınıflandırılması ve sıralanması gerektiğinde, aynı anda nicel ve/veya nitel ölçütlerin varlığında yapılması gereken Yöneylem Araştırması alanıdır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ilgili bilinen ilk referans, Benjamin Franklin'in (1706-1790) önemli konulara karar verebilmek için basit bir kâğıt üzerinde kurduğu sisteme dayandığı iddia edilmektedir. Franklin, bir sayfa kâğıdın bir tarafına kararın lehine olan argümanları diğer tarafına ise karşıt argümanları yazarak karar vermesini gerektiren durumu ortaya koymaya çalışmıştır. Nispeten eşit öneme sahip olan argümanları kâğıdın her iki tarafına çizerek bir taraftaki tüm argümanlar devre dışı bırakıldığında, kalan argümanların olduğu taraf, argümanın desteklenmesi gereken tarafı oluşturmaktadır. Franklin'in önemli konularda kararlar verirken bu yönteme başvurduğuna dair iddialar bulunmaktadır.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, ekonomik büyümeyle birlikte verimlilikte önemli ölçüde bir artışın yaşanması, doğal kaynakların kullanılması, su ve enerji talebinin artması, ürünlerin depolanması gibi yeni durumların ortaya çıkması nedeniyle çok ölçütlü karar verme yöntemi geliştirilmeye başlanmıştır. 1951 yılında Kuhn ve Tucker, doğrusal olmayan programlama için optimallik koşullarını formülize ederken, aynı zamanda çok ölçütlü problemleri de dikkate almışlardır. 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından hedef programlama yönteminin özünü içeren bir makale yayınlanmıştır; 1961 yılında ise, Charnes ve Cooper tarafından yayınlanan bir kitapta hedef programlama yönteminin adı ilk kez kullanılmıştır. Çok sayıda araştırmaya öncü olan Charnes ve Coopers'ın hedef programlama yöntemi, zaman içerisinde Yöneylem Araştırması'nın temel dayanağı haline gelmiştir. Bu bağlamda, 1968 yılında Bruno Contini ve Stan Zionts, çok ölçütlü bir müzakere modelini geliştirerek konuya ilk katkıda bulunanlar arasında yer almışlardır. 1970'li yıllara kadar bu alana yönelik yapılan çalışmaların hemen hepsi, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin gelişmesi bakımından öncü niteliğinde temel çalışmalar olarak kabul edilmektedir. Gerçek anlamda ise, çok ölçütlü karar verme yöntemine yönelik ilk resmi çalışma, 1972 yılında Güney Karolina eyaletinin başkenti Kolombiya'da Milan Zeleny ve J. L. Cochrane tarafından düzenlenen uluslararası bir konferans ile adından bahsedilmeye başlanmıştır. Daha sonraki süreçlerde kapsamı daha da genişletilen yöntem, günümüzde de hala geçerliliğini korumaktadır. 1970'li yıllarda Thomas Saaty'nin öne sürdüğü Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile çok ölçütlü karar verme yöntemini bir adım ileriye taşımıştır.

Karar verme, insanın yaşamıyla oldukça iç içe geçmiş bir eylemdir. Kimi zaman farkında olmadan, istemsiz olarak karar verilirken, kimi zamanlarda oldukça karmaşık yapıya sahip problemlerle de karşılaşmaktadır. İnsanlar, bir husus hakkında karar verirken genellikle ölçüt olarak değerlendirilen birçok etmeni göz önünde bulundururlar. Karar vermeyi gerektiren bu türden durumlarda karar verme süreci, “Çok Ölçütlü Karar Verme” (ÇÖKV) olarak ifade edilmektedir. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri, her bir alternatifin tüm ölçütlerde göstereceği performansın kapsamlı bir şekilde göz önünde bulundurularak karar vericinin etkin ve verimli kararlar verebilmesine katkı sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, çok ölçütlü karar verme yöntemleri karar vericinin, belirsizlik içeren ölçütlerin yer aldığı karmaşık yapıları karar verme problemlerini sistematik ve tutarlı bir şekilde çözüme ulaştırmasına yardımcı olmaktadır. “Çok ölçütlü karar verme, bir karar sürecine yardımcı olmak için birbiri ile çelişen nicel ve nitel ölçütlerin belirlenmesini ve dikkate alınmasını sağlayarak genellikle farklı ağırlıklardaki ölçütlere göre, ayrı özelliklere sahip seçenekler kümesinden bir ya da daha fazla seçeneği seçmek, sıralamak veya sınıflandırmak için gerekli olan yöntemler topluluğudur.” (Türkşen, 2019). Çok ölçütlü karar verme kavramı için literatürde pek çok farklı tanımlama bulunmaktadır;

- “Karar vericilerin sonlu sayıdaki alternatifler arasından iki ve/veya daha fazla kıstası temel alarak yapmış oldukları seçim,
- Genellikle birbirleriyle çelişki halinde olan, birden fazla karar verme kıstasından faydalanarak mevcut alternatiflerden en iyisini seçme faaliyeti,
- Birçok olasılık arasından değişik birimlere sahip birçok kıstası kullanarak en iyi olanı seçme yöntemi” (Ülker, 2014).

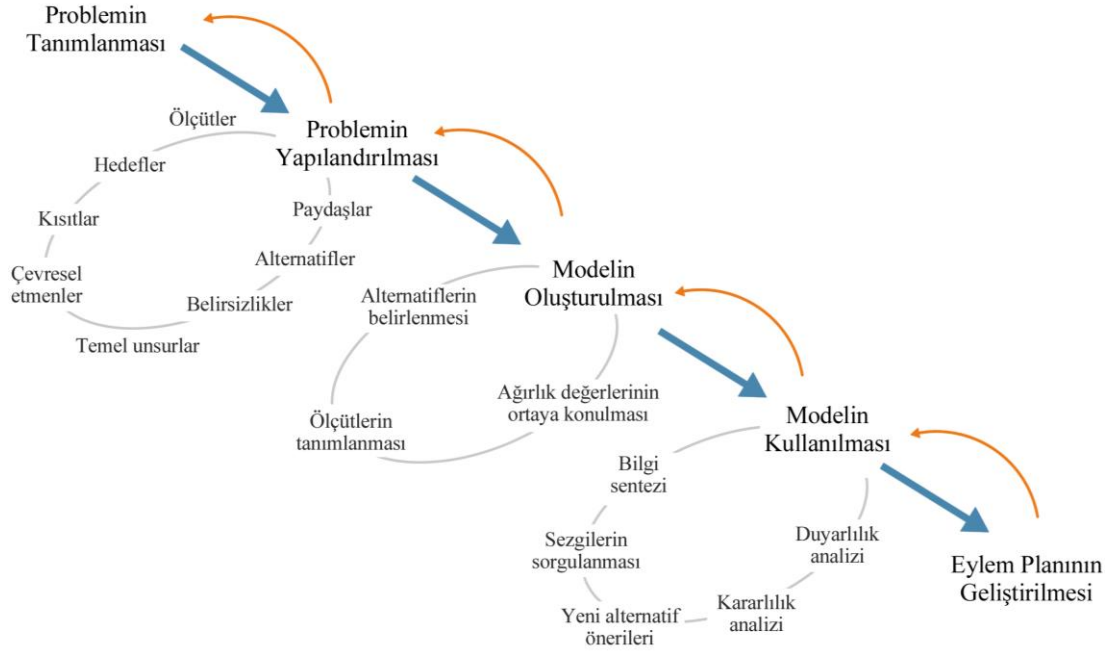
bu tanımlamalara verilebilecek bazı örneklerdir.

“ÇÖKV yöntemlerinin temelinde, muhtemel alternatifler arasından çok sayıdaki ölçütü dikkate alarak değişik sayısal yöntemler kullanarak alternatiflerin değerlendirilmesi ve bulunan sonuçların yorumlanması bulunmaktadır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre muhtemel alternatifler genellikle optimum olandan

başlanılarak sıralanmaktadır. ÇÖKV yöntemleri kısaca, sayısal veya sözel ölçütlere göre muhtemel alternatifler arasından optimum olanın belirlenmesi” olarak tanımlanabilmektedir (Arslan vd., 2018). Çok ölçütlü karar verme sürecinde bulunması gereken temel özellikler; “erişilebilir, ayırt edilebilir, özetlenebilir, anlaşılabilir, doğrulanabilir, ölçülebilir, açıklanabilir ve kullanılabilir” şeklinde açıklanabilmektedir (O’Brien ve Brugha, 2010).

Hung, Chou ve Tzeng’e (2011) göre, çok ölçütlü karar verme problemlerini çözüme ulaştırabilmek için beş temel adım gerekmektedir (Şekil 2.2);

- “*Problemin tanımlanması*: Karar vericinin problemin yapısını tanımlaması, özellikle hangi ölçütlerin dikkate alınması ve hangi karar verme stratejilerinin benimsenmesi gerektiğini belirlemelidir.
- *Problemin yapılandırılması*: Karar vericinin söz konusu problemin hedefini, önemini, sınırlılıklarını, temel niteliklerini, belirsizliklerini ve probleme etki eden çevresel etmenleri tanımlamalıdır. Bu adımda, karar vericinin tercihlerinin doğru bir şekilde tanımlanabilmesi ve bu tercihler dikkate alınarak değerlendirilebilmesi için uygun veri veya bilgileri toplamalıdır.
- *Modelin oluşturulması*: Karar verici, problemin tanımlanması ve yapılandırılması adımlarından sonra alternatifleri belirler, tüm ölçütleri tanımlar ve karar verme modelini oluşturmak için değerleri ortaya koyar. Bu süreç, karar vericiye hedefe ulaşılacağı teminatını vermek için karar vericinin bir takım muhtemel alternatiflerin derlemesine imkân tanır.
- *Modelin kullanılması*: Bu adımda karar verici, bir takım veriler toplar ve bu verileri sentezler, insanların sezgilerinin doğruluğunu tartışır, başka yeni alternatifler önerir ve modelin güvenilirliğini ve duyarlılığını analiz eder.
- *Eylem planının geliştirilmesi*: Son adımda ise, çözüm olarak bir eylem planı oluşturulur. Diğer bir deyişle, muhtemel alternatiflerin değerlendirilmesine ve sıralanmasına yardımcı olacak en uygun yöntem seçilir, yani en iyi alternatif belirlenir.” (Hung vd., 2011).



Şekil 2.2: Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerinde çözüm adımları (Belton ve Stewart, 2002).

Zavadskas ve Turskis'e (2010) göre, çok ölçütlü karar vermede izlenilmesi gereken temel adımlar;

- “Bir problemin ana hedefinin belirlenmesi,
- Alternatiflerin değerlendirileceği ana hedef veya ölçütlerden oluşan bir sistemin kurulması,
- Hedefe ulaşabilmek için uygulanabilecek muhtemel (sınırlı sayıdaki) alternatiflerin ortaya konulması,
- Her bir ölçütün karar verme eyleminin veya ölçüt ağırlıklarının üzerindeki etkisinin değerlendirilmesidir. Karar verici, tercihlerini ölçütlerin görece önem dereceleri bakımından ifade etmeli ve her bir ölçüt için hesaplanan ağırlık değerlerini ortaya koymalıdır. Çok ölçütlü karar vermedeki bu ağırlık

değerlerinin kullanımı, tercih yapısının gerçek yönlerini modelleme fırsatı sağlamaktadır.” (Zavadskas ve Turskis, 2010).

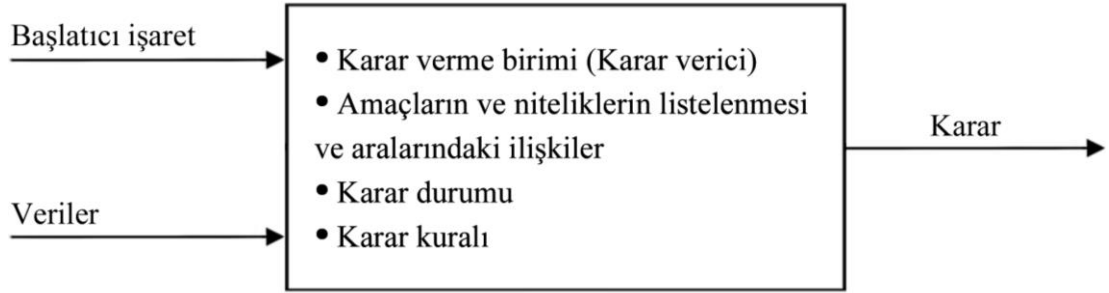
2.2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERMENİN ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ

Çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV), (genellikle birbiriyle çelişen) çok sayıda ölçütün varlığında karar vermeyi ifade etmektedir. Çok ölçütlü karar verme problemleri, günlük yaşam içerisinde sıklıkla karşılaşılan durumlardır. Bir kişinin yatırım kararları, menkul/gayrimenkul alımı, kariyer planlaması, günlük kararları, bütçesi planlaması gibi mikro ölçekli kararlardan; bir işletme veya örgütün stratejik kararları, üretim planlamaları, yatırım kararlarını kapsayan orta ölçekli kararlara; devlet bünyesinde alınan yatırım kararları, bütçe dağıtım aşamaları, makroekonomik hedef ve stratejik önceliklerin belirlenmesi gibi makro ölçekteki kararların verilmesine kadar geniş bir uygulama alanı bulabilmektedir. Kısacası, Çok Kriterli Karar Verme (ÇÖKV), yaşamın her alanında, her aşamasında ve her düzeyde sıklıkla başvurulan bir yaklaşımdır. Konuya kişisel bağlamda örnek verilecek olursa; kişi bir işin prestiji, konumu, maaşı, yükselme olanakları ve çalışma koşulları gibi ölçütleri göz önünde bulundurarak seçim yapar. Aynı şekilde, kişi bir otomobil satın alırken fiyatı, yakıt tüketim oranı, tarzı, güvenlik ve konfor özellikleri gibi ölçütleri dikkate alır. Yönetimsel bağlamda, bir yönetici kurumsal strateji seçimini, şirketin belirli bir süre içerisinde sağlayacağı kazanç, hisse senedi fiyatına, pazar payına, iş ilişkilerine, kurumsal imaja vb. ölçütlere bağlı olarak yapabilir. Akademik bağlamda, bir üniversite yöneticisinin üniversitenin geleceğine yönelik yapılandırma çalışmalarında, öğretim üyesi sayısı, lisans/lisansüstü kayıtlı öğrenci sayısı, öğretim ücreti/burs düzeyi, üniversite bünyesinde yer alan eğitim programları gibi ölçütleri göz önünde bulundurması örnek olarak verilebilir. Kamusal bağlamda ise, toplum için su kaynakları geliştirme planı, maliyet, su kıtlığı olasılığı, enerji (enerjinin yeniden kullanımı), rekreasyon faaliyetleri, sel baskınlarına karşı alınacak önlemler, arazi ve orman kullanımı, suyun kalitesi gibi açılardan değerlendirerek yapması gerekir. Tüm bu örnekler, Çok Ölçütlü Karar Verme'nin (ÇÖKV) kişi veya örgütlerin faaliyetlerinde ne derece önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

Her bir “Çok Ölçütlü Karar Verme” problemi kendi içerisinde farklı özelliklere, farklı önem derecelerine, farklı risklere, karmaşıklıklara ve belirsizliklere sahiptir. Problemlerde görülen bu çeşitliliğe rağmen, çok ölçütlü karar verme problemlerinde bulunan ortak özellikler şöyledir (Şekil 2.3);

- “Problemin çoklu ölçütlere sahip olması,
- Problemdeki ölçütler arasında bir çatışmanın olması,
- Aynı ölçü birimiyle ölçülemeyen birimleri içermesi,
- Problemin bir tasarım ya da seçim problemi niteliği taşıması”

gerekmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).



Şekil 2.3: Çok Ölçütlü Karar Verme problemi (Chankong ve Haimes, 1983).

Problemin çoklu ölçütlere sahip olması durumu: Her bir karar verme probleminin birden fazla ölçüte sahip olmalıdır. Karar verici, karşılaşılan problemi çözüme ulaştıracak doğru ölçütleri oluşturması gerekmektedir (Hwang ve Yoon, 1981). “Bir problemi çok ölçütlü karar verme problemi olarak nitelendirebilmek için, problemin birden fazla birbiriyle çelişen ölçütü ve en az iki alternatife sahip olması gerekmektedir.” (Tabucanon, 1988). “Bir ‘karar verme’ eyleminin gerçekleşebilmesi için en az iki ölçütün bulunması gerekmektedir. Ayrıca, alternatifler değerlendirilirken, mükemmel bir şekilde ölçülebilen yalnızca tek bir ölçüt bulunuyor ve alternatifler bu ölçüt ışığında etkin bir şekilde araştırılabilir ise,

sadece bir ölçüm ve araştırma faaliyeti seçimin yapılması için yeterli olacaktır.” (Zeleny, 1982).

Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse, bir kişinin farklı iş alternatifleri içerisinde en fazla ödeme yapabilecek olanı belirlemesi gerektiğinde, ilgili ölçütlerin değerlendirilmesi, bunun yanı sıra muhtemel alternatiflerden hangisi veya hangilerinin en fazla etkiye sahip olduğunu araştırması yeterli olacaktır. Yapılan değerlendirmelerin sonucunda aynı puana sahip alternatiflerin olması durumunda hangi alternatifin seçildiği önemsizleşeceğinden karar verme problemi de ortadan kalkacaktır. Kısacası, tek boyutlu (ölçütlü) bir karar verme probleminin olması söz konusu değildir. Yalnızca bir alternatifin tüm ölçütlere kıyasla daha yüksek ağırlık değerine sahip olduğu durumlarda da karar vermeden söz edilemez (Zeleny, 1982). Diğer taraftan, tek bir ölçütü ve birden fazla alternatifini olan karar verme problemlerinin çözümlenebilmesi için ortaya konulmuş birçok prosedür de bulunmaktadır. Bu prosedürler, çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümlenmesinde uygulanacak prosedürlere de ışık tutar niteliktedir. Ancak koşullar farklılık gösterse bile tek ölçütlü karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılması amacıyla uygulanan bu prosedürler, alternatifin birden fazla olduğu durumlar ile karşılaştırıldığında oldukça basit kalmaktadır. “Problemin çoklu ölçütlere sahip olması durumunu” kısaca, karar verme problemlerine birden fazla ölçütün eklenmesi çok ölçütlü karar verme problemlerini hem daha karmaşık bir hale getirip çözüme ulaşmasını zorlaştırmakta, hem de gerçeklere bir o kadar yaklaştırmaktadır.

Problemdeki ölçütler arasında bir çatışmanın olması: Bir problemde birden fazla ölçütün buluşunda, genellikle bunlar arasında bir çatışma söz konusudur. Örneğin, bir otomobil tasarlanırken, daha az yakıtla daha fazla mesafe alınabilmesi için aracın iç hacmi azaltılmaktadır. Bu durum ise, aracın konforunu düşürmektedir. Örnekten de anlaşılacağı üzere, bir ölçütün gerçekleşmesi diğer bir ölçütün değerini zayıflatıyor veya o ölçütü engelliyor ise ölçütlerin birbirleriyle çatıştığı sonucuna varılmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981).

Aynı ölçü birimiyle ölçülemeyen birimleri içermesi: Bir karar verme probleminde birbirinden farklı etmenlerin kendi özelinde değerlendirilebilmesi için

probleme yer alan her bir ölçütün kendine özgü ölçü birimi bulunmaktadır. Örneğin, bir kişi otomobil seçerken, aracın fiyatı lira, dolar gibi para birimleriyle, güvenliği az, orta, çok gibi sayısal olmayan birimlerle, yakıt tüketimi ise L/100km, gal/100mile gibi birimler ile ölçülmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).

Problemin bir tasarım ya da seçim problemi niteliği taşıması: Bir çok ölçütlü karar verme probleminin çözümü, ya en iyi alternatifin tasarlanması ya da önceden belirlenmiş sınırlı sayıdaki alternatiflerin arasından en iyisinin seçilmesiyle mümkündür. Çok ölçütlü karar verme süreci, tüm ölçütler için en cazip olan tek bir alternatifin aranmasıdır. Bu noktada, iki farklı alternatif kümesi ön plana çıkmaktadır. Kümelerden biri sınırlı sayıda alternatifi, diğeri ise sonsuz sayıda alternatifi içermektedir. Örneğin, bir kişi satın alabileceği aracı, otomobil firmalarının ürettiği sınırlı sayıdaki model alternatifi arasında seçer; ancak belirli bir firmanın seri olarak ürettiği bir model, mühendislerin tasarlayabileceği sonsuz sayıdaki model alternatifinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur (Hwang ve Yoon, 1981).

Çok ölçütlü karar verme konusunun daha net anlaşılabilmesi ve değerlendirilebilmesi ile karar verme sürecini çözüme ulaştıracak adımların sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi amacıyla çok ölçütlü karar verme sürecine dâhil olan bileşenlerin doğru bir şekilde tanımlanması faydalı olacaktır. Çok ölçütlü karar verme süreci; karar verici, hedef, ölçütler (ve var ise alt ölçütler), alternatifler, karar matrisi, ölçüt ağırlıkları, çevresel etmenler, olasılıklar ve sonuç bileşenlerinden oluşmaktadır;

- *Karar Verici:* Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, karar verici, karar verme sorumluluğuna sahip olan kişidir. Bazı durumlarda karar verme sorumluluğu, söz konusu karar verme problemini çözümlenebilecek alanında uzman ve yetkin kişilerin yer aldığı karar birimine verilebilmektedir.
- *Hedef:* Karar verme eylemi, belirli bir hedefe yönelik olarak yapıldığından en kritik bileşenlerden birini oluşturmaktadır. Karar vericinin aldığı kararlar ulaşmayı beklediği sonuç olarak tanımlanmaktadır. Karar verme sürecinin doğru bir şekilde yönetilebilmesi için bir hedefin olması önemli bir husustur. Ayrıca hedef kavramı, karar verme probleminin şekillendirilmesi ile nihai

karara ulaştıracak ölçütlerin ve alternatiflerin belirlenmesinde etkili rol oynamaktadır.

- *Ölçüt/Alt Ölçüt:* Karar verme probleminin çözümlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken ve hedefe ulaşma noktasında, alternatiflerin doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan karar verme standartları veya kurallar olarak tanımlamak mümkündür. Problemden göz önünde bulundurulacak ölçütler, kapsayıcı, ölçülebilir, yeterli ve minimal olmalıdır.
- *Alternatif:* Çok ölçütlü karar verme sürecinin bileşenlerinden bir diğeri alternatiflerdir. Bir karar probleminin oluşabilmesi için en az iki alternatif bulunması gerekmektedir. Alternatif, karar vericinin kontrolünde olan ve herhangi bir karar verme probleminin çözümlenebilmesi için izleyeceği yolları, tutumları ve nesnelerin her birini ifade etmektedir. Karar verici tarafından belirlenen her bir alternatifin ayırt edici nitelikleri ile tüm ölçütlerde göstereceği performansın bilinmesi gerekmektedir.
- *Karar Matrisi:* Karar problemlerinde alternatiflerin ve ölçütlerin bir arada gösterildiği matris ifadesidir.
- *Karar Ölçütlerinin Ağırlıkları:* Çok ölçütlü karar verme problemlerinde her bir ölçütün nihai karar üzerindeki etkisi, diğeri bir deyişle, her bir ölçütün göreceli önem derecesi (ağırlık değeri) farklı olabilmektedir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus, çok sayıda ölçütün yer aldığı durumlarda ağırlık değerlerinin toplamının 1'e eşit olmasıdır.
- *Çevresel Etmenler:* Karar verici tarafından kontrol edilemeyen ancak kararı önemli ölçüde etkileyen etmenlerdir. Çevresel etmenler, gelecekte gerçekleşme ihtimali olan ancak nasıl gerçekleşeceği, ne şekilde ortaya çıkacağı kesin olarak bilinmeyen durumlardır. Biyolojik, psikolojik, sosyolojik, ekonomik ve örgütsel etmenler bunlardan bazılarıdır.
- *Olasılıklar:* Olasılıklar çevresel etmenler ile bağlantılıdır. Karar verme problemindeki en kritik nokta, kararların geleceğe yönelik olması ve geleceğin de belirsizlik içermesidir. Bu belirsizlik durumuna ise, çevresel

etmenler neden olmaktadır. Karar verici, kararını etkileyebilecek çevresel etmenlerin neler olacağını bilebilir, ancak bunların gelecekte nasıl ortaya çıkacağını bilemez. Bu nedenle, gelecekte neler ile karşılaşılacağı, geçmişteki verilerden faydalanılarak tahmin edilmeye çalışılır. Karar verici, geçmişte elde edilmiş veriler, deneyimler vb. yollarla bu belirsizliği azaltarak risk ortamında karar vermeye çalışabilir. Diğer taraftan, çevresel etmenlerin etkileri tam olarak bilinirse, karar verme problemi için belirlilik ortamında karar verme durumu oluşur. Karar ortamında belirlilik durumu söz konusu olduğundan karar verme eylemi nispeten kolay bir şekilde gerçekleşir.

- *Sonuçlar:* Belirli bir alternatifin seçiminin yapılması ile çevresel etmenlerin ve gelecekte karşılaşılacak durumların etkisiyle ortaya çıkan değer olarak tanımlanmaktadır.

Genel olarak tüm çok ölçütlü karar verme yönteminin uygulama süreci ise;

- Karar verme problemine ilişkin ölçütlerin, (var ise) alt ölçütlerin ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Ölçütlerin göreceli önem derecelerini gösteren ağırlık değerlerinin saptanması ve alternatiflerin bu ölçütler ışığında ikili karşılaştırmalarla değerlendirilmesi,
- Elde edilen sayısal değerlerin yönteme uygun bir şekilde işlenerek her bir alternatifin sıralamasının belirlenmesi (diğer bir deyişle problemin çözümü) olmak üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır.

Çok ölçütlü karar verme yöntemine ilişkin literatürde iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve diğeri ise, Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yaklaşımlarıdır (Hwang ve Yoon, 1981). Bu yaklaşımlar ile ilgili bilgilere takip eden başlıklarda ayrıntılı bir şekilde yer verilecektir.

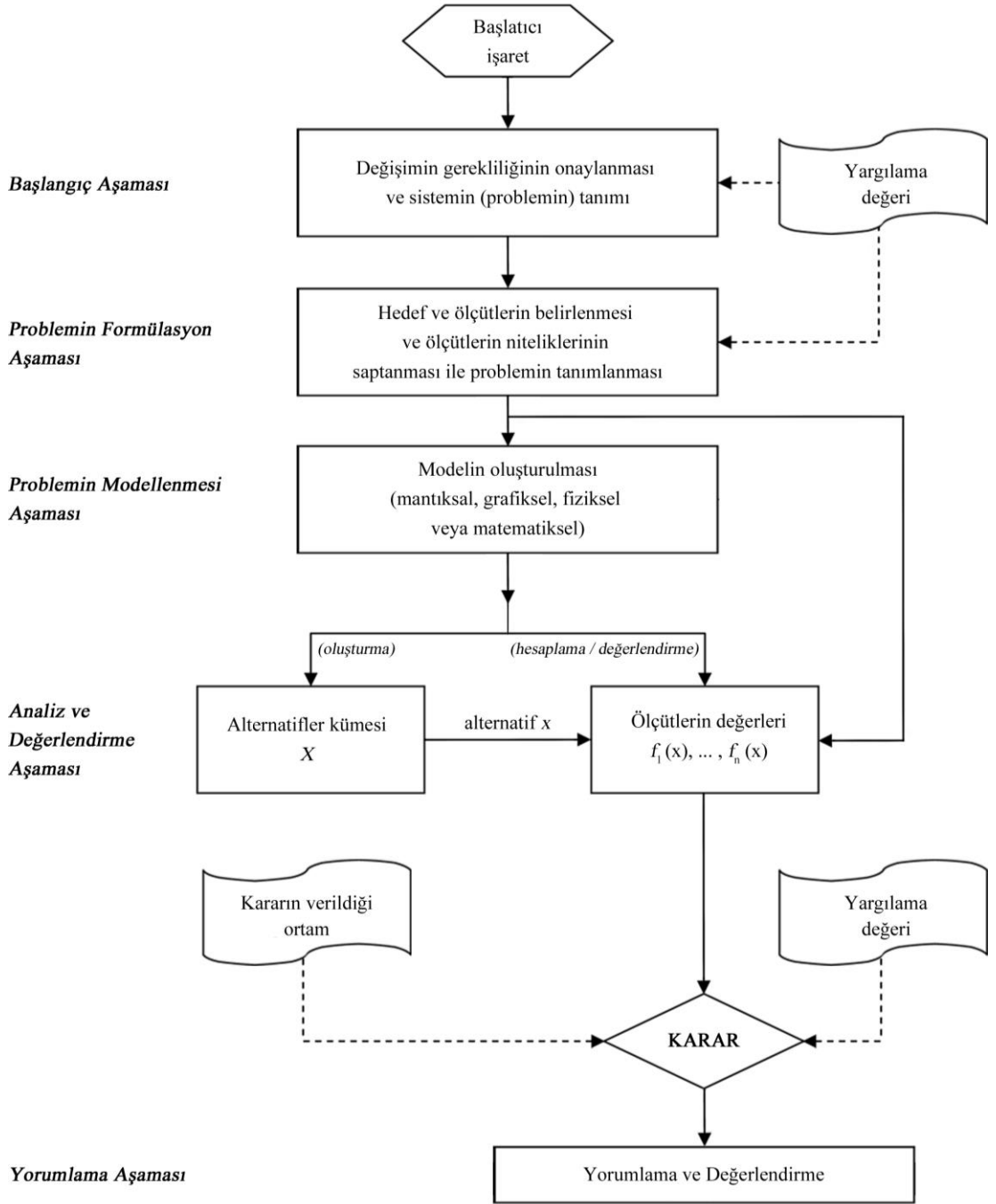
2.3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME SÜRECİ VE AŞAMALARI

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) süreci genel olarak; başlangıç, problemi formüle etme, model oluşturma ile analiz ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 2.4).

- *Başlangıç Aşaması:* “Karar vericinin ilgilenmiş olduğu problemin çözümünde öncelikli olarak bir durum tespiti yapılırken devamında asıl amacın belirlenmesi gerekir.” (Başdar, 2018).
- *Problemi Formüle Etme Aşaması:* “Bu aşamada yapılması gerekenler öncelikli olarak soyut olarak ifade edilmiş olan asıl hedefin daha işlevsel ve spesifik bir şekilde ifade edilmesidir. Ayrıca alt ölçütlerin oluşturulması ve ardından sistem için gerekli olan elemanların, problemle ilgili sınırlılıkların ve sistemin çevresel şartlarının net bir şekilde ortaya konulması gereklidir.” (Başdar, 2018).
- *Model Oluşturma Aşaması:* “Probleme uygun modellerin oluşturulabilmesi için öncelikli olarak sistemin hedefler kümesinin ve çevresinin açıkça tanımlanması gerekmektedir. Grafıksel, basit mantıksal, matematiksel ve karmaşık fiziksel modeller gibi çeşitleri olan ‘model’ kavramı, etkili ve anlamlı bir şekilde, sistemin ilgili taraflarının ayrıntılı bir analizini sağlayabilecek anahtar değişkenlerin ve bunlarla ilgili fiziksel veya mantıksal ilişkilerin belirlenmesiyle meydana gelen kompleks yapıdır. Sistemin başlangıcında veri halinde olmayan modeller, problemle ilgili uygun alternatif yöntemlerin üretilmesini sağlayabilmektedirler. ‘Performans ölçümleri/ölçütleri/endeksi’ veya ‘hedef (ölçüt) fonksiyonu’ gibi farklı şekillerde ifade edilebilen ölçüm setleri, hedefler ve ölçütler gibi nitelikleriyle birlikte, Çok Ölçütlü Karar Verme problemlerinde, alternatiflerin karşılaştırılması gerektiği durumlarda, açıkça belirlenmeli ve ortaya konmalıdır. Uygun bir ölçekte yer alan bir alternatif için belirlenen niteliklerin ölçüm seviyeleri, birer ölçüm standardı olarak görev yapmaktadır. Bununla birlikte alternatifleri bulunan durumlar için ihtiyaç duyulan niteliklerin

ölçüm değerleri ya öznel yargılar ile belirlenmekte ya da modelden çıkarılmaktadır.” (Başdar, 2018).

- *Analiz ve Değerlendirme Aşamaları:* “Her alternatif, analiz ve değerlendirme aşamalarında, diğer alternatiflere nazaran daha önce tanımlanan ve alternatiflerin derecelendirilmesinde kullanılan ‘kurallar seti’ne ya da bir ‘karar kuralı’na göre değerlendirilmektedirler. Ayrıca yorumlanmak üzere seçilen bu alternatifler ‘karar kuralı’na göre en üst dereceyi almakla birlikte, ilgili süreç açık döngüsel bir sürece çevrilmişse, işlem basamakları buradan itibaren sona ermektedir. Şayet ulaşılan sonuçlar, karar verici tarafından yetersiz bulunuyorsa bu tarzdaki bir süreç ‘kapalı döngüsel süreç’ olarak tanımlanmakta ve mevcut bilgiler kullanılarak gözlemlenen çıktı sonucunda problemin formülasyon aşaması olan ikinci adıma döndürülmektedir.” (Başdar, 2018).



Şekil 2.4: Çok Ölçütlü Karar Verme süreci (Chankong ve Haimes, 1983).

2.4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Çok ölçütlü karar verme problemini oluşturan bileşenler tanımlandıktan ve mevcut karar verme problemi ile ilgili gerekli veriler hazırlandıktan sonra, bu problemi ideal çözüme ulaştırılabilecek uygun bir veya birden fazla “Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)” yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Her bir çok ölçütlü karar verme yönteminin kendine özgü yapısı, olumlu ve/veya olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu noktada, söz konusu problemin çözümlenebilmesi için yöntem seçilirken birçok etmenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu etmenleri;

- Karar verme probleminin hedefi (tanımlama, tasarlama, sıralama, sınıflama, eleme, seçme vb.),
- Problemin yapısı (teknik özellikleri, etki alanı, uygulanabilirliği vb.),
- Problemdeki alternatif sayısı ve alternatiflerin değişkenliği,
- Problemdeki ölçütlerin ölçüm düzeyleri,
- Problemdeki ölçütlerin ağırlıklandırılması (önem derecelerinin saptanması) ve etkileşimleri (ikili karşılaştırmaları),
- Karar vericinin tutumu, psikolojik durumu ve risk algısı,
- Belirlenen yöntemin kullanılabilirliği (karar vericinin tercihi, çözüm detayları, uygulama kolaylığı, maliyeti vb.)

olarak ele almak mümkündür. Bu etmenlerin sayısının artmasıyla araştırmacılar, söz konusu karar verme problemini çözüme ulaştıracak yöntem için yeni yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Hwang ve Yoon (1981), çok ölçütlü karar verme kavramını sahip oldukları farklı özellikler doğrultusunda iki ana gruba ayırmışlardır (Çizelge 2.1). Bunlardan biri, seçim problemlerinin çözümünde kullanılan Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve diğeri ise tasarım problemlerini çözüme ulaştıran Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)'dir (Hwang ve Yoon, 1981).

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV), “alternatiflerin açıkça sonlu sayıda bir liste ile tanımlanabildiği kesikli durumlarda karar vermeye dayanmaktadır. Bir tasarım probleminden çok seçim problemidir. Matematiksel optimizasyon araçları

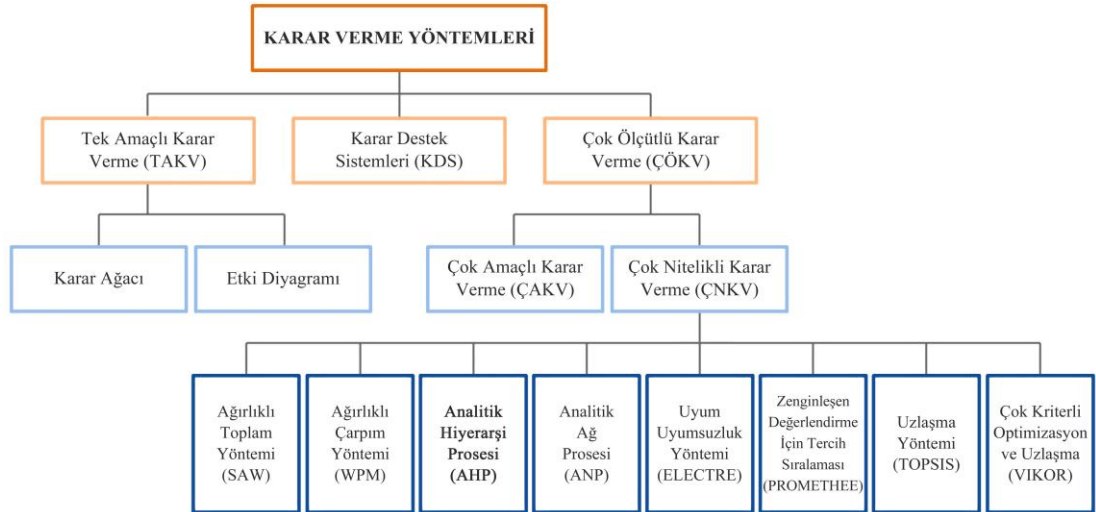
gerektirmeyebilir.” (Cevizci ve Kayacan, 2019). “Çok nitelikli karar verme yöntemleri seçim, sıralama, sınıflama, eleme veya tanımlama problemlerinin çözümü için kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin en ayırt edici özelliği alternatiflerin belli olması ve genellikle sınırlı olmasıdır. Çok nitelikli karar vermede alternatiflerin, her zaman sayısal ölçüme sahip olması zorunlu değildir. Diğer bir ifadeyle, alternatiflerin karşılaştırılması veya değerlendirilmesi nitelikler arasında ve içindeki performans değerlerine göre yapılmaktadır. Bununla birlikte karşılaştırmalar, açık veya dolaylı olarak telafi edilebilirlik içerebilmektedir.” (Hwang ve Masud, 1979).

Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ise, “alternatiflerin bir matematiksel programlama yapısı içerisinde dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumlarda karar vermeye dayanmaktadır. Bir tasarım problemidir ve matematiksel optimizasyon teknikleri gerektirir.” (Cevizci ve Kayacan, 2019). “Çok amaçlı karar verme yöntemlerinin kullanım amacı, niceliksel veri yapısındaki kısıtları en iyi karşılayan olası çözüm alternatiflerine ulaşmaktır. Bu bağlamda, en iyi çözüm olan alternatif, matematiksel programlamayı kullanan çok amaçlı karar verme teknikleriyle tasarlanmaktadır. Dolayısıyla, bu kısıtları sağlayan alternatif sayısı sınırsız olabilmektedir. Çok amaçlı karar verme tekniklerinin ortak özellikleri arasında ölçülebilir hedefler kümesi, iyi tanımlanmış bir dizi kısıtlamaya sahip olma ve belirtilen hedefler arasında bilgi edinme işlemlerine olanak sağlama yer almaktadır.” (Hwang ve Masud, 1979).

Çizelge 2.1: ÇNKV-ÇAKV Karşılaştırılması (Hwang ve Yoon, 1981).

	ÇNKV	ÇAKV
Ölçüt Tanımı	Nitelikler	Amaçlar
Amaç Tanımı	Örtük	Açık/Belirgin
Nitelik Tanımı	Açık/Belirgin	Örtük
Kısıtlar	Aktif değil (Niteliklere dâhil edilir.)	Aktif
Alternatif	Sonlu sayıda, ayrık (Önceden tanımlanır.)	Sonsuz sayıda, sürekli (Süreç içerisinde belirir.)
Karar Verici ile Etkileşim	Çok fazla değil	Çoğunlukla
Kullanım Amacı	Seçim/Değerlendirme	Tasarım

Çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümüne yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri; değer fonksiyonlarına, referans noktalarına ve karşılaştırmalı üstünlük sıralamalarına bağlı olarak gruplandırılabilir. Değer fonksiyonlarını esas alan yöntemlerden Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW) ile Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM) en bilinen ve yaygın olarak kullanılanlardır. Bu tür yöntemlerde, ölçütlere ilişkin ağırlık değerleri göz önünde bulundurularak karar matrisinin normalize edilmiş değerleri toplanmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) de, değer fonksiyonuna dayanan bir yöntem olarak düşünülebilmektedir. Uzlaşma Yöntemi (TOPSIS) ile Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm Yöntemi (VIKOR) ise, referans noktasını temel alan yaklaşımlardır. Bu yöntemlerde, alternatifler ve referans noktaları yani pozitif ve negatif ideal çözümler arasındaki uzaklık/yakınlık ölçülmektedir. Son olarak, temelinde tercih ilişkileri bulunan Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE) ile Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması Yöntemi (PROMETHEE) karşılaştırmalı üstünlük sıralamasına dayanan yöntemlerdir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Karar verme yöntemleri.

Literatürde, bu yöntemler genel olarak şöyle sınıflandırılmaktadır;

- Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW)
- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM)
- Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)
- Analitik Ağ Prosesi (ANP)
- Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE)
- Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması Yöntemi (PROMETHEE)
- Uzlaşma Yöntemi (TOPSIS)
- Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm Yöntemi (VIKOR)

2.4.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW)

1968 yılında MacCrimmon tarafından çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümü için önerilen Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW), çok ölçütlü karar verme yöntemleri içerisinde en bilinen ve yaygın olarak kullanılan, uygulanabilirliği en kolay olan türlerindedir. Bu yöntem, özellikle tek boyutlu karar verme problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Alternatif ve ölçütlerin belirlenmesinin ardından, her bir alternatifin tüm ölçütlere göre değerlendirilmesi yapılarak sayısal değerler elde edilmektedir. Ölçüt değerleri farklı ölçüm birimleriyle hesaplanmış ise, yöntem kullanılmadan önce birimlerin normalize edilmesi gerekmektedir. Bu değerler ile her bir ölçütün ağırlığı çarpılarak toplanmasıyla “ağırlıklı toplam” elde edilmektedir. Elde edilen sonuçların arasından en büyük değere sahip olan alternatif, çözüme en uygun alternatif olarak kabul edilmektedir.

m sayıda alternatifin yer aldığı, n sayıda ölçütlü bir karar verme probleminin ele alındığı varsayıldığında karar matrisi (D) şu şekilde tanımlanacaktır:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix}$$

Her bir alternatif için ağırlıklı ölçüt değerleri toplamı A_i , $i=1, 2, \dots, m$ ile her bir karar ölçütüne göre w_j , $j=1, 2, \dots, n$ görece ağırlık değerlerinin belirlendiği varsayıldığında;

$$A_i = \max \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \text{ olacak şekilde en uygun alternatif belirlenmektedir.}$$

Burada, a_{ij} , i alternatifinin j ölçütüne göre değerini, w_j , j ölçütünün ağırlığını, A_i ise en iyi alternatifin ağırlıklı toplam değerini ifade etmektedir. Bu yöntem, aynı birimlere sahip tek boyutlu problemlerin çözümünde kolaylıkla uygulanabilmektedir. Ancak, yöntemin dezavantajı farklı ölçütlere ve birimlere sahip problemler üzerinde uygulanamamasıdır. Yöntemin bir örnek ile açıklanması hususu daha anlaşılır kılacaktır. O halde, aynı ölçü birimiyle gösterilen üç alternatifli ve dört ölçütlü bir karar verme problemi için karar ölçütlerinin ağırlık değerleri w ve karar matrisi D olmak üzere;

$$D = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 15 & 30 \\ 10 & 30 & 20 & 30 \\ 30 & 10 & 20 & 10 \end{bmatrix} \quad w = [0,20 \ 0,15 \ 0,40 \ 0,25]$$

Ağırlıklı Toplam Yöntemi'ne göre,

$$A_1 = (25 \times 0,20) + (20 \times 0,15) + (15 \times 0,40) + (30 \times 0,25) = 21,50$$

$$A_2 = (10 \times 0,20) + (30 \times 0,15) + (20 \times 0,40) + (30 \times 0,25) = 22$$

$$A_3 = (30 \times 0,20) + (10 \times 0,15) + (20 \times 0,40) + (10 \times 0,25) = 20$$

$A_2 > A_1 > A_3$ sıralamasına göre istenilen alternatifin seçilmesi beklenecektir.

2.4.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM)

Ağırlıklı toplam yöntemi ile oldukça benzerlik gösteren “Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM)”, uygulanabilirliği kolay ve anlaşılması basit olan bir çok ölçütlü karar verme yöntemidir. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi’nde, ağırlıklı toplam yönteminden farklı olarak, alternatifler çarpılarak sıralanmaktadır. Bu yöntemde oluşturulan bir karar matrisinin elemanları kesirli değerlere sahipse, yöntemin üstel özelliği sebebiyle matristeki tüm elemanların değerlerinin 10 ve/veya 10’un katları ile çarpılması ve matristeki tüm elemanların değerlerinin 1’den büyük olması sağlanması gerekmektedir. Bu yöntemdeki ölçü birimlerinin elimine edilebilmesi sebebiyle ağırlıklı çarpım yöntemi, tek ve çok boyutlu karar verme problemlerinde kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Her bir alternatif, ölçütler için belirlenen ağırlık değerleri ile çarpılarak, diğer alternatiflerle karşılaştırılmaktadır. A_y ve A_z gibi iki alternatifin bu yöntemle karşılaştırıldığı varsayıldığında;

$R (A_y / A_z) = \prod_{j=1}^n (A_{yj} / A_{zj})^{w_j}$ olacak şekilde en uygun alternatif belirlenmektedir.

Yöntemde uygulanan hesaplamaya göre her bir alternatifin, bir diğer alternatife her bir ölçüt için oranı hesaplanıp, ölçüt ağırlıkları üst olarak alınarak her ölçüt için çarpılmaktadır. $R (A_y/A_z)$ denkleminde elde edilecek sonuç, 1’e eşit veya 1’den büyükse, A_y alternatifi A_z alternatifine göre daha uygun olduğu kabul edilmektedir. Eğer (A_y/A_z) değeri (A_z/A_y) değerinden daha büyük ise, alternatifler $A_y > A_z$ olacak şekilde sıralanacaktır.

Yöntemin bir örnek ile açıklanması hususu daha anlaşılır kılacaktır. O halde, aynı ölçü birimiyle gösterilen üç alternatifli ve dört ölçütlü bir karar verme problemi için karar ölçütlerinin ağırlık değerleri w ve karar matrisi D olmak üzere;

$$D = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 15 & 30 \\ 10 & 30 & 20 & 30 \\ 30 & 10 & 20 & 10 \end{bmatrix} \quad w = [0,20 \ 0,15 \ 0,40 \ 0,25]$$

Ağırlıklı Çarpım Yöntemi'ne göre,

$$R (A_1 / A_2) = (25/10)^{0,20} \times (20/30)^{0,15} \times (15/20)^{0,40} \times (30/30)^{0,25} = 1,0074 > 1$$

$$R (A_1 / A_3) = (25/30)^{0,20} \times (20/10)^{0,15} \times (15/30)^{0,40} \times (30/10)^{0,25} = 1,0671 > 1$$

$$R (A_2 / A_3) = (10/30)^{0,20} \times (30/10)^{0,15} \times (20/30)^{0,40} \times (30/10)^{0,25} = 1,0592 > 1$$

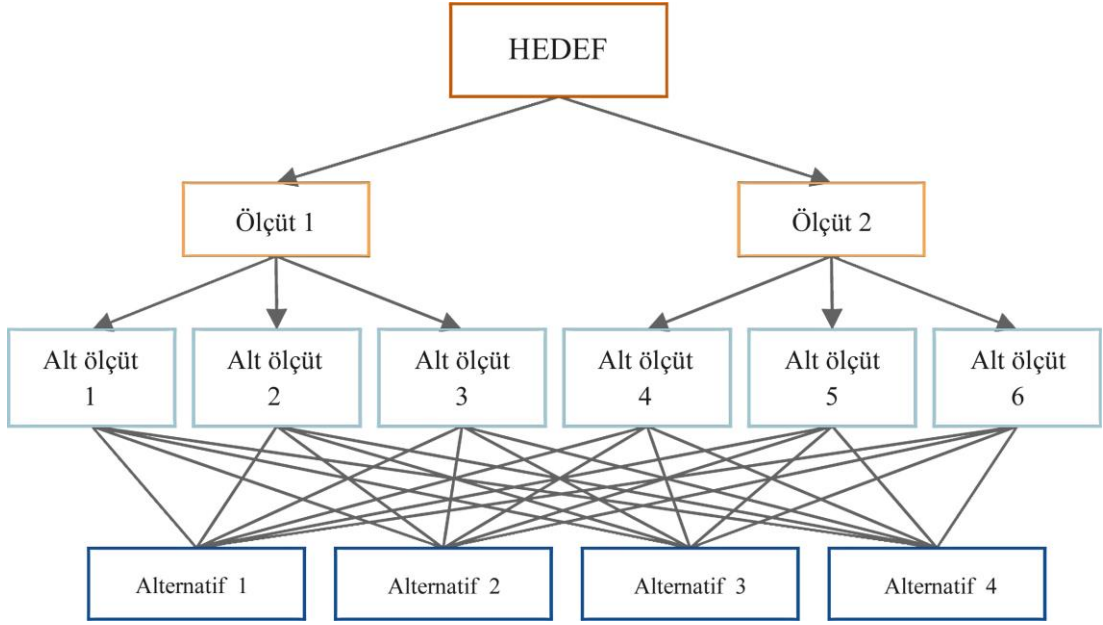
$A_1 > A_2 > A_3$ sıralamasına göre istenilen alternatifi seçilmesi beklenmektedir.

2.4.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından çok amaçlı karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin temeli, karmaşık yapıli karar verme problemlerindeki alternatif ve ölçütlerin görece önem değerlerinin belirlenmesiyle karar verme mekanizmalarının çalıştırılmasına dayanmaktadır. Bu yöntem, karar verme sürecinde nitel ve nicel etmenleri bir arada değerlendirme imkânı tanıyan güçlü ve anlaşılır bir yöntemdir. Karar vericinin tercihlerini, tecrübelerini, düşüncelerini, bilgilerini ve sezgilerini karar verme sürecine dâhil edilebilmesi, karmaşık yapıli karar problemlerinin hiyerarşik bir yapı içerisinde ele alınarak çözümlenebilmesini sağlayan yöntem diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini sürece dâhil edebilmesi, karar verici için kendi karar verme mekanizmasını tanıma imkânı tanımaktadır. “Bir diğer ifadeyle, Analitik Hiyerarşi Prosesi, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsözlerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Buna ek olarak, “yöntemin bir diğer önemli özelliği ise, hiyerarşik yapı oluşturulması esnasında problemin detaylı bir şekilde ortaya koyulması ve ayrıştırılmasıdır.” (Polat, 2000). Ayrıca yöntem, “karar verme sürecini sistematik hale getirmekte ve doğru kararlara ulaşmayı sağlamaktadır. Karar vericinin hedefe ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak sağlayarak uygulamaları

kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, karar vericinin karar probleminin tanımını ve unsurlarına ilişkin anlayış ve bilgilerini artırmaktadır.” (Güner, 2005).

“İnsanların doğuştan gelen ikili karşılaştırma yapabilme yeteneği ile paralellik gösteren hem biyolojik hem de matematiksel olarak doğru olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi, bilimsel karar vermek için oldukça pratik bir yöntemdir.” (Erikan, 2002). “Analitik Hiyerarşi Prosesi ile karşılaşılan her problem için, hedef, ölçüt, olası alt ölçüt ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulmaktadır. Hiyerarşinin tüm parçaları birbiri ile ilgilidir ve bir ögedeki değişimin diğer öğeleri nasıl etkilediği kolayca görülebilmektedir.” (Tekeş, 2002). Yöntemde oluşturulan hiyerarşik yapı, en az üç düzeyden meydana gelmektedir (Şekil 2.6). Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef bulunmaktadır. Bir alt düzeyde ana ölçütler ve eğer problemde göz önünde bulundurulması gereken alt ölçütler var ise ana ölçütlerin altında yer almaktadır. En alt düzeyde ise, karar alternatifleri yer almaktadır. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra alternatiflerin değerlendirilebilmesi için hiyerarşinin her düzeyindeki elemanların ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. İkili karşılaştırmaların tutarlı sonuçlar verebilmesi için ölçütlerin sayısı doğru bir şekilde saptanmalı ve her bir ölçütün net tanımlaması yapılmalıdır. Problemdaki ölçütlerin ortak özellikleri göz önünde bulundurularak sınıflandırılması gerekmektedir. Çok sayıda karar vericinin yer aldığı grupların kararlar verebilmesi için oldukça etkin ve verimli bir yöntemdir.



Şekil 2.6: Hiyerarşik yapı.

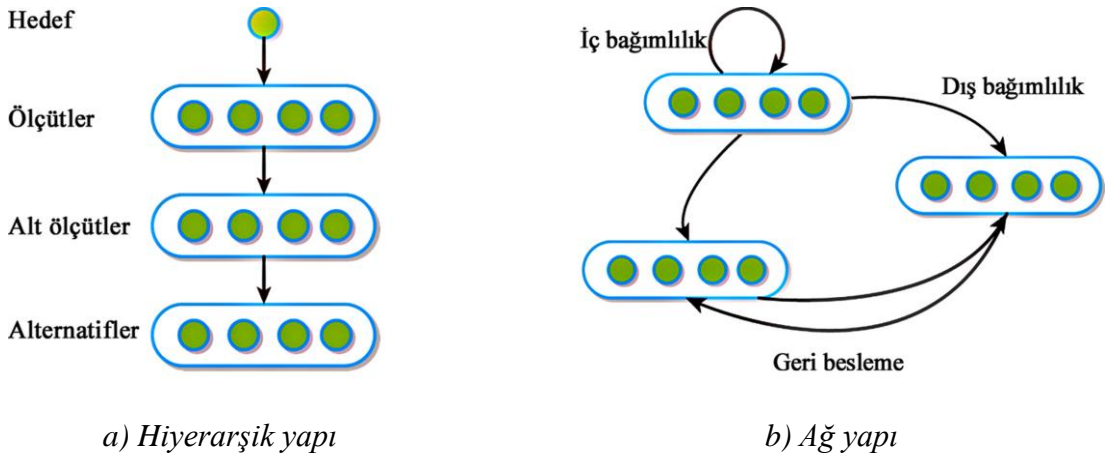
Çok ölçütlü karar verme problemlerini Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle çözüme ulaştırırken izlenmesi gereken temel adımlar bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Karar ölçütleri, (var ise) alt ölçütler ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Hiyerarşik yapının kurulması,
- İkili karşılaştırmaların yapılması (Karar matrislerinin oluşturulması),
- Karar ölçütlerinin ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi
- Sentezleme ve nihai kararın verilmesi.

Tez çalışmasının temelini oluşturan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve yöntemdeki adımlara ilişkin ayrıntılı açıklamalara takip eden başlıklarda yer verilecektir.

2.4.4. Analitik Ağ Prosesi (ANP)

“Analitik Hiyerarşi Prosesi, yaygın uygulamaları çok ölçütlü karar problemlerinin, hiyerarşik yapıda modellenebilmesi ve ölçütlerin birbirinden bağımsız olması durumunda geçerli olmaktadır. Analitik Ağ Prosesi (ANP), Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin bu kısıtlamalarını ortadan kaldıran bir teknik olarak Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir.” (Lezki vd., 2016). Diğer bir ifadeyle, Analitik Ağ Prosesi, Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin genelleştirilmiş bir biçimidir. “Problemler her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemezler. Problemlerde yer alan ölçütler ve alternatifler birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olabilirler. Bu durumda, bileşenlerin ağırlıklarını bulmak daha karmaşık bir sürecin analizini gerektirir.” (Üstün vd., 2005). Analitik Ağ Prosesi, karmaşık yapılu ölçütler arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesini mümkün kılan bir yöntemdir. “Analitik Hiyerarşi Prosesi, hiyerarşik ilişkileri tek yönlü bir iskelet ile gösterirken, Analitik Ağ Prosesi, karar düzeyleri ve özellikler arasında daha karmaşık ilişkilerin dikkate alınmasını sağlamaktadır (Şekil 2.7). Bu şekilde hiyerarşik yapılar ile modellenemeyen karmaşık problemlerin kolay bir şekilde modellenmesini sağlamaktadır.” (Dağdeviren vd., 2005).



Şekil 2.7: Hiyerarşik yapı ile ağ yapısı karşılaştırması (Ishizaka ve Nemery, 2013).

Analitik Ağ Prosesi yöntemi ile karar verme problemlerinin çözümlenmesinde dört ana adım uygulanmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- *Problemin tanımlanması ve modelin kurulması*: “Bu aşamada karar verme problemi açık bir şekilde tanımlanmalı ve ağ şeklinde rasyonel bir biçimde ayrıştırılmalıdır. Bu yapı beyin fırtınası ya da diğer ayırma metotları vasıtasıyla karar vericilerin fikirlerinden yararlanılarak elde edilebilir.” (Dağdeviren vd., 2005).
- *İkili karşılaştırma matrisleri ve öncelik vektörleri*: Analitik Ağ Prosesi’nde Analitik Hiyerarşi Prosesi’nde olduğu gibi her kararı etkileyen faktörler ikili karşılaştırmalara tabi tutulur, böylelikle faktörlerin önem ağırlıkları belirlenir. Karar vericiler ikili karşılaştırmalarda seri şekilde bir takım sorulara cevap vererek iki faktörü aynı zamanda karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının nasıl olduğunu belirler. Analitik Ağ Prosesi’nde ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve nispi önem ağırlıklarının belirlenmesinde 1-9 önem skalası kullanılır.” (Dağdeviren vd., 2005).
- *Süpermatris oluşumu*: “Bir süpermatris gerçekte parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Elementlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin kuvveti alınarak belirlenir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin $(2k+1)$. kuvveti alınır, burada k rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris ‘limit süpermatris’ olarak isimlendirilir.” (Dağdeviren vd., 2005).
- *En iyi alternatifin seçilmesi*: “Limit süpermatris ile alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör karar sürecini etkileyen en önemli faktördür.” (Dağdeviren vd., 2005).

2.4.5. Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE)

ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant He Realite) yöntemi, 1966 yılında Beneyoun tarafından geliştirilmiş bir çok ölçütlü karar verme yöntemidir. ELECTRE, alternatiflerin performans değerlerine göre karşılıklı ikili kıyaslamalar yapıp üstünlük ilişkileri belirlenerek uygun seçimin yapılması temeline dayanan bir yöntemdir. “Aynı zamanda bu yöntem öne geçme veya baskınlık ilişkisine dayanan bir yöntemdir, her bir ölçüt için bir verimlilik bir de önem ölçüsü tespit edilir. Tayin edilen verimlilik ölçüleri üzerinden her bir seçeneğe not verilir.” (Evren ve Ülengin, 1992).

ELECTRE, karar vericiye, çok sayıdaki nicel ve nitel ölçütü karar sürecine dâhil edebilme, ölçütleri hedef doğrultusunda ağırlıklandırma ve elde edilen ağırlık değerleri toplanarak olası alternatifler arasından en uygun olanı seçebilme imkânı tanımaktadır. “Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi olarak bilinen ELECTRE yönteminde, bir alternatif diğer tüm alternatiflerle kıyaslanmaktadır. Yapılan kıyaslama sonucunda bütün alternatifler özelliklerine göre birbirleriyle göreceli olarak en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Yöntemde, mevcut ölçütlere göre alternatifler sıralanarak etkinlik durumları birbirleriyle kıyaslanarak ortaya konmaktadır. Böylece alternatiflerin birbirlerine göre sağlamış oldukları üstünlüğe göre tercih sıralaması elde edilir. Böylece karar verici, ELECTRE yönteminin aşamaları sonucunda en uygun alternatife ulaşabilmektedir.” (Lezki vd., 2016).

ELECTRE yöntemi; yönetim, finans, kamu, sağlık, eğitim, ulaşım, inşaat ve ihale gibi pek çok alanda karşılaşılabilecek karar verme problemlerinin çözümlenmesinde kullanılmaktadır. ELECTRE yöntemi, karar verme probleminin türüne göre seçim, sıralama ve sınıflandırma olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır. Seçim problemlerinde ELECTRE I, ELECTRE Iv ve ELECTRE Is yöntemleri, sıralama problemlerinde ELECTRE II, ELECTRE III ve ELECTRE IV yöntemleri, sınıflandırma problemlerinde ise ELECTRE TRI yöntemi uygulanmaktadır. Yöntem, karşılaşılan karar verme problemleri ve problem türlerinin farklılaşmasıyla birlikte hala gelişmektedir.

Her çok ölçütlü karar verme yönteminde olduğu gibi karar verme probleminin ve hedefin tanımlanması, ölçüt ve alternatiflerin belirlenmesi aşamalarından sonra ELECTRE yöntemi ile karar probleminin çözümünde şu adımlar takip edilmektedir:

- “Karar matrisinin oluşturulması,
- Standart karar matrisinin oluşturulması,
- Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması,
- Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin belirlenmesi,
- Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması,
- Üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin oluşturulması
- Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması
- Karar noktalarının önem sırasının belirlenmesi.” (Yücel ve Ulutaş, 2009).

2.4.6. Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması (PROMETHEE)

1982 yılında Brans tarafından ortaya konulmuş olan PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi, 1985 yılında Brans ve Vincke tarafından geliştirilmiştir. Diğer sıralama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, kavram ve uygulanabilirlik açısından daha kolay bir yöntemdir. PROMETHEE yöntemi, “alternatifleri farklı tercih fonksiyonları temelinde değerlendirerek ve alternatiflere ilişkin hem kısmi sıralamanın hem de tam sıralamanın elde edilmesini sağlayarak daha ayrıntılı analizlerin yapılmasını sağlamaktadır.” (Dağdeviren ve Eraslan, 2008). “Tüm sıralama yöntemlerinde olduğu gibi, PROMETHEE yöntemi de, bir alternatifin diğer bir alternatifte üstünlüğünü gösteren kısmi ikili ilişkileri belirlemek için, her bir ölçüte göre alternatifleri karşılaştırmaktadır. Alternatiflerin her bir ölçüt için karşılaştırılması sonucunda bir değerlendirme tablosu elde edilmektedir. Bu tablo alternatifler, farklı ölçütlere göre değerlendirilmektedir ve bu değerlendirmeler nicel verileri içermektedir.” (Mergias vd., 2007).

Bu yöntemin uygulanabilmesi için, değerlendirmede kullanılacak ölçütlerin nispi önem dereceleri hakkındaki bilgiler ile karar vericinin karar alternatiflerini her bir ölçüte göre kıyaslarken kullanacağı tercih fonksiyonuna ilişkin bilgilere hâkim olunması gerekmektedir. Alternatifler her bir ölçüte göre ikili kıyaslamalar yapıldıktan sonra problemi çözüme ulaştıracak seçim, 0 ile 1 aralığında bir sayı ile ifade edilmektedir. Performanstaki farklılığa ilişkin seçimi ifade eden “genel ölçüt” fonksiyonu karar verici tarafından belirlenmektedir. Bu noktada, her bir ölçüt için hesaplanan tercih ağırlıklarının ortalamasıyla çok ölçütlü bir tercih indeksi oluşturulmaktadır. 0 ile 1 aralığındaki $\Pi(x, y)$, X alternatifinin Y alternatifine tercihini ifade etmektedir. PROMETHEE yönteminde izlenen adımlar ise şöyledir:

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Ölçüt ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Ağırlıkların hesaplanması,
- Her bir ölçüt için tercih fonksiyonunun belirlenmesi,
- Alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi,
- Her bir alternatif çifti için tercih indeksinin oluşturulması,
- Alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlüklerinin belirlenmesi,
- PROMETHEE I aracılığıyla kısmi sıralamanın yapılması,
- PROMETHEE II aracılığıyla tam sıralamanın yapılması.

2.4.7. Uzlaşma Yöntemi (TOPSIS)

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından literatüre kazandırılan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntem, çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. “Bu yöntem seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması temeline dayanmaktadır. Tek bir ölçütün verilen hedefe ya da ideal çözüme en yakın uzaklıkta olması karar vericiler için yeterli değildir. Uygulamada, karar vericiler mümkün olduğunca çok fayda sağlayan ve aynı zamanda riskten en

fazla kaçınan kararı vermeye çalışırlar. Bu durumda, ideal ve negatif ideal çözümlerin referans noktası olarak seçilmesi uygun olmaktadır.” (Lezki vd., 2016).

Çok ölçütlü karar vermede, ölçütler arasında bir çatışmanın olması sebebiyle ideal çözüme ulaşmak her zaman mümkün olmayacağı için TOPSIS yönteminde uzlaşık bir çözüm oluşturulmaktadır. İdeal çözüme en yakın olan ile ideal olmayan çözüme en uzak mesafede olan alternatifin seçildiği bu yöntemde yapılan hesaplamalarda Öklid bağıntısından yararlanılarak alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlıklar değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmenin sonucunda elde edilecek göreceli yakınlıkların karşılaştırılmasıyla oluşturulan serinin yardımıyla alternatifler arasında sıralama yapılmaktadır.

“Bazen seçilen bir alternatif, ideal çözüme en yakın olmasına rağmen negatif ideal çözüme bazı alternatiflere göre daha yakın olabilir. Sadece ideal çözüme dayanan uzlaştırıcı çözüm, negatif ideal çözüme dayanan çözüm ile aynı olmayabilir. Bu türden durumlarda ise her iki çözüme olan uzaklığı aynı anda dikkate almak gerekir. Bu yüzden ideal çözüme benzerlik hesaplanır. İdeal çözüme benzerlik, bu uzaklıkların ikisini de göz önünde bulundurmaktadır. Bu tanıma göre, ideal çözüme benzerliğe sahip olan en büyük alternatif, en iyi alternatif olarak seçilecektir.” (Lezki vd., 2016). TOPSIS yöntemi uygulanırken izlenilmesi gereken adımlar ise şöyledir:

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Ölçüt ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Karar matrisinin oluşturulması,
- Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması,
- Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin bulunması,
- Pozitif ideal ve negatif ideal çözüme uzaklıkların hesaplanması,
- Pozitif ideal çözüme göreceli yakınlığın hesaplanması,
- Alternatiflerin sıralanması (Arslankaya ve Göraltay, 2019; Lezki vd., 2016).

2.4.8. Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşma (VIKOR)

VIKOR (Vise Kriterionjska Optimizacija I Kompromisno Resenje), 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümünde uygulanabilir bir yöntem olarak geliştirilmiştir. “VIKOR yöntemi, birden çok kriterin değerlendirildiği karar verme problemlerinde alternatifler arasından uzlaşık bir sıralama yapma ve uzlaşık bir çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır.” (Lezki vd., 2016). Yöntemin temeli, ideal çözüme en yakın alternatiflerin sıralanması ve seçimin yapılması esasına diğer bir deyişle, “ideal çözüme yakınlık ölçümü”ne dayanmaktadır. “Uzlaşma, ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır. Uzlaşık çözüm ise, ideale en yakın uygun çözümdür.” (Lezki vd., 2016). Her bir alternatifin tüm ölçütlere göre değerlendirildikten sonra ideale en uygun alternatif olan yakınlık değerleri kıyaslanarak uzlaşık bir sıralama yapılmaktadır. Ayrıca bu yöntem, farklı ölçüm birimlerine sahip ölçütlerin, birimlerinden kaynaklanan farklılıkları ortadan kaldırarak karar verici için karar verme eylemini kolaylaştırmaktadır.

VIKOR yönteminin uygulandığı çok ölçütlü karar verme problemlerinde şu ortak özellikler bulunmaktadır:

- “Problemin çözümü için uzlaşma kabul edilebilir olmalıdır.
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istekli olmalıdır.
- Karar verici için, fayda ile her bir ölçüt fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır.
- Alternatifler, belirtilen tüm ölçütler için değerlendirilmelidir.
- Karar vericinin tercihleri ölçütlere verilen ağırlıklar ile ifade edilebilir olmalıdır.
- VIKOR yöntemi, karar vericinin etkileşimli katılımı olmadan başlar, fakat nihai çözümü karar verici onaylayacağından, bu nihai çözüme kendi tercihlerini de dâhil edebilir.” (Lezki vd., 2016).

VIKOR yönteminde karar verme süreci, diğer tüm yöntemler olduğu gibi problemin tanımlanmasıyla başlamaktadır. Ardından olası karar alternatifleri ve

alternatiflerin karşılaştırılması, sıralanması ve seçilmesinde etkili olan ölçütler belirlenmektedir. Bu adımlardan sonra sırasıyla;

- Karar matrisinin oluşturulması,
- Her bir ölçüt için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi,
- Normalize karar matrisinin oluşturulması,
- Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması,
- Ortalama grup faydası ve en büyük pişmanlık değerlerinin hesaplanması,
- Alternatifleri sıralamada kullanılacak değerlerin hesaplanması,
- Alternatiflerin sıralanması,
- Koşulların denetlenmesi¹

adımları uygulanmaktadır.

¹ “Elde edilen sıralamadaki alternatiflerin doğru sıralanıp sıralanmadığı koşulların sağlanması ya da sağlanmaması sonucuna göre belirlenmektedir.” (Arslankaya ve Göraltay, 2019).

2.5. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

İnsanların, yaşamları boyunca yapmak zorunda oldukları ve yaşamlarını önemli ölçüde etkileyen eylemlerden biri verdikleri kararlardır. Günlük yaşamın sıradan süreçlerinde, kişisel, örgütsel ve mesleki gibi farklı konularda pek çok sayıda karar verme durumu ortaya çıkmaktadır. Rutin eylemlere yönelik, hızlı ve çok fazla değerlendirmeler yapılmadan kararlar alınmakla birlikte, bu durum daima bu şekilde olmayabilir. Bazı kararlar, önemsiz sayılabilecek nitelikte olabileceği gibi, bazıları insanın yaşamındaki en kritik kararlardan biri de olabilmektedir.

Belirli bir hedef veya bir probleme ilişkin alternatifler içerisinde en uygun olanının seçilmesi eylemi karar verme olarak tanımlanmaktadır. Karar verme eylemi, tek bir ölçüt için uygulanmaktaysa, burada bir “tek ölçütlü karar verme problemi”nden bahsedilmektedir. Ancak günlük yaşamda karşılaşılan durumlar, her zaman basit, rutin ve çözümlenmesi kolay olan türden olmayabilmektedir. Birden fazla ve aynı anda uygulanan ölçütlerin içerisinde hedef fonksiyonunun optimizasyonu sağlanmaya çalışılmaktaysa, bir “çok ölçütlü karar verme problemi”nin varlığı söz konusudur. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemlerinde; çok sayıda, birbirinden bağımsız ve farklı nitelikte ölçütler bulunmaktadır. Bu tür problemlerde, çok sayıdaki alternatif içerisinde seçimin yapılabilmesi için çok sayıda ölçütün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, karar verici için öncelikli alternatifin seçilmesi, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması ve nihai kararın verilebilmesi için alternatiflerin değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

Basit, rutin, belirlilik içeren bir durumla ilgili karar verilirken, ağırlıklı olarak sezgilere veya deneme-yanılmaya dayanan geleneksel karar verme yöntemleri benimsenirken; karmaşık, riskli ve belirsizlik içeren durumlarda karar verilebilmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu durumlarda, karar vericiler, bilimsel temellere dayanan Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerine başvurumaktadırlar. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde, alternatifler içerisinde mevcut ölçütler göz önünde bulundurularak en iyi alternatif seçilmektedir.

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemleri, karar vericinin, problemde yer alan alternatifler içerisinde belirlenen ölçütler çerçevesinde, karar ölçütlerinin birden fazla değişkene bağlı olduğu durum veya sorunlarda karar vermesine destek sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemleri, karmaşık problemlerin çözümünde pek çok disiplin tarafından yaygın olarak başvurulmaktadır. Bu yöntemler, nicel ve/veya nitel alternatifler kümesinden birçok ölçüt değeri altında en iyi alternatifin seçilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemler, somut (ölçülebilir) ve soyut (ölçülemez) etmenlerin aynı anda değerlendirilmesine imkân tanıyan, karar verme sürecine birden fazla kişiyi dâhil edebilen yöntemlerdir. Karar verme sürecinde, çözümü zorlaştıran belirsizliklerin olduğu, nicel ve/veya nitel ölçüt ve hedefin aynı anda değerlendirilip uygulanması gerektiği durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Karar verme aşamasında, alternatiflerin değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinin kullanılması hem karar vericiye kolaylık sağlamakta, hem de kısıtlı kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına imkân tanımaktadır. Karmaşık yapıları karar verme problemlerini bilimsel ve analitik bir çerçevede değerlendirerek, karar vericinin istediği hedefe ulaşmasını sağlamaktadır. Bu yöntemlerin ortak özelliği; alternatiflerin ve karar ölçütlerinin belirlenmesi, tanımlanan hedef doğrultusunda belirlenen ölçütlerin değerlendirilerek ideal çözüme en uygun kararın verilmesi diğer bir deyişle, alternatifler içerisinde en iyisinin seçilmesidir.

Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinin kullanılmasındaki amaç; alternatif ve ölçüt sayılarının birden fazla olduğu durum veya sorunlarda, karar verme mekanizmasını kontrol edebilmek ve karar sonuçlarını mümkün olduğunca kolay ve hızlı bir şekilde elde edebilmektir. Kısacası; bir alternatif, bir ölçütte diğer bir alternatife üstünlük sağlarken, başka bir ölçütte diğer alternatif karşısında üstün olmaması durumunda karar vericinin karar vermesini zorlaştırmaktadır. Bu noktada, Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemleri, bu türden problemler için karar vericiye yardımcı olmaktadır.

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemlerinin çözümüne yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar; değer fonksiyonlarına, referans noktalarına ve karşılaştırmalı üstünlük sıralamalarına bağlı olarak gruplandırılabilir. Değer fonksiyonlarını esas alan yöntemlerden Ağırlıklı Toplam Yöntemi (SAW) ile Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM) en bilinen ve yaygın olarak kullanılanlardır. Bu tür yöntemlerde, ölçütlere ilişkin ağırlık değerleri göz önünde bulundurularak karar matrisinin normalize edilmiş değerleri toplanmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) de, değer fonksiyonuna dayanan bir yöntem olarak düşünülebilmektedir. Uzlaşma Yöntemi (TOPSIS) ile Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm Yöntemi (VIKOR) ise, referans noktasını temel alan yaklaşımlardandır. Bu yöntemlerde, alternatifler ve referans noktaları yani pozitif ve negatif ideal çözümler arasındaki uzaklık/yakınlık ölçülmektedir. Son olarak, temelinde tercih ilişkileri bulunan Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE) ile Zenginleşen Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralaması Yöntemi (PROMETHEE) karşılaştırmalı üstünlük sıralamasına dayanan yöntemlerdir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

İnsanlar yaşamları boyunca hem özel hem de çalışma hayatlarına ilişkin farklı boyutlarda karar verme durumlarıyla karşılaşmaktadırlar. Bu kararların bir bölümü yalnızca kişinin kendisini etkilerken bir bölümü grup, örgüt ve kurumları, diğer bir bölümü ise toplumun belli bir bölümünü etkilemektedir. Günümüzde karşı karşıya kalınan ve yaşamın hemen hemen her alanında yaşanan hızlı değişim ve gelişmeler, çalışma hayatının güçlükleri kişileri, grupları, örgütleri ve kurumları sağlıklı ve başarılı kararlar vermeye yöneltmektedir. Bu durum, karar verme analizlerindeki birbirleriyle yarış içerisinde olan alternatiflerin bilimsel karar verme yöntemlerinden yararlanılarak değerlendirilmesi ve kararların alınması şeklinde yansımaktadır.

Yaşam içerisinde karşı karşıya kalınan karar verme problemleri oldukça karmaşık yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapının nedenleri; birden fazla etmen ve hedefin bir arada değerlendirilmesi, hedeflerin genellikle birbirleriyle çatışma içerisinde olması, karar verme problemlerindeki belirsizlikler, karar verme sürecine dâhil edilen kişi sayısının fazlalığı, nihai kararın sonuçlarının birden fazla kişiyi ilgilendirmesi olarak sıralanabilmektedir. Karar vericinin bu türden karmaşık yapılı karar problemlerinin çözüme ulaştırılmasında kullanabileceği birçok yöntem ve yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yöntemler içinde, sonlu sayıdaki karar alternatifinin birden fazla ölçüte göre değerlendirilmesinde, karşılaştırılmasında, sıralanmasında veya bu alternatiflerin içerisinde en iyi seçimin yapılmasında sıklıkla uygulanan Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemleridir. Örneğin, gereksinim duyduğu bir malzemeyi istenilen kalitede, belirlenen zamanda en uygun fiyatla sağlayabilecek tedarikçiyi seçme durumuyla karşı karşıya olan bir işletme, karar verirken göz önünde bulundurulacağı (temin edeceği malzemenin kalitesi ve fiyatı, teslimat koşulları, iletişime açıklık, tedarikçinin sektör içerisindeki durumu vb.) birtakım

ölçütler belirler. İşletme, birbirleriyle rekabet içerisinde olan muhtemel tedarikçileri, bu ölçütlere göre değerlendirerek seçimini yapar. Örnekten de anlaşılacağı üzere, birden fazla ölçütün nihai kararı etkilemesi, karar probleminin karmaşıklığını artırmaktadır. Bu türden durumlarda, karar vericinin kendisi için hangi ölçütün daha öncelikli olduğunu belirlemesi gerekmektedir.

Herhangi bir karar verme probleminde, nicel ölçütler bulunabileceği gibi nitel ölçütler de bulunabilmektedir. Verilen örnekte, malzemenin fiyatı nicel bir ölçüt, tedarikçinin sektör içerisindeki durumu ise nitel ölçütlerdendir. Bu noktada, “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)”, karar probleminin çözüme ulaştırılmasında nicel ve nitel ölçütleri bir arada değerlendirebilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi, sonlu sayıda alternatif ile hem nicel hem de nitel ölçütleri barındıran karar verme problemlerinde, ölçütlerin önem ağırlıklarının (ya da ağırlık değerlerinin) belirlenmesi, alternatiflerin sıralanması veya alternatifler içerisinde seçim yapılması amacıyla kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemidir. Analitik Hiyerarşi Prosesi’nin problemlerin çözüme ulaştırılmasında basitlik, esneklik ve kolaylık sağlaması nedeniyle pek çok alanda sıklıkla başvurulan bir yöntem olmuştur.

3.1. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)

1968 yılında ilk kez Myers ve Alpert tarafından ortaya atılan “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)”, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilerek çok ölçütlü karar verme problemlerinin modellenmesi ve çözümlenmesinde uygulanabilir bir yöntem haline getirilmiştir. Karar vermeyi gerektiren durumlarda, kişinin, grubun, örgütün veya kurumun önceliklerini göz önünde bulundurarak, hem nicel hem de nitel ölçütleri birleştirerek değerlendirebilme imkânı tanımaktadır. Yöntemin temel uygulama alanı, birden fazla karar alternatifinin bulunduğu küme içerisinde karşılaştırmalar sonucunda tek bir alternatifin seçildiği karar verme problemleridir. Yöntemin sağladığı kullanım kolaylığı, sayısal değerler ile ifade edilemeyen subjektif ölçütlerin çözüm sürecine dâhil edilebilmesi, yöntemin (planlama, ekonomi, sosyoloji, eğitim, sağlık, enerji politikaları, yatırım kararları, muhasebe, pazarlama, mimarlık, bilgisayar teknolojisi, gibi) birçok farklı alanda karşılaşılan çok ölçütlü

karar verme problemlerine uygulanabilmesini sağlamıştır. Kar/zarar karşılaştırmalarının yapılması, karar verme sisteminde meydana gelen değişikliklerin kontrol edilmesi, iş değerlendirmesi, muhtemel çıktıların tahmin edilmesi, grup kararlarının kolaylaştırılması ve karar alternatifinin seçilmesi yöntemin genel uygulama alanları arasında sayılmaktadır. Yöntemin uygulandığı problem türleri şu şekilde sıralanmaktadır:

- *Seçim problemleri:* Birden fazla alternatif arasından birinin seçildiği karar verme problemi türlerindedir.
- *Önceliklendirme/değerlendirme problemleri:* Birden fazla alternatifin göreceli değerinin belirlendiği problemlerdir.
- *Kaynak dağıtım problemleri:* Alternatiflerin en iyi kombinasyonunun bulunmasını gerektiren problemlerdir.
- *Kıyaslama problemleri:* Süreç veya sistemlerin, mevcut süreç veya sistemlerle karşılaştırılmasına dayanan problemlerdir.

“Analitik Hiyerarşi Prosesi, ele alınan problemi hiyerarşik bir yapıya dönüştürür ve ikili karşılaştırmalara dayanır. Bu karşılaştırmalar her bir ölçüt ve alternatif ikilisi için gerçek ölçüm değerleri kullanılarak veya yargı ve tercihlerin göreceli gücünü yansıtan bir ölçek (temel ölçek) kullanılarak gerçekleştirilir. Karşılaştırma sonucu elde edilen değerler ise ikili karşılaştırma matrisi olarak adlandırılan matrislerle gösterilir. Bu matrisler analiz edildikten sonra, ele alınan iki elemanın (ölçüt, alternatif) hangisinin daha önemli, tercih edilir veya baskın olduğu ortaya konur. Analitik hiyerarşi prosesi, problemi çok düzeyli hiyerarşik yapıda ele alır. Karar vericinin, problemi hiyerarşik bir yapıda bileşenlerine ayrıştırmasıyla, problem alt problemlere parçalanmış olur. Bu alt problemlerin çözümünden ise karar probleminin çözümüne ulaşılır.” (Lezki vd., 2016).

Karar vericinin tercihlerini, tecrübelerini, düşüncelerini, bilgilerini ve sezgilerini karar verme sürecine dâhil edilebilmesi, karmaşık yapılı karar problemlerinin hiyerarşik bir yapı içerisinde ele alınarak çözümlenebilmesini sağlayan yöntem diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Karar vericinin hem objektif

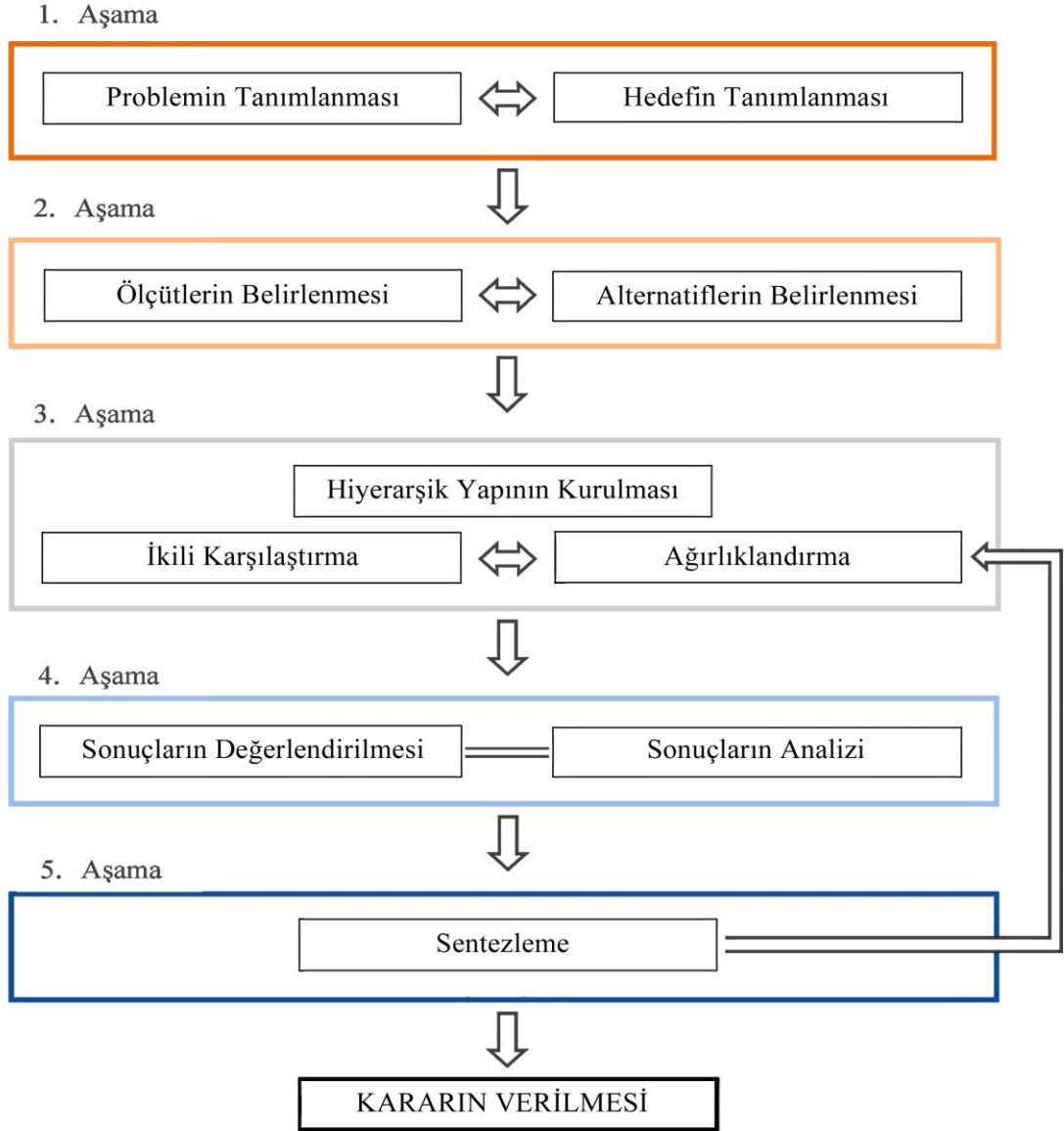
hem de sübjektif düşüncelerini sürece dâhil edebilmesi, karar verici için kendi karar verme mekanizmasını tanıma imkânı tanımaktadır. “Bir diğer ifadeyle, Analitik Hiyerarşi Prosesi, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Yöntemin bir diğer önemli özelliği ise, hiyerarşik yapı oluşturulurken karar verme probleminin ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması ve ayrıştırılmasıdır. Ayrıca yöntem, “karar verme sürecini sistematik hale getirmekte ve doğru kararlara ulaşmayı sağlamaktadır. Karar vericinin hedefe ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak sağlayarak uygulamaları kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, karar vericinin karar probleminin tanımı ve unsurlarına ilişkin anlayış ve bilgilerini artırmaktadır.” (Güner, 2005).

“İnsanların doğuştan gelen ikili karşılaştırma yapabilme yeteneği ile paralellik gösteren hem biyolojik hem de matematiksel olarak doğru olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi, bilimsel karar vermek için oldukça pratik bir yöntemdir.” (Erikan, 2002). “Analitik Hiyerarşi Prosesi ile karşılaşılan her problem için, hedef, ölçüt, olası alt ölçüt ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı kurulmaktadır. Hiyerarşinin tüm parçaları birbiri ile ilgilidir ve bir ögedeki değişimin diğer öğeleri nasıl etkilediği kolayca görülebilmektedir.” (Tekeş, 2002). Yöntemde oluşturulan hiyerarşik yapı, en az üç düzeyden meydana gelmektedir. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef bulunmaktadır. Bir alt düzeyde ana ölçütler ve eğer problemde göz önünde bulundurulması gereken alt ölçütler var ise ana ölçütlerin altında yer almaktadır. En alt düzeyde ise, karar alternatifleri yer almaktadır. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra alternatiflerin değerlendirilebilmesi için hiyerarşinin her düzeyindeki elemanların ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. İkili karşılaştırmaların tutarlı sonuçlar verebilmesi için ölçütlerin sayısı doğru bir şekilde saptanmalı ve her bir ölçütün net tanımlaması yapılmalıdır. Problemdeki ölçütlerin ortak özellikleri göz önünde bulundurularak sınıflandırılması gerekmektedir. Çok sayıda karar vericinin yer aldığı grupların kararlar verebilmesi için oldukça etkin ve verimli bir yöntemdir.

Çok ölçütlü karar verme problemlerini Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle çözüme ulaştırırken izlenmesi gereken temel adımlar bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu adımlar;

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Karar ölçütleri, (var ise) alt ölçütler ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Hiyerarşik yapının kurulması,
- İkili karşılaştırmaların yapılması (Karar matrislerinin oluşturulması),
- Karar ölçütlerinin ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi,
- Sentezleme ve nihai kararın verilmesi

olarak sıralanmaktadır.



Şekil 3.1: Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin uygulama aşamaları.

Çalışmanın ilerleyen başlıklarında, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemindeki uygulama adımları ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.

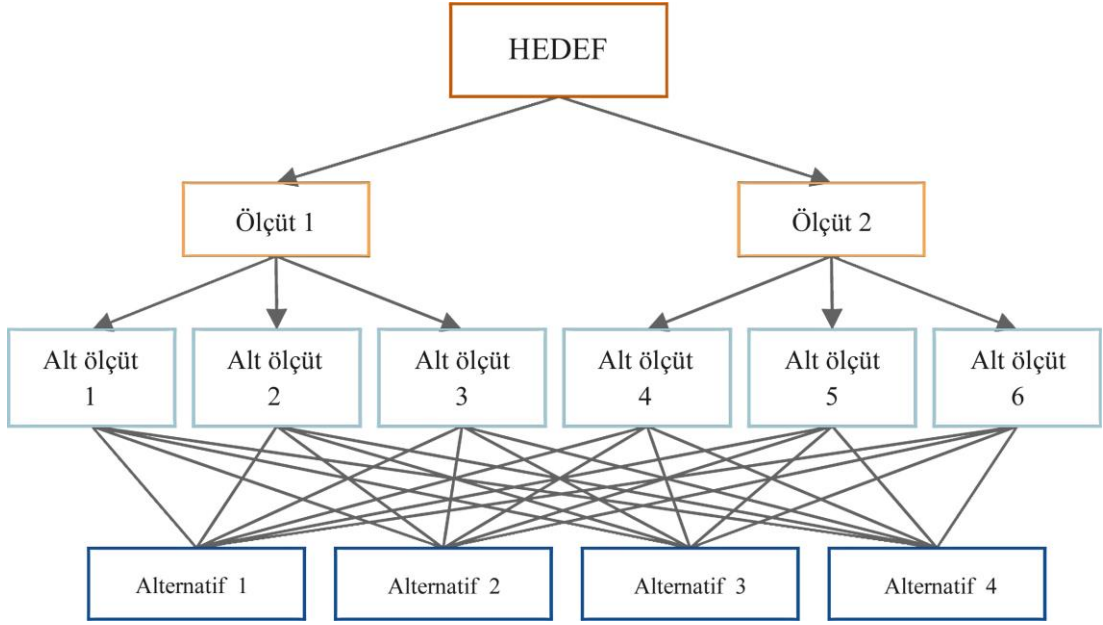
3.2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ

Karmaşık yapılı karar verme problemlerindeki ölçüt ve alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesiyle karar verme mekanizmasının çalıştırılmasına dayanan Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin temel alındığı bu çalışmanın daha iyi anlaşılması ve yorumlanabilmesi için yöntemin eksenini oluşturan hiyerarşik yapı, temel ölçek ve ikili karşılaştırma matrisi kavramlarının ve bu kavramların önem ve etkilerinin açıklanması önemlidir.

3.2.1. Hiyerarşik Yapı

“Hiyerarşik yapı, problemin ayrıntılı bir biçimde ortaya konması amacıyla oluşturulan ve bir dizi homojen elemandan oluşan katmanlardır. Hiyerarşik yapı sayesinde problemin bileşenlerine ayrıştırılması ve bu bileşenlerin hiyerarşik bir yapıda düzenlenmesi ve gösterilmesi problemin anlaşılabilirliğini arttırmaktadır.” (Lezki vd., 2016).

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminde, karar verme problemi hiyerarşik bir yapıya dönüştürülmektedir. Hiyerarşik yapı kurulurken hiyerarşinin bir düzeyinde yer alan öğeler kendilerinden önce gelen bir üst düzeydeki öğelerle ilişkilendirilmektedir. En temel hiyerarşik yapı hedef, ölçütler, (var ise) alt ölçütler ve alternatiflerden oluşmaktadır (Şekil 3.2). Hiyerarşik yapının kuruluşunda ilk adım hedefin belirlenmesidir. Ölçüt ve alternatifler bu hedef doğrultusunda şekillenmektedir. Hedef, hiyerarşinin en üst düzeyinde yer almaktadır. Hiyerarşide hedefi takip eden ikinci düzeyde ölçütler bulunmaktadır. Ölçütler, hedefe ulaşılmasına katkı sağlayacağı varsayılan öğelerdir. Problemin yapısına bağlı olarak gerekli görüldüğünde, ölçütlerin daha alt düzeyleri tanımlanarak hiyerarşiye alt ölçütler eklenmektedir. Hiyerarşik yapıyı oluşturan tüm bileşenler birbirleriyle etkileşim halindedir ve bir bileşende meydana gelebilecek herhangi bir değişim, diğer tüm bileşenleri etkilemektedir.



Şekil 3.2: Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde hiyerarşik yapı.

3.2.2. Temel Ölçek

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminde karar verme problemini çözüme ulaştıracak homojen öğeler (ölçütler, alt ölçütler ve alternatifler) ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Bu ikili karşılaştırmalardaki yargılar veya tercihler, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve 1 ila 9 aralığında değerler alan “temel ölçek” kullanılarak sayısallaştırılmaktadır (Çizelge 3.1). Sayısal bir ölçekten elde edilmiş gerçek değerlere sahip olan problemlerde, mevcut değerler ikili karşılaştırmalar yapılırken kullanılabilir.

Çizelge 3.1: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki ölçüt eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine biraz daha fazla tercih etmektedir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine güçlü bir şekilde tercih etmektedir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilmektedir.
9	Kesinlikle önemli	Bir ölçütün diğerine tercih edildiğini gösteren kanıt, mümkün olan en yüksek doğrulama derecesine sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara (Ortalama) değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere, iki ardışık önem derecesi arasındaki değerlerdir.
1/2, 1/3 vb.	Ters (Karşıt) değerler	Bir ölçüt başka bir ölçütle karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birini alır. Bunlardan ikinci ölçüt birinci ölçüt ile karşılaştırıldığında ters değer alır.

3.2.3. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Analitik hiyerarşi sürecinde, öğelerin ortak olan özelliklerine bağlı olarak kendi aralarında ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Karar verici, öğelerden küçük olanı birim olarak kabul ederek diğer öğelerin bu küçük öğeye kıyasla ne ölçüde baskın olduğunu temel ölçekteki uygun değerleri seçerek ifade etmektedir. İkili karşılaştırmalar ölçütler ve alternatifler için ayrı ayrı yapılmaktadır. Baskın olma ifadesi, ölçütlerin ikili karşılaştırılması yapılırken “önem”, alternatiflerin değerlendirilmesi yapılırken ise “tercih” olarak tanımlanmaktadır.

Hiyerarşide ikili karşılaştırmaları yapılan öğelerin bulunduğu küme, homojen olmalıdır. Karar verme probleminde karşılaştırması yapılan öğeler [1-9] aralığında değerler alacağı için, aynı kümedeki öğelerden en üstün nitelikli olan, birim olarak kabul edilen küçük öğeden en fazla 9 kat üstünlüğe sahip olacaktır. Bunun yanı sıra, karşılaştırılan öğelerin ölçüm değerleri mevcut kullanılan bir ölçekten (m, kg, lt gibi) elde edilmişse homojen olma özelliği göz ardı edilmektedir.

İkili karşılaştırmalarda elde edilen değerlendirme sonuçlarına ait temel ölçek esas alınarak dönüştürülen sayısal değerler, bir matriste düzenlenerek “ikili karşılaştırmalar matrisi” elde edilmektedir. İkili karşılaştırmalar; hedefe göre ölçütler, (alt ölçüt var ise) ölçütlere göre alt ölçütler ve bu ölçütlere bağlı olarak alternatifler için gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 3.2: Alternatiflerin ölçütlere göre ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1994).

Alternatifler	Ölçütler				
	C ₁	C ₂	C ₃	. . .	C _n
A ₁	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	. . .	S _{1n}
A ₂	S ₂₁	S ₂₂	S ₂₃	. . .	S _{2n}
A ₃	S ₃₁	S ₃₂	S ₃₃	. . .	S _{3n}
⋮
A _m	S _{m1}	S _{m2}	S _{m3}	. . .	S _{mn}

Çok ölçütlü karar verme problemlerini hiyerarşik yapı oluşturarak ele alan, ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirmelerin yapılmasını kolaylaştıran, ölçütlerin kendi aralarındaki görece ağırlıklarını değerlendiren yönteminde kişisel değerlendirmeler ile elde edilen Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminde sonuçların tutarlılık ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Karar verme probleminin çözümlenmesinde uygulanan Analitik Hiyerarşi Prosesi, dört temel aksiyom üzerine kurulmuştur. Bunlar;

- Karşılıklı kıyaslama aksiyomu,
- Homojenlik aksiyomu,
- Bağımsızlık aksiyomu,
- Beklentiler aksiyomu

olarak sıralanmaktadır.

Karşılıklı Kıyaslama Aksiyomu: “Bir karar verme probleminin çözümlenmesinde, karar verici, ikili karşılaştırmalar yapabilmeli ve tercihlerinin kuvvetini (derecesini) belirtebilmelidir. Karşılıklı kıyaslama aksiyomu, ikili karşılaştırma matrisindeki bir bileşen bilindiğinde buna karşılık gelen bileşenin de bilinmesini sağlamaktadır. Bu aksiyoma göre, A ölçütü B ölçütüne göre x kat daha fazla tercih ediliyorsa, B ölçütü A ölçütüne göre $1/x$ kat daha fazla tercih edildiği kabul edilmektedir. Aksiyomun uygulanamaması, bileşenlere ilişkin yargıların veya ikili karşılaştırmaların açık veya doğru bir şekilde ifade edilmediğini gösterir.” (Vargas, 1990).

Homojenlik Aksiyomu: “İkili karşılaştırma yapılırken bir bileşen diğer bileşene göre sonsuz derecede tercih edilemez. Bu nedenle, tutarlılık oranını artırmak ve ölçümlerin doğruluğunu sağlamak için tercihler, sınırlı bir ölçek (temel ölçek) aracılığıyla ifade edilmelidir. Ayrıca bileşenler arasındaki farklılıklar arttığında diğer bir deyişle, karşılaştırılan bileşenler homojen olmadığında, bileşenler ya gruplandırma yapılmalı ya da hepsi farklı düzeylerde ele alınmalıdır.” (Vargas, 1990).

Bağımsızlık Aksiyomu: “Hiyerarşik yapıda yer alan bileşenlere ilişkin yargılar ifade edilirken, ölçütlerin ve alternatiflerin özelliklerinin birbirinden bağımsız olduğu varsayılır. Hiyerarşik yapının üst düzeyinde yer alan ölçütlerin önem ağırlıkları, alt düzeyde yer alan alternatiflerin önem ağırlıklarına bağlı değildir.” (Vargas, 1990). Buna göre, “üst düzeydeki ölçütlerin önem ağırlıkları, yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmez.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Beklentiler Aksiyomu: “Hiyerarşik yapının doğru bir şekilde oluşturulmuş olduğu varsayılır. Diğer bir deyişle, hiyerarşik yapıda, karar vericinin beklentilerini karşılayacak tüm ölçüt ve/veya mevcut ya da gerekli tüm alternatiflerin yer aldığı kabul edilir.” (Vargas, 1990).

Saaty'nin ortaya koyduğu aksiyomların yanı sıra Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin üzerine bina edildiği üç temel ilke daha bulunmaktadır. Bunlar;

- Ayırıştırma ilkesi,
- İkili karşılaştırma ilkesi,
- Önceliklerin sentezi ilkesi

olarak sıralanmaktadır.

Ayırıştırma ilkesi, “karar verme probleminin temel öğelerinin belirlenmesi için karar hiyerarşinin yapılandırılmasını içerir. Bunu yapmanın etkin bir yolu, üst seviyedeki ölçütten ona bağlı olan bir sonraki düzeydeki alt ölçüte daha sonra da alternatiflere gidilmesidir. Böylece daha genel ve bazen belirsiz olandan, daha özel ve belirgin olana gidilmiş olunur.” (Keçek ve Yıldırım, 2010). Diğer bir deyişle, hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef, bir alt düzeyinde ana ölçütler bulunmaktadır. Ana ölçütler ile ilişkili hedefi etkileyebilecek alt ölçütler varsa bunlar bir alt düzeye eklenmektedir. Hiyerarşik yapının en alt düzeyinde ise alternatifler yer almaktadır. Hiyerarşideki düzey sayısı, karar verme probleminin karmaşıklık ve detay derecelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

İkili karşılaştırma ilkesi, “hiyerarşinin bir düzeyindeki elemanların bir üst düzeydeki ortak ölçüt açısından ikili karşılaştırılmasıdır. Elemanların ortak ölçüt açısından görece önemlerinin karşılaştırılması sonucu bir matris oluşturulur.” (Keçek ve Yıldırım, 2010). “Oluşturulan hiyerarşide öncelikle ana ölçütler, daha sonra her bir ana ölçüte bağlı olan alt ölçütler ve son olarak da alternatifler bir üst aşamaya göre birbirleriyle karşılaştırılırlar. Hiyerarşinin herhangi bir düzeyi için karşılaştırılacak n eleman varsa, o düzey için $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırmanın yapılması gerekmektedir.” (Lee ve Kozar, 2006). Karar matrisleri oluşturulurken elemanların birbirlerine göre görece önemlerini ifade etmek için sayılar kullanılır. Fiyat, adet ve oran gibi nicel değişkenler sayısal değerlerle ölçülebilirken; işletmenin sektördeki durumu, kalite ve tasarım gibi nitel değişkenlerin sayısal değerlerle ölçülmesi mümkün değildir. Bu türden sayısal olmayan değişkenleri bulunan problemlerde ölçümlerin yapılabilmesi için Thomas L. Saaty’nin geliştirdiği “temel ölçek”ten faydalanılmaktadır.

Önceliklerin sentezi ilkesi, “hiyerarşinin en alt düzeyinden elde edilen önceliklerden hareket edilerek problemin bütünü için ya da hiyerarşide en üst düzeyde yer alan hedef için önceliklerin belirlenmesidir.” (Keçek ve Yıldırım, 2010). “Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentezleme, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Ancak literatürde en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yönteminde, her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünmektedir. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp, bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünerek her bir ölçüt için öncelik vektörleri (değerleri) bulunmaktadır.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

3.3. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN UYGULAMA AŞAMALARI

“Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biridir. Analitik Hiyerarşi Prosesi karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, sonlu sayıda alternatif ile nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir.” (Dağdeviren vd., 2004). Ancak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sadece sonlu alternatif içerisinde birinin seçilmesi amacıyla kullanılan bir yöntem olarak görülmemesi gerekir. Yöntemin çok ölçütlü karar verme problemini ele alış şekli, sunduğu ölçüm teorisi, yöntemi bu sınırlamanın ötesine taşımaktadır. “Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde genel olarak insan görüşlerinin dikkate alınması karar verme sıkça kullanılmaktadır. Her kişinin deneyimleri, bilgi ve öngörülerinin yanında, bulunduğu sosyal çevre, psikolojik durum ve probleme dayalı hedefleri değişkenlik gösterebilmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi ise tıpkı bunun gibi karar vericilerin psikolojik ve sosyolojik etkenlerle birlikte yapacakları gözlemleri kullanarak daha etkili sonuçlar üretebilmesine katkı sağlamaktadır.” (Arslankaya ve Göraltay, 2019).

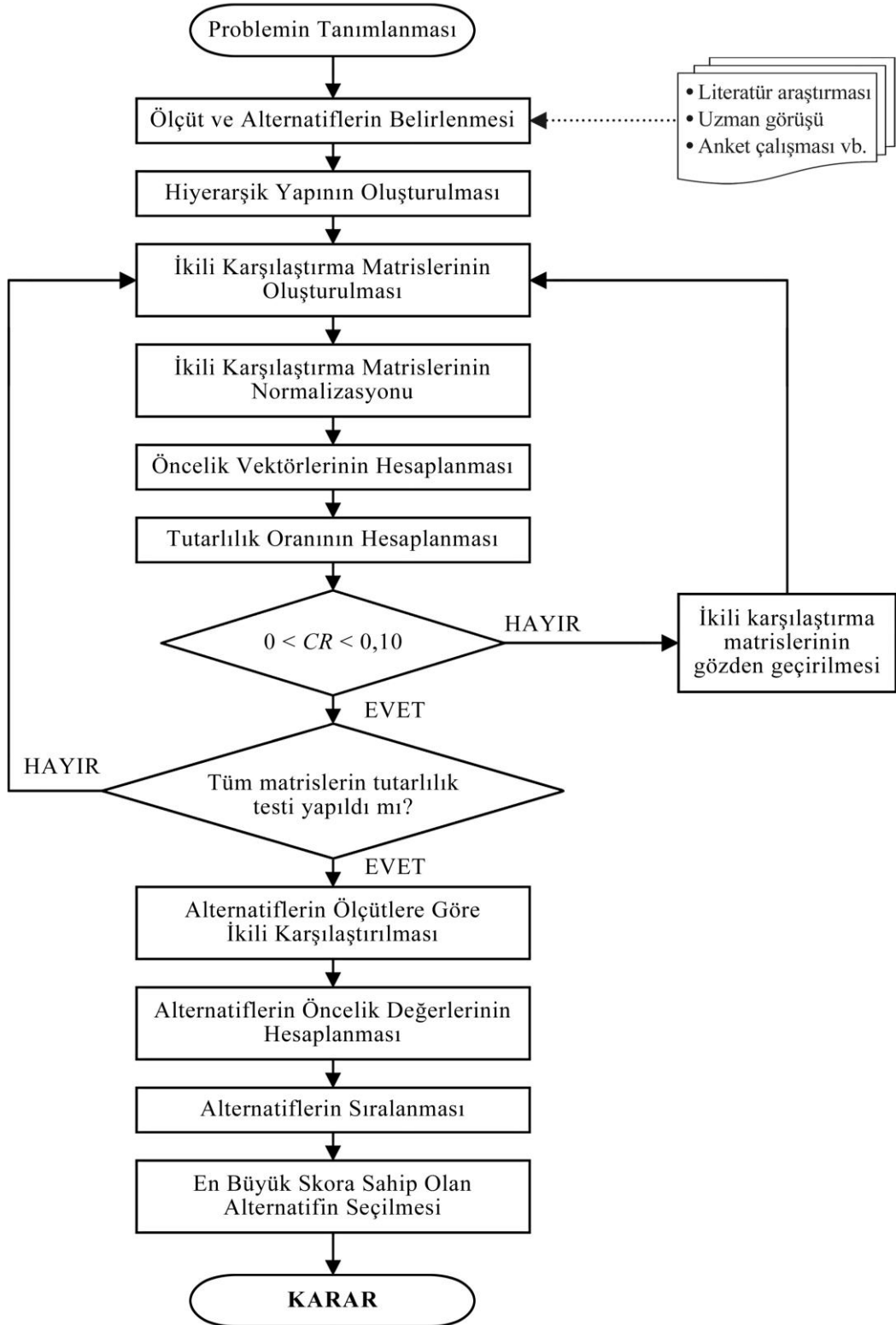
Bu noktada, çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılmasında oldukça geniş bir alanda kullanımı olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ile karar verme sürecinde takip edilmesi gereken bazı temel adımlar bulunmaktadır. Bunlar;

- Problemin tanımlanması,
- Ölçütlerin belirlenmesi ve muhtemel alternatiflerin ortaya konulması,
- Hiyerarşik yapının kurulması,
- Karar bileşenleri arasında ikili karşılaştırmaların yapılması ve ikili karşılaştırmalar matrislerinin oluşturulması,
- İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi,
- Öncelik vektörlerinin (önem ağırlıklarının) hesaplanması,
- Matrislerin tutarlılıklarının kontrol edilmesi,
- Karar matrisinin oluşturulması,

- Karar alternatiflerinin karşılaştırılması ve nihai kararın verilmesi

şeklinde sıralanmaktadır.

Bir karar verme problemini, Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ile çözümlenebilmek ve bu probleme ilişkin doğru kararı verilebilmek için Şekil 3.3'te belirtilen işlem adımlarının uygulanması önemlidir. Karmaşık yapıdaki karar verme problemlerindeki ölçüt ve alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesiyle karar verme mekanizmasının çalıştırılmasına dayanan Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin daha iyi anlaşılması ve yorumlanabilmesi için yöntemde takip edilmesi gereken temel adımların ayrıntılı bir şekilde açıklanması gerekmektedir.



Şekil 3.3: Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulama adımları.

3.3.1. Problemin Tanımlanması

Problem, “yanıtının bilimsel yöntemlerle bulunması, teoremler veya kurallar yardımıyla çözülmesi istenen sorun” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2022). Bir problemin varlığının ortaya konulması ve doğru bir şekilde tanımlanması, çözüm sürecinin en önemli aşamasıdır. Karar Kuramı kapsamında, bir problemin varlığından söz edilebilmesi için problemin çözümüne ilişkin birden fazla alternatifin olması gerekmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminde, diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde de olduğu gibi yapılması gereken ilk ve en önemli iş, karar verme probleminin açık ve net bir şekilde belirlenmesidir. Problemin açık ve net olarak belirlenmemesi durumunda, problemin sağlıklı ve başarılı bir çözüme ulaşmasını, istenilen düzeyde kararın alınmasını engelleyecektir. Problemin iyi bir şekilde tanımlanması, diğer adımlarda ortaya çıkabilecek belirsizliklerin, eksikliklerin veya hataların önüne geçilmesi bakımından oldukça önemli bir adımdır.

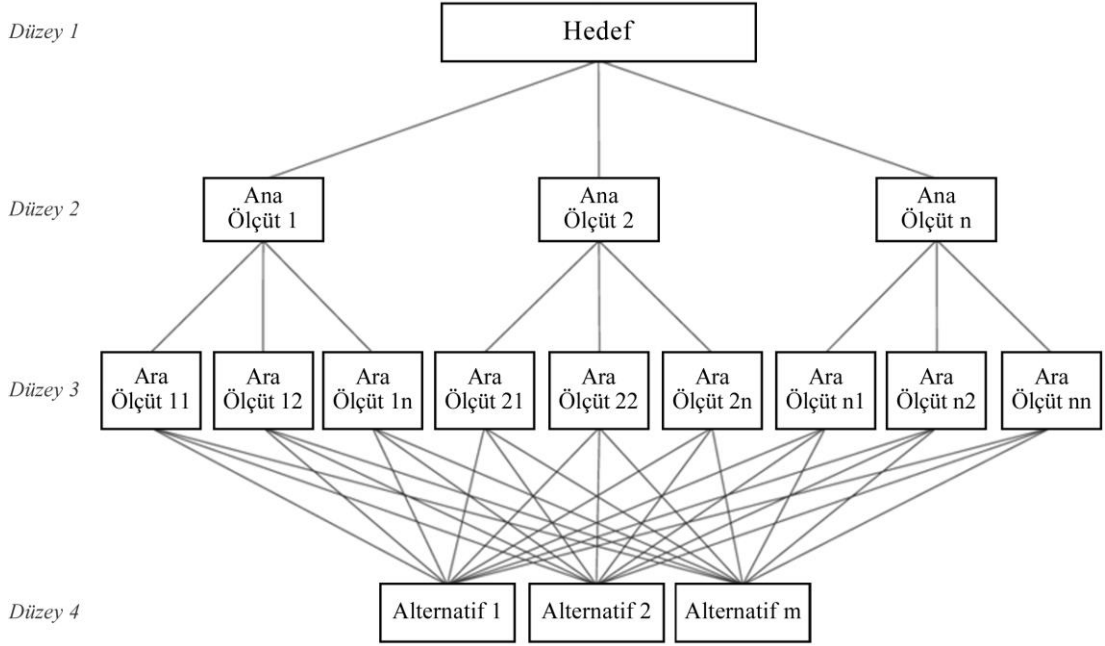
3.3.2. Ölçüt ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Çok ölçütlü karar verme problemi tanımlandıktan sonra, karar problemini ve nihai kararı etkileyecek tüm ölçütlerin, hatta var ise bu ana ölçütlerin de üzerinde etkili olan alt ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, belirlenen ölçütleri belirli ölçülerde sağlayabilecek, ilgili ölçütler ile ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilecek ve aralarından seçim yapılacak olan olası karar alternatiflerinin tanımlanması gerekmektedir.

3.3.3. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Analitik Hiyerarşi Prosesi, karşı karşıya olunan karar verme problemi için hedef, ölçüt, var ise alt ölçüt ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir modellemeye imkân tanıyan bir yöntemdir. Bu adımda, önceki adımların uygulanmasıyla belirlenen karar verme probleminin hedefinin, problemdeki ölçütlerin, alt ölçütlerin ve alternatiflerin hiyerarşik yapıda açık, kesin ve doğru bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef, onun alt düzeylerinde sırasıyla problem üzerinde etkili olan ana ölçütler, (var ise) alt ölçütler ve

alternatifler yer almaktadır (Şekil 3.4). Hiyerarşik yapının düzey sayısı, problemin karmaşıklığı ve detay derecesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hiyerarşik yapı oluşturulurken, aynı düzeyde bulunan alternatiflerin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 3.4: Hiyerarşik yapının oluşturulması.

3.3.4. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin bu adımında, üçüncü adımda oluşturulan hiyerarşik yapıda yer alan tüm ölçütlerin önem dereceleri, birebir ve karşılıklı olacak şekilde ikili karşılaştırmalar yapılarak “ikili karşılaştırma matrisi” oluşturulmaktadır (Çizelge 3.3). İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, ölçütlerin önem derecelerini belirlemek için 1 ila 9 aralığında değerler alan “temel ölçek”ten faydalanılmaktadır (Çizelge 3.4). n ölçütlü karşılaştırma matrisinde toplam ikili karşılaştırmaların sayısı $n(n-1)/2$ formülü ile hesaplanmaktadır. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenleri 1 değerini almaktadır.

$n \times n$ boyutlu karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} = 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & a_{22} = 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

a_{ij} , i . ölçüt ile j . ölçütün ikili karşılaştırma değeri olup, “ i ölçütünün değeri j ölçütüne göre tercih oranı”nı ifade etmektedir. a_{ji} değeri ise, “ j ölçütünün değeri i ölçütü karşısındaki üstünlüğü”nü ifade etmekle birlikte, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ‘den elde edilmektedir. Bu durum, karşılıklı kıyaslama aksiyomu olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, karar verici için birinci ölçüt ikinci ölçüte göre çok kuvvetli derecede önemli ise, karşılaştırma matrisinin birinci satır ikinci sütunundaki bileşen (a_{12}) 7 değerini, buna karşılık gelen ikinci satır birinci sütundaki bileşen (a_{21}) 1/7 değerini alacaktır.

Çizelge 3.3: İkili karşılaştırma matrisinin çizelge gösterimi.

A	C_1	C_2	\dots	C_n
C_1	1	a_{12}	\dots	a_{1n}
C_2	$1/a_{12}$	1	\dots	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	1	\vdots
C_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	\dots	1

Çizelge 3.4: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki ölçüt eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine biraz daha fazla tercih etmektedir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine güçlü bir şekilde tercih etmektedir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilmektedir.
9	Kesinlikle önemli	Bir ölçütün diğerine tercih edildiğini gösteren kanıt, mümkün olan en yüksek doğrulama derecesine sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara (Ortalama) değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere, iki ardışık önem derecesi arasındaki değerlerdir.
1/2, 1/3 vb.	Ters (Karşıt) değerler	Bir ölçüt başka bir ölçütle karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birini alır. Bunlardan ikinci ölçüt birinci ölçüt ile karşılaştırıldığında ters değer alır.

3.3.5. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu

İkili karşılaştırmanın gerçekleştirilmesinden sonraki adım, karşılaştırma matrisinin normalize edilmesidir. Karşılaştırma matrisindeki her bileşen, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. “Normalizasyon, çok büyük veya çok küçük değerlerin sorun oluşturmaması için tüm değerleri aynı formda ve birbirine yakın bir değere indirgemektir. Böylece, hesaplamalarda kolaylık sağlanmakta ve değerler arasındaki karşılaştırma daha anlaşılabilir hale getirilmektedir.” (Özel ve Türkel, 2018).

n sayıda ölçüt bulunan karşılaştırma matrisi a_{ij} ve normalize edilmiş karşılaştırma matrisi a'_{ij} olmak üzere;

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.2)$$

formülü ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} = 1 & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & 1 & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

3.3.6. Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyon işlemi tamamlandıktan sonra normalize edilmiş karşılaştırma matrisinin her bir satır toplamı, ölçüt sayısına bölünmesiyle “öncelik vektörü (özvektör)” hesaplanmaktadır. Elde edilen değerler, her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlıklarını vermektedir. Öncelik vektörü;

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}{n} \quad (4.4)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

W_i değeri, i ölçütünün karşılaştırılan diğer ölçütler arasındaki “önem ağırlığı”nı belirtmektedir ve tüm öncelik vektörlerinin toplamı 1’e eşit olması gerekmektedir. Bulunan öncelik vektörü aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

3.3.7. Tutarlılık Oranının Hesaplanması

İkili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi ve öncelik vektörlerinin hesaplanmasının ardından ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığının analiz edilmesi gerekmektedir. Analiz sonucunun tutarsız çıkması durumunda, ikili karşılaştırma matrislerinin tekrarlanması gerekmektedir. İkili karşılaştırmaların tutarlılığını hesaplayabilmek için öncelikle özdeğerlerin hesaplanması gerekmektedir. “Özdeğer”, karşılaştırma matrisi ile özvektörün matris çarpımıyla elde edilmektedir. Özdeğer;

$$w' = A \times W \quad (4.6)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

Elde edilen özdeğer aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A \times W = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w'_1 \\ w'_2 \\ \vdots \\ w'_n \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Daha sonra, en büyük özdeğerin (λ_{max}) hesaplanması gerekmektedir. En büyük özdeğer (λ_{max}), özdeğerlerin öncelik vektörlerine oranlarının toplamının, ölçüt sayısına bölünmesiyle yani özdeğerlerin öncelik vektörlerine oranlarının ortalamasının alınmasıyla elde edilmektedir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (4.8)$$

En büyük özdeğerin hesaplanmasının ardından, en büyük özdeğer yardımıyla “tutarlılık indeksi (consistency index- CI)” hesaplanmaktadır. Tutarlılık indeksi;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (4.9)$$

formülüyle elde edilmektedir. Tutarlılık indeksinin hesaplanmasının ardından, tutarlılık indeksi ve “rassal indeks (random index- RI)” değerlerinin birbirine bölünmesiyle “tutarlılık oranı (consistency ratio- CR)” elde edilmektedir. Tutarlılığın değerlendirilebilmesi için rassal indeks değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunun için Saaty'nin önerdiği n ölçütlü ikili karşılaştırma matrisleri için tanımlanan rassal indeks değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5: Rassel indeks değerleri (Saaty, 1994).

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

CI ve *RI* değerleri belirlendikten sonra “tutarlılık oranı (*CR*)” aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.10)$$

Hesaplamalar sonucunda, $CR < 0,10$ ise tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyede diğer bir deyişle, ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı sonuç verdiği söylenebilir. Ancak $CR \geq 0,10$ ise tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyenin üzerinde olduğu yani ikili karşılaştırma matrisinin tutarsız olduğu yeniden değerlendirilmesi gerektiği kabul edilmektedir.

3.3.8. Alternatiflerin Karşılaştırılması ve Seçim

Hiyerarşik yapının en son düzeyinde yer alan karar alternatiflerinin, her bir ölçüte göre önem ağırlıklarını belirleyebilmek için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Alternatifler için her bir ölçüt bazında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, karşılaştırma matrisindeki her bileşen, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisinin her bir satır toplamı, matrisin boyutuna (alternatif sayısına) bölünmesiyle alternatiflerin öncelik vektörleri (özvektör) elde edilmektedir. Bulunan değerler, her bir alternatif için hesaplanan önem ağırlıklarını vermektedir. Bu işlem, her bir ölçüte için tek tek yapılarak “ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi” elde edilmektedir.

Alternatiflerin karşılaştırma matrisi ile ölçütler için hesaplanan öncelik vektörlerinin matris çarpımıyla alternatiflerin önem dereceleri elde edilmektedir. En büyük önem derecesi seçim skoruna sahip olan alternatif, en iyi seçim olarak belirlenmektedir. D , ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi ve W , ölçütlerin öncelik vektörü olmak üzere;

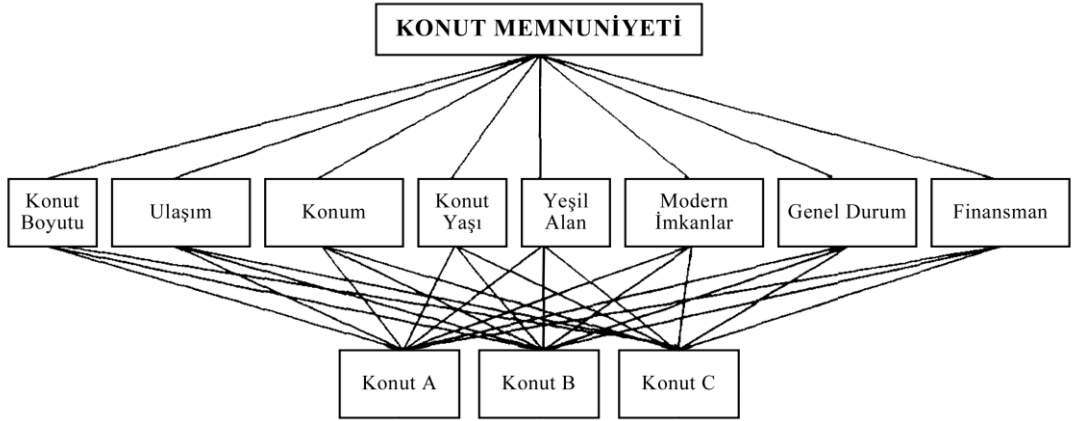
$$X = D \times W \quad (4.11)$$

formülüyle karar verme probleminin çözümü için en uygun olan alternatif karar olarak benimsenmektedir.

n sayıda ölçütün ve m sayıda alternatifin bulunduğu karar verme problemini çözüme ulaştıracak en iyi alternatifi veren matris aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$D \times W = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin bir örnek ile açıklanması hususu daha anlaşılır kılacaktır. Satın alınacak bir konut için; üç alternatif arasından seçim yapılacağı ve bu seçimin konut boyutu, ulaşım, konum, konut yaşı, yeşil alan, modern imkânlar, genel durum ve finansman olmak üzere sekiz farklı ölçüt dikkate alınarak gerçekleştirileceği varsayıldığında, bu karar verme problemi için oluşturulacak hiyerarşik yapı Şekil 3.5'teki gibi olacaktır.



Şekil 3.5: Konut memnuniyeti için hiyerarşik yapı (Saaty, 1990)

Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra, ikinci düzeydeki ölçütleri için ikili karşılaştırmaların yapılması, karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve 1 ila 9 aralığında değerler alan temel ölçekten faydalanılarak önem derecelerinin belirtilmesi gerekmektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6: Ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

	Ö. 1	Ö. 2	Ö. 3	Ö. 4	Ö. 5	Ö. 6	Ö. 7	Ö. 8	Özvektör
Ö. 1	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	0.173
Ö. 2	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0.054
Ö. 3	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	0.188
Ö. 4	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0.018
Ö. 5	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0.031
Ö. 6	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0.036
Ö. 7	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	0.167
Ö. 8	4	7	5	8	6	6	2	1	0.333
$\lambda_{max} = 9.669$ $CI = 0.238$ $CR = 0.169$									

İkili karşılaştırma matrisinde sayısal değerlerle ifade edilen değerlendirmelerin sözel olarak açıklamaları ise şöyledir;

- Konut A, diğerleriyle karşılaştırıldığında en büyük alana sahiptir. Trafik yoğunluğunun az ve vergi yükünün düşük olduğu bir konumda yer alıyor. Diğer konutlara göre oldukça geniş yeşil alanı bulunuyor. Ancak konutun tadilata ihtiyacı olduğundan genel durumu iyi sayılmaz. Ayrıca, yüksek faizle banka tarafından finanse edilmesi gerekebilir.
- Konut B, konut A'dan biraz daha küçüktür. Toplu ulaşım araçlarına yakın değildir. Trafik koşulları nedeniyle güvenli olmayan bir konumda yer alıyor. Yeşil alan oldukça az ve modern imkânlar açısından yeterli sayılmaz. Ancak konutun genel durumu çok iyi ve düşük faiz oranıyla konut kredisi sağlanabilir.
- Konut C, çok küçük alana ve sadece birkaç modern imkâna sahiptir. Vergi yükü yüksek, ancak güvenli bir konumda yer alıyor. Konut B'den daha büyük, ancak konut A'dan oldukça küçük yeşil alanı bulunuyor. Zemin döşemeleri vb. iç mekân detaylarına bakıldığında konut çok iyi durumdadır.

Ölçütler için ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra, hiyerarşik yapının en son düzeyinde yer alan karar alternatifleri için her bir ölçüt bazında ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir (Çizelge 3.7; Çizelge 3.8; Çizelge 3.9; Çizelge 3.10; Çizelge 3.11; Çizelge 3.13; Çizelge 3.14).

Çizelge 3.7: Konut boyutu için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 1	A	B	C	Özvektör
A	1	6	8	0.754
B	1/6	1	4	0.181
C	1/8	1/4	1	0.065
$\lambda_{max} = 3.316$ $CI = 0.068$ $CR = 0.117$				

Çizelge 3.8: Ulaşım için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 2	A	B	C	Özvektör
A	1	7	1/5	0.233
B	1/7	1	1/8	0.005
C	5	8	1	0.713
$\lambda_{max} = 3.247$ $CI = 0.124$ $CR = 0.213$				

Çizelge 3.9: Konum için ikili karşılaştırma matrisi (saaty, 1990).

Ö. 3	A	B	C	Özvektör
A	1	8	6	0.745
B	1/8	1	1/4	0.065
C	1/6	4	1	0.181
$\lambda_{max} = 3.130$ $CI = 0.068$ $CR = 0.117$				

Çizelge 3.10: Konut yaşı için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 4	A	B	C	Özvektör
A	1	1	1	0.333
B	1	1	1	0.333
C	1	1	1	0.333
$\lambda_{max} = 3.000$ $CI = 0.000$ $CR = 0.000$				

Çizelge 3.11: Yeşil alan için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 3	A	B	C	Özvektör
A	1	8	6	0.745
B	1/8	1	1/4	0.065
C	1/6	4	1	0.181
$\lambda_{max} = 3.130$ $CI = 0.068$ $CR = 0.117$				

Çizelge 3.12: Modern imkân için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 4	A	B	C	Özvektör
A	1	1	1	0.333
B	1	1	1	0.333
C	1	1	1	0.333
$\lambda_{max} = 3.000$ $CI = 0.000$ $CR = 0.000$				

Çizelge 3.13: Genel durum için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 5	A	B	C	Özvektör
A	1	5	4	0.674
B	1/5	1	1/3	0.101
C	1/4	3	1	0.226
$\lambda_{max} = 3.086$ $CI = 0.043$ $CR = 0.074$				

Çizelge 3.14: Finansman için ikili karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

Ö. 6	A	B	C	Özvektör
A	1	8	6	0.747
B	1/8	1	1/5	0.060
C	1/6	5	1	0.193
$\lambda_{max} = 3.197$ $CI = 0.099$ $CR = 0.170$				

Son olarak, alternatiflerin karşılaştırma matrisi ile ölçütler için hesaplanan öncelik vektörlerinin matris çarpımıyla alternatiflerin önem ağırlığı elde edilmektedir. En büyük önem ağırlığına sahip olan alternatif, en iyi seçim olarak belirlenmektedir. Çizelge 3.15'te görüldüğü gibi karar vericinin konut memnuniyetini sağlayabilen konut, 0.396 seçim skoruyla en büyük önem ağırlığına sahip olan Konut A olacaktır.

Çizelge 3.15: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi (Saaty, 1990).

	Ö. 1	Ö. 2	Ö. 3	Ö. 4	Ö. 5	Ö. 6	Ö. 7	Ö. 8	Önem Ağırlığı
A	0.754	0.233	0.745	0.333	0.674	0.747	0.200	0.072	0.396
B	0.181	0.005	0.065	0.333	0.101	0.060	0.400	0.650	0.341
C	0.065	0.713	0.181	0.333	0.226	0.193	0.400	0.278	0.263

3.4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI

Analitik Hiyerarşi Prosesi, bireysel karar verme problemlerinden bir grup veya örgütü ilgilendiren karmaşık yapıları karar verme problemlerine kadar geniş bir alanda kullanıma sahip bir karar destek aracıdır. Karar verme problemini hiyerarşik bir yapıda ele alarak, problemde yer alan bileşenleri karşılaştırma, bileşenlere ilişkin yargıda bulunma ve karar alternatiflerini karar ölçütleri bakımından değerlendirme imkânı tanımaktadır. Yöntemde, karar vericinin kişisel yargıları ve değerlendirmeleri doğrultusunda karar alternatifleri, problemin çözümüne en çok uygun olandan en az uygun olana doğru sıralanmaktadır. Karar alternatiflerinin önem ağırlıkları da belirlenerek, alternatiflerin birbirlerine ne ölçüde yakın veya uzak olduğu, ulaşılmak istenilen hedefi ne ölçüde sağladığı ortaya konulmaktadır. Ayrıca yöntem, tek başına kullanılabilirdiği gibi, aynı zamanda doğrusal programlama, hedef programlama, tam sayılı programlama, karışık tam sayılı programlama, dinamik programlama, veri zarflama analizi, SWOT analizi, bulanık mantık, yapay sinir ağı, genetik algoritmalar gibi farklı matematiksel optimizasyon yöntemleri ve karar destek sistemleri ile etkileşimli olarak kullanılabilir. Bu nedenlerle, geniş uygulama alanına sahip, oldukça etkin ve verimli bir yöntemdir.

T. L. Saaty ve L. G. Vargas (1982), Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin genel uygulama alanlarını; öncelik belirleme, alternatifler kümesi oluşturma, en iyi politikanın seçimi, gereksinimleri belirleme, kaynakları tahsis etme, sonuçları tahmin etme-risk değerlendirme, sistem tasarımı, performans ölçme, sistem kararlılığını sağlama, optimizasyon, planlama ve çatışmaların çözümü şeklinde sıralamışlardır.

Vargas (1990), yöntemin uygulandığı alanların kapsamını biraz daha genişleterek şu şekilde sınıflandırmıştır:

- *Ekonomi / Yönetim Problemlerinde;*
 - Denetleme,
 - Veri tabanı seçimi,
 - Mimari tasarım,
 - Finans,
 - Makro-ekonomik tahminler,
 - Pazarlama (tüketici tercihleri, ürün tasarımı, strateji),
 - Planlama,
 - Portföy seçimi,
 - Tesis yeri seçimi,
 - Kaynak Dağılımı (bütçe, enerji, sağlık),
 - Politika / Strateji,
 - Ulaşım gibi alanlarda uygulanmaktadır.
- *Siyasi Problemlerde;*
 - Cephanelerin kontrolü,
 - Çatışmalar ve müzakere,
 - Siyasi adaylık,
 - Güvenlik değerlendirmesi,
 - Tatbikatlar,
 - Kamuoyu etkisi gibi alanlarda uygulanmaktadır.

- *Sosyal Problemlerde;*
 - Rekabet ortamında davranışlar,
 - Eğitim,
 - Çevre,
 - Sağlık,
 - Hukuk,
 - Tıp (ilaç etkinliği, tedavi seçimi),
 - Nüfus dinamikleri (bölgeler arası göç modelleri, nüfus büyüklüğü),
 - Kamu sektörü gibi alanlarda uygulanmaktadır.

3.5. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Analitik Hiyerarşi Prosesi, karar vericiye karar verme probleminin çözümlenmesinde sağladığı katkılar nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır.

Yöntemin bazı avantajları şöyle sıralanabilir:

- Karmaşık yapılı, çok ölçütlü karar verme problemlerinin hiyerarşik bir yapıda modellenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece karmaşık problemler, alt problemlere ayrılarak karışıklıklar en aza indirgenmekte ve doğru sonucu daha kolay bir şekilde ulaşılabilmektedir.
- Ölçütlerin karar verici olarak bir veya birden fazla kişi, grup, örgüt veya kuruluş tarafından değerlendirilmesine imkân tanımaktadır.
- Birden fazla karar vericinin olması durumunda, kişiler arasındaki iletişimin iyileşmesine ve uzlaşmayla alınan kararların benimsenerek uygulanmasına katkı sağlamaktadır.
- Yargıların sayısal değerlerle ifade edilmesine ve düşünce farklılıklarına izin vererek karar vericilerin yargılarının veya tercihlerinin ortak bir paydada

birleştirilmesine olanak sağlayarak gruptaki karar vericiler arasındaki muhtemel tartışmaların önüne geçilebilmektedir.

- Yapılan değerlendirmelerin tutarlılık oranının ölçülmesini sağlamakta ve kabul edilebilir bir tolerans değeri oluşturarak verilerdeki tutarsızlıkları uzlaştırma imkânı sağlamaktadır.
- Karar probleminin çözüme ulaştırılmasında nicel ve nitel ölçütler ile objektif ve sübjektif düşünceler aynı anda karar verme sürecine dâhil edilerek bir arada değerlendirilebilmektedir.
- İkili karşılaştırmalar kullanılarak karar probleminin her bir noktasına daha fazla dikkat edilebilmektedir. Böylelikle yalnızca iki öge (ölçüt, alt ölçüt, alternatif) göz önünde tutulduğundan karar verme eylemi kolaylaşmaktadır.
- Sıralama ve puanlama yöntemleri kullanılarak çözümlü güç olan karar verme problemleri ideal çözüme ulaştırılmaktadır.
- Çok sayıdaki ölçüte göre değerlendirilen alternatiflerin öncelik sıralaması yapılarak ideal çözüme en uygun alternatif seçilmekte ve o alternatife yakın olan alternatifler de belirlenerek farklı senaryolar oluşturulabilmektedir.
- Analitik Hiyerarşi Prosesi, çok ölçütlü karar verme problemlerinde tek başına kullanılabileceği gibi farklı yöntemlerle birlikte kullanılarak kolayca uygulanabilmektedir. Bu türden durumlarda, Analitik Hiyerarşi Prosesi ile belirlenen ağırlıklar, farklı yöntemlerde girdi olarak kullanılmaktadır.
- Çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılmasında gerekli tüm matematiksel hesaplamaların yapılmasına destek olarak hesaplanabilirlik, uygulanabilirlik ve anlaşılabilirlik bakımından kolaylık sağlayan “Expert Choice”² isimli bir yazılım bulunmaktadır.

² “Expert Choice (EC), 1983 yılında Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin yazılım programı olarak geliştirilmiştir. Karmaşık problemlerin analizinde kullanılan bir karar destek aracıdır. Karar vericilerin çok basit ve kolay bir biçimde karar problemini hiyerarşik bir yapıda görüntülemelerine, gerekli ikili yargıları yapmalarına, otomatik olarak özdeğer yaklaşımı ile görelî öncelikleri hesaplamalarına olanak vermektedir.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin sağladığı katkılar kadar teorik ve uygulama boyutlarına ilişkin bazı eleştirilere de rastlanmaktadır. Yöntemin bazı dezavantajları şöyle sıralanabilir:

- Hiyerarşik yapıdaki ölçüt ve alternatiflerin sayısı arttıkça ikili karşılaştırmalar da artmakta ve karar matrislerinin oluşturulması güçleşmektedir.
- Yöntemde kullanılan değerler standart bir ölçekten (temel ölçek) objektif olarak elde edilmesine rağmen yargılar çoğunlukla öznel niteliktedir.
- Modelleme sürecinin sübjektif yapısı, Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin bir kısıtlılıklarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu durum, yöntemle “kesinlikle doğru” kararın garanti edilemeyeceği anlamına gelmektedir.
- Temel ölçek aracılığıyla yapılan ikili karşılaştırmalarda kullanılan sözel ölçüt değeri ile sayısal ölçüt değeri birbirini tam olarak karşılamayabilmektedir. Bu durumda ikili karşılaştırmalar, karar vericiyi tutarsızlığa düşürerek yanlış değerlendirmelerin yapılmasına neden olabilmektedir.
- Herhangi yeni bir alternatifin probleme eklenmesi veya çıkarılmasıyla karar alternatiflerinin sıralamasının değişmesi durumu, yöntemin literatürde sıklıkla eleştirilen ve tartışılmaya devam edilen bir özelliğidir.
- Birden fazla karar vericinin olması durumu, karşılaştırmaların uzun bir sürece yayılmasına sebebiyet verebilmektedir.

3.6. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

Gündelik hayatın akışı içerisinde, hem kişisel hem de örgütsel açıdan farklı boyutlarda karar vermeyi gerektiren durum veya sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Bu durum veya sorunlar, kimi zaman farkında olmadan, istemsizce karar verilerek çözüme ulaştırılırken, kimi zaman da belirsizliklerin, risklerin ve nicel ve/veya nitel ölçütlerin varlığı nedeniyle oldukça karmaşık bir hal alarak çözümü zorlaşmaktadır. Bu türden karmaşık yapıları karar verme problemlerinin çözüme ulaştırılabilmesi amacıyla birçok yöntem ve yaklaşım geliştirilmiştir.

“Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)”, birden fazla sayıda alternatif ve karar ölçütlerini barındıran karar verme problemlerinde, ölçütlerin ağırlıklandırılması, alternatiflerin sıralanması veya alternatifler içerisinde seçim yapılması amacıyla kullanılan bir çok ölçütlü karar verme yöntemidir. Yöntemin temel uygulama alanı, birden fazla karar alternatifinin bulunduğu küme içerisinde belirli ölçütler doğrultusunda yapılan karşılaştırmalar sonucunda tek bir alternatifin seçildiği karar verme problemleridir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi’nde analitik, matematiksel ve mantıksal bir çerçeve içerisinde karar verilmektedir. Yöntem, karar verme problemini mantıksal bir zeminde çözümlenmesini sağlamakla birlikte, karar vericinin tecrübelerini, düşüncelerini, bilgilerini ve sezgilerini sorgulanabilen ve açıklanabilen sayısal verilere dönüştürmesine imkân tanımaktadır. Hem nicel hem de nitel ölçütlerin karar sürecine dâhil edilerek bir arada değerlendirilebilmesi, yöntemin pek çok farklı alanda kullanım yaygınlığını arttıran bir yöntem olmasını sağlamıştır. Karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini sürece dâhil edebilmesi, karar verici için kendi karar verme mekanizmasını tanıma imkânı tanımaktadır. Ayrıca, çok sayıda karar vericinin bulunduğu grupların etkin ve verimli karar vermelerini sağlamaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi’nde, uzman görüşleri çözüme dâhil edilebilmektedir. İkili karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapan kişilerin alanında uzman ve tecrübe sahibi kişiler olması doğru sonuçların elde edilmesi ve sonuçların güvenilirliğinin artırılması bakımından oldukça önemlidir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi, karar verme için bir süreci tanımlamaktadır. Yöntem, karar vericiye veya gruplara karar vermek için bir takım işlemler tanımlamaktadır. Özellikle birden fazla kişinin dâhil olduğu gruplarda ortak bir karar verilirken, kararın geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Ortak kararın verilmesinde, her bir karar vericinin girdileri birleştirilerek gözden geçirilmesi gerekmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi, sıralanan işlemleri sistematik bir yapı haline getirmekte ve bilimsel bir zemine oturtmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde karar verme problemi, hiyerarşik bir yapı kurularak çözümlenmektedir. Hiyerarşik yapı, büyük ve karmaşık yapıları tek başına ele almak yerine alt problemlere bölerek çözümlenmesini sağlamaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile karşılaşılan her karar verme problemi için, hedef, ölçütler, (var ise) alt ölçütler ve çok sayıdaki alternatiften oluşan hiyerarşik bir yapı kurulmaktadır. Yöntemde oluşturulan hiyerarşik yapı, en az üç düzeyden meydana gelmektedir. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef bulunmaktadır. Bir alt düzeyde ana ölçütler ve eğer problemde göz önünde bulundurulması gereken alt ölçütler var ise ana ölçütlerin altında yer almaktadır. En alt düzeyde ise, karar alternatifleri yer almaktadır. Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra alternatiflerin değerlendirilebilmesi için hiyerarşinin her düzeyindeki elemanların ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. Karşılaştırmalar değerlendirilerek elde edilen sonuçlara göre problemi çözüme ulaştıracak alternatif karar olarak belirlenmektedir.

Hiyerarşik yapı oluşturularak karar problemi detaylı bir şekilde ortaya konulmakta ve ayrıştırılmaktadır. Hiyerarşik yapı ile karar verme süreci sistematik bir hale getirilerek doğru kararların verilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, karar vericinin problemin tanımı ve elemanlarına ilişkin anlayış ve bilgi düzeyini artırmaktadır. Karar vericinin hedefe ilişkin seçimlerini doğru bir şekilde belirlemesine imkân tanıyarak uygulamayı kolaylaştırmaktadır.

Hiyerarşik yapıda ölçütlerin ve/veya alt ölçütlerin fazlalığı çok sayıda ikili karşılaştırmaların yapılmasını gerektirecek ve yöntemin uygulanmasını güçleştirecektir. Bu türden karar verme problemlerinde, ikili karşılaştırmaların ve değerlendirmelerin yapılması için gereken süre artacaktır. Bu nedenle, daha doğru

kararlar verebilmek amacıyla problem sorularına ilişkin cevapların alınması işlemleri için birden fazla oturum düzenlenebilir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin uygulanmasında, ölçüt ve/veya alt ölçütlere göre alternatifler ikili karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapılırken elemanların birbirlerine göre önem dereceleri bazı durumlarda sayısal değerlerle ölçülebilirken bazı durumlarda bu değerler bilinmemektedir. Bu noktada, analizi gerçekleştiren karar verici bu değerlerin yerine temel ölçekten faydalanarak ölçüt ve alternatiflerin karşılaştırmalarını yapabilir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. YAPILI ÇEVRE ÜRÜNÜ OLARAK KONUT VE YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE MALZEME

İnsan; doğal ve yapılı çevresiyle olan etkileşimi sonucunda bedensel, bilişsel, ruhsal, sosyal ve kültürel boyutlarıyla sürekli olarak gelişen ve değişen dinamik bir varlıktır. Biyolojik bir varlık olarak insanın yaşamını sürdürebilmesi için temel gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir. Bu gereksinimler, Abraham Maslow (1943) tarafından geliştirilen “İhtiyaçlar Hiyerarşisi” modelinde, hiyerarşik yapı içerisinde ele alınarak beş farklı düzeyden oluşan bir piramitle ifade edilmektedir (Şekil 4.1). Maslow’a göre, “insanların yaptığı her davranışın, belirli bir ihtiyacı gidermeye yönelik olduğu ve ihtiyaçların bireyler açısından bir sıralamasının olduğu varsayımına dayanmaktadır.” (Çiçek, 2012). İhtiyaçlar Hiyerarşisi’nin en alt düzeyinde beslenme, barınma, sağlık gibi fizyolojik (veya temel) gereksinimler yer almaktadır. Daha sonra sırasıyla güvenlik, aidiyet, saygınlık ve kendini gerçekleştirme gereksinimleri gelmektedir.



Şekil 4.1: Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi.

Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi piramidinin bir düzeyinde yer alan gereksinimler, kendilerinden önce gelen bir üst düzeydeki gereksinimlerle doğrudan ilişkilidir. En alt düzeyde yer alan gereksinimler sağlanmadığı sürece, üst düzeylerdeki diğer gereksinimlerin ortaya çıkması mümkün değildir. Örneğin, bu hiyerarşik yapının en üst düzeyinde yer alan kendini gerçekleştirme gereksinimlerini karşılamakta olan birey; en alt düzeydeki fizyolojik gereksinimlerinden herhangi birini yitirdiğinde ya da bunlardan herhangi biri tehlikeye girdiğinde, diğer düzeylerdeki gereksinimlerini öteleyerek fizyolojik gereksinimlerini korumaya yönelik tedbirlere başvurmaktadır. Bu nedenle, insan yaşamının devamlılığı için tatmin edilmesi gereken fizyolojik gereksinimler, diğer tüm gereksinimlerden önceliklidir.

İnsanoğlunun en önemli fizyolojik gereksinimlerinden biri olan “barınma”, ilk çağlardan bugüne dek tarihin her döneminde önemini koruyarak gelmiştir. İnsan yaşamının devamının sağlanabilmesi için barınma gereksiniminin karşılanması gerekmektedir. Tarihsel süreç içerisinde insanlar, barınma gereksinimlerini karşılayabilmek için daima bir arayış içerisinde olmuşlar; olumsuz çevre koşullarından korunmak, çeşitli tehlikelere karşı tedbir almak, üretim yapmak için zamanın koşulları nispetinde çeşitli mekânlar oluşturmuşlardır. Kimi zaman mağara, kaya altı sığınağı ve ağaç kovuğu gibi doğal bir oluşumda barınmış, kimi zaman hayvan kemikleri, derileri, taşlar ve ağaç dalları gibi doğal çevrede buldukları malzemelerle basit barınaklar yapmışlardır. Göçebe yaşamdan yerleşik düzene geçilmesiyle birlikte, insanın yaşamını sürdürürken güven içerisinde olduğunu hissedebileceği yapıli çevrenin oluşum süreci başlamıştır.

4.1. YAPILI ÇEVRE KAVRAMI VE KONUT İLİŞKİSİ

“Çevre” kavramı, Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre (2022), “bir şeyin yakını, dolayı, etraf; hayatın gelişmesinde etkili olan doğal, toplumsal, kültürel dış faktörlerin bütünlüğü; düzlem üzerindeki bir şekli sınırlayan çizgi” anlamlarına sahiptir. Literatürde çevre kavramı ile ilgili pek çok farklı tanımlama bulunmaktadır. Çevre kavramı, “doğal, ekonomik, beşeri değerlerin bir bütünü olarak ele alınmakta; bunlar arasındaki karşılıklı etkileşim gözetilerek, tüm canlı ve cansız varlıkları ve

canlı varlıkların her çeşit eylem ve davranışını etkileyen fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal nitelikteki etkenler bütünü” olarak tanımlanmaktadır (Orhon, 2003). Çevre Kanunu’nda ise (1983), “canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam” olarak ifade edilmektedir. “En geniş anlamıyla çevre, dolaylı ya da dolaysız kişiyi etkileyen, maddi ve manevi gelişmesini, biçimlenmesini ve yaşam koşullarını belirleyen biyolojik, coğrafi ve toplumsal etkenlerin tümü” olarak tanımlanabilir (Hamamcı, 1983).

Fiziksel çevre, “içinde insanın kısa ya da uzun zaman sürelerinde yaşadığı, karşılıklı etkileştiği ve eylemlere katıldığı her türlü fiziksel yeri ve ortamı belirleyen bütünlük, yani inşa edilmiş çevre” olarak tanımlanmaktadır (Erkman, 1982). Ayrıca, insan yaşamının devamlılığı ve gelişimi için gerekli olan fiziksel, biyolojik ve kimyasal etmenlerin tümü olarak da ifade edilebilir. Diğer bir deyişle fiziksel çevre, insan yaşamının sürdüğü “doğal çevre” ile insan eliyle oluşturulmuş “yapılı çevre”nin bütünleşmiş ögeler topluluğudur. Doğal çevre; iklim koşulları, topografik yapı, bitki örtüsü, jeolojik özellikler vb. doğa unsurlarının oluşturduğu koşullar olup bölgelere göre farklılık göstermektedir. Yapılı çevre ise, fiziksel çevre içerisinde doğal olarak var olmayan, insan etkisiyle oluşturulan ve insanın yaşamı için gerekli olan tüm eylem alanlarını kapsamaktadır. Yapılı çevredeki her türlü yapım, üretim ve tasarım faaliyeti, öncelikle insanın gereksinimlerine dayanmaktadır.

İnsan yaşamının devamlılığı için gereken beslenme, barınma, sağlık gibi fizyolojik gereksinimler, diğer tüm gereksinimlerden önce gelmektedir. Bu gereksinimlerinden biri olan “barınma” ise, insanın varoluşuyla birlikte başlamıştır. İnsan, öncelikle çevre koşullarından yalıtılmış ve doğada kendiliğinden oluşmuş mekânlarda barınmış ya da doğal çevrede bulunan malzemelerle gereksinim temelinde şekillenen basit mekânlar oluşturmuştur. Zaman içerisinde gelişen ve değişen insanın gereksinimlerine uyum sağlayabilmek için mekân kavramı da aynı paralellikte gelişmiştir. Bu noktada, insanoğlu doğal çevreye birtakım müdahalelerde bulunarak çevresini biçimlendirmiş ve yapılı çevreler oluşturmuştur. Doğal çevreden ayırarak düzenlediği, inşa ettiği yapılı çevrede fiziksel, sosyo-kültürel, psikolojik,

ideolojik gibi birçok yaşamsal işlevi bir arada bulunduran mimari mekânlar üretmiştir.

Mimarlığın temel uğraşı, yapılı çevrenin üç boyutlu olarak sınırlandırılmasıyla bir boşluğun oluşturulması, diğer bir deyişle “mekân yaratma” eylemi olmuştur. Tarihsel süreç içerisinde insanlar, çevre koşullarına uyum sağlama, güvende hissetme, barınma ve korunma içgüdüsüyle, doğal çevreyi kendi çabalarıyla düzenleyerek birtakım yaşama alanları oluşturmuşlardır. Bu noktada, “içinde yaşanan, insanı doğal çevreden ayıran bir boşluğun ortaya çıkmasıyla mimari var olmaya başlamıştır. ‘Mekân’ olarak adlandırılan bu boşluk, mimariyi diğer yapı eylemlerinden ayırmaktadır.” (Kuban, 1992). Mimarlıkta mekân, “insanı çevreden belirli bir ölçüde ayıran ve içinde eylemlerini sürdürmesine elverişli olan boşluk, boşun”; “insanın insanla, insanın çevreyle ve nesnenin nesne ile uzaklıklarının, aralıklarının ve kısaca insanı saran boşluğun üç boyutlu bir anlatımı” olarak tanımlanmaktadır (Hasol, 1979; Gür, 1996). Bir mekânın varlığını tanımlayan, o mekânın sınırlayıcılarıdır. Gökyüzü, ufuk çizgisi ve yeryüzü gibi elemanlar doğal mekânın ile tavan, duvar ve döşeme gibi insan eliyle üretilmiş yapay elemanlar ise mimari mekânın sınırlarını ortaya koymaktadır. Mimari mekânın en belirleyici özelliği, belli bir alanın tavan, duvar, döşeme gibi fiziksel elemanlarla sınırlandırılıp çevrelenmesidir.

İnsanın, bir mekânı oluşturmasında etkili olan üç temel gereksinim bulunmaktadır. Bu nedenlerinden birincisi, insanın boşlukta hacim kaplayan bir cisim olması ve bir cisim olarak insanın içerisinde bulunabileceği, eylemlerini gerçekleştirebileceği bir hacme gereksinim duymasıdır. İkinci neden, varlığını sürdürebilmek için doğal çevre koşullarından korunma, diğer canlılara karşı kendini savunma ve varlığını güvenceye alma zorunluluğudur. Diğer bir neden ise, yaşamını sürdürmek için gerekli ve yeterli ortam koşullarını sağlama çabası, diğer bir deyişle konfor gereksinimidir. Bu bağlamda, insanoğlu, gelişen ve değişen gereksinimlerine uyum sağlayacak birtakım barınma mekânları oluşturmuştur. Bu mekânlar, tarihsel süreç içerisinde gelişim ve değişim gösterse de, temelindeki barınma gereksinimi hiç değişmemiştir. Gündelik yaşam pratiklerinin gerçekleştiği en temel barınma mekânı

ise konuttur. Konut, insanın barınma gereksinimini karşılayan, dış etmenlere karşı koruyan ve güvenlik içerisinde yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesini sağlayan ilk ve en önemli mimari mekândır. Konutun öncelikli işlevi, insanın barınma gereksinimini karşılamaktır. Ancak insanın fizyolojik gereksinimlerinin yanı sıra bazı psiko-sosyal gereksinimleri de bulunmaktadır. Bu noktada, Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi bağlamında ele alındığında, konut kavramı; sadece en alt düzeyde yer alan temel gereksinimlerin karşılamasının yanı sıra hiyerarşinin her bir düzeyindeki gereksinimleri karşılayabilecek niteliklere sahip, geniş kapsamlı bir mimari mekân olarak tanımlanabilir.

4.2. YAPILI ÇEVRE ÜRÜNÜ OLARAK KONUT

“Konut” kavramı, “bir veya daha çok insanın ikamet ettiği yer, ev, mesken, ikametgâh” anlamlarına gelmektedir (Hasol, 1979). “Konut, bir kişiye, aileye ve sosyal gruba ait, içinde yaşanabilecek yeterli şartları taşıyan bağımsız bir birim” olarak tanımlanabilir (Toprak, 1990). Konut, en genel anlamıyla, insanın en önemli fizyolojik gereksinimlerinden biri olan barınma gereksinimini karşılayan bir araçtır. Yapılı çevrenin bir parçası, mimari bir ürünü olan konut; fiziksel, sosyal, kültürel, siyasal, tarihsel, ekonomik ve teknik boyutlarıyla ele alınması gereken çok yönlü bir olgudur. İlk çağlardan günümüze kadar sürekli değişim ve gelişim göstermiş, bulunduğu yere bağlı olarak çeşitli niteliklere sahip olmuş, üretildiği döneme ait izler barındırmış, sosyolojik, politik, ekonomik, kültürel, iklimsel, topografik, vb. pek çok etmenle birlikte şekillenmiştir. Kısacası konut; yalnızca barınma gereksiniminin karşılandığı bir mekân değil, aynı zamanda psiko-sosyal etkiler göz önünde bulundurularak, insanın her türlü gereksinimine yanıt verecek asgari ölçülerde inşa edilmiş barınma mekânlarıdır. Konutun gelişim süreci, insanın tarihsel gelişimiyle özdeşleşmekte; mimari yaklaşımları da bünyesinde barındırarak günümüz koşullarını kapsayıcı ve yansıtıcı şekilde bu süreç devam etmektedir.

Tarihsel süreçte insanlar, zorlu iklim koşullarından korunmak, diğer canlılara karşı kendini savunmak ve üretim yapmak için zamanın koşulları gereğince değişen barınma gereksinimlerini karşılayan çeşitli mekânlar oluşturmuştur. Göçebelikten yerleşik düzene geçişte, yerleşimin kırsal alanlardan kente doğru kaymasıyla,

doğanın sunduğu barınma imkânları yetersiz kalmış, daha sağlam ve kalıcı mekânlara gereksinim duyulmuştur. Böylece, insanın kendi çabalarıyla inşa ettiği konutlara geçiş yaşanmıştır. Toplumsal gelişimin beraberinde getirdiği yeni yaşam düzeni, değişen üretim biçimi ile yeni gereksinimler ve talepler mimariye yansımıştır. İnsanın barınma gereksinimini karşılayan bir araç olan konut günümüzde, farklı gereksinimlere yanıt veren işlevsel mekânlara dönüşmüş; toplum içerisinde bir statü göstergesi, geleceğe yönelik ekonomik bir güvence, dayanıklı bir tüketim malı ve güvenli bir yatırım aracı olma gibi işlevler kazanmıştır. Zaman içerisinde bu mekânların özellikleri, toplumların sosyal, kültürel, teknolojik gelişimlerine paralel olarak değişim ve gelişim gösterse de değişmeyen tek nokta, insanın “barınma gereksinimi” olmuştur.

Genel olarak konut;

- “Bir barınak olma,
- Üretilen bir mal/meta olma,
- Bir tüketim malı olma,
- Yatırım olarak spekülatif değer artışlarına el koyma,
- Güvence sağlama,
- Toplumsal ilişkilerin yeniden üretilmesinde bir araç olma,
- Kentsel çevrenin oluşturulmasında bir kültürel kurgu olma,
- Toplum içinde bireyi güçlü kılma ve özgüven kazandırma” gibi pek çok farklı işlevi içerisinde barındıran bir olgudur (Tekeli, 1998).

Konut kavramı üzerine yapılmış pek çok farklı tanımlama bulunmakla birlikte en geniş anlamda konut, “tek bir bireyin ya da aile fertlerinin bir arada yaşadığı ve dolayısıyla aralarında ilişkilerin kurulduğu ‘sosyal’; hayatın sürdürülmesi için gereken fonksiyonların gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ‘fiziksel’; bireylerin ve ailelerin toplumu oluşturan önemli yapı taşı olması ve toplumsal ilişkilerin yeniden üretilmesi nedeniyle ‘toplumsal’; kentleşme politikalarının belirlenmesinde

ve uygulanmasında bir temel oluşturmasından dolayı ‘yönetimsel’; bir yatırım aracı olarak kullanılmasından dolayı ‘ekonomik’ bir birimdir.” (Durkaya ve Yamak, 2004).

İnsanlar, yüzyıllardır yaşam alanlarındaki gereksinimlerini karşılamak için çeşitli yapılar inşa etmektedir. Yapı yapma eylemi; zamanla gelişen teknoloji, artan kaynaklar değişen gereksinim ve istekler doğrultusunda karmaşık bir hal almıştır. Başlangıçta, yapının meydana getirilirken basit ve etkili yöntemler uygulanmıştır. Ancak teknolojinin hızlı gelişimi ve bilginin anlık değişimiyle birlikte, yapı üretim sürecinin multidisipliner yaklaşımla yürütülmesi, farklı uzmanlık alanına sahip katılımcıların ve yan sektörlerin katılımı gerekmıştır. Yapı sektörü, pek çok alt ve/veya yan sektörü yakından etkileyen, yeni iş sahaları ve geniş istihdam olanakları yaratan, ekonomik ve sosyal faydalar sağlayan lokomotif bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Sektörün, 200’ün üzerinde alt ve/veya yan sektörle entegre olduğu düşünüldüğünde, yapı sektörü, ekonomik faaliyetlerin yaklaşık %40’ını elinde bulundurarak ekonomiye önemli ölçüde dinamizm kazandırdığı söylenebilir. Yapı sektörünün büyük bir kısmını oluşturan, önemli bir yatırım aracı olarak görülen, pek çok alt ve/veya yan sektörü besleyen ve ekonomiye yön veren alt sektörlerden biri ise, konut sektörüdür. Yapı sektörü içerisinde önemli bir yer tutan konut sektörü; çimento, demir-çelik, tuğla, kiremit, ahşap, seramik, cam gibi sanayi kollarını etkilemesi ve konuta yerleşimle birlikte beyaz eşya, mefruşat, mobilya gibi ürün gruplarının tüketimini artırması nedenleriyle ekonomide tetikleyici güce sahiptir. Konut sektöründe meydana gelebilecek her türlü olumlu veya olumsuz gelişme, diğer tüm sektörleri de tetikleyerek ekonomi üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Nüfus artışı, göç hareketleri, doğal afet riski, yaşam koşullarının ve gereksinimlerin değişimi gibi nedenlerle konut ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Belirli standartlara sahip olan konut ihtiyacı artış göstermekle birlikte, kullanım ömrünü tamamlayan, gereksinimleri karşılamayan ve depreme karşı dayanıklı olmayan konutların yenilenmesine bağlı olarak süreklilik gösteren dinamik bir sektördür.

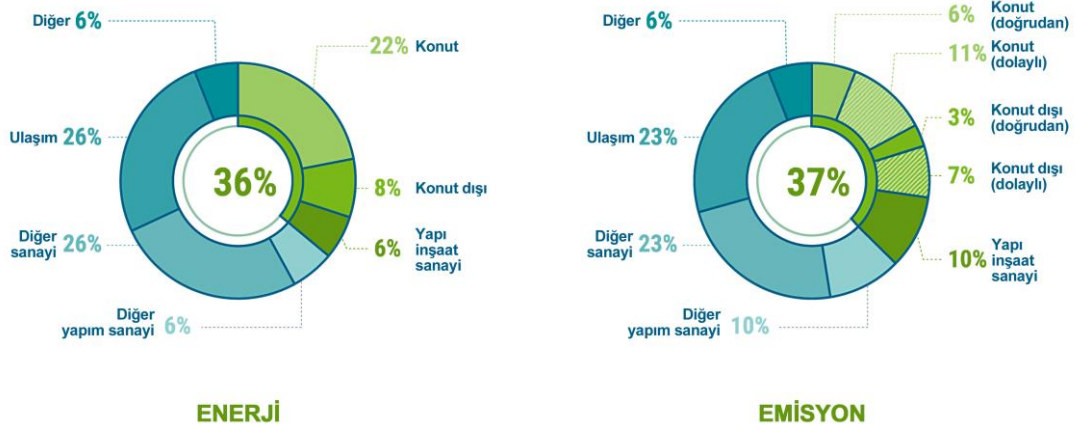
Ekonomik boyutlarıyla ülkenin kalkınmasına önemli ölçüde katkı sağlayan yapı sektörü, aynı zamanda enerjinin ve doğal kaynakların kullanımında önemli paya sahip sektörlerden biridir. Günümüzde; teknolojik ilerleme, nüfus artışı, şehirleşme

ve sanayi gelişimi ile birlikte, temel üretim faktörlerinden³ olan enerji ve doğal kaynaklara talep artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması ve doğal kaynakların hızla tüketilmesine bağlı olarak sera gazı salınımlarının artması sonucunda insan yaşamı, ekonomik büyüme ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olan çevre kirliliği, küresel ısınma, iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar meydana gelmektedir. Ayrıca, ülkelerin gelişmesi ve kalkınmasında stratejik öneme sahip olan enerji ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Enerji tüketimi, ekonomik büyümenin ön şartıdır. Ekonomik büyüme ile birlikte artan refah düzeyi, enerji talebini ciddi oranda artırmaktadır. Enerji tüketimini azaltacak uygulamalar, ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Çevre sağlığı sorunları bakımından itici güç olan enerji kullanımı, tüm sektörlerin üretim süreçlerinin ve tüketim biçimlerinin tekrar gözden geçirilmesine ve sorgulanmasına yöneltilmektedir. Yapı sektörü ise, hızla gelişen sektörlerden biri olup, enerji tüketimi ve doğal kaynakların kullanımı bakımından diğer sektörler arasında önemli bir payı bulunmaktadır. Özellikle konut yapılarının enerji tüketimindeki payı oldukça yüksek seviyededir. Uluslararası Enerji Ajansı⁴ (IEA)'nın 2020 yılı Küresel Durum Raporu'nda; küresel nihai enerji tüketiminin %36'sından ve enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarının %37'sinden yapıların sorumlu olduğu belirtilmiştir (Şekil 4.2). Küresel nihai enerji tüketiminin %22'sinden, enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarının %17'sinden konut yapılarının sorumlu olduğu ifade edilmiştir (IEA, 2021).

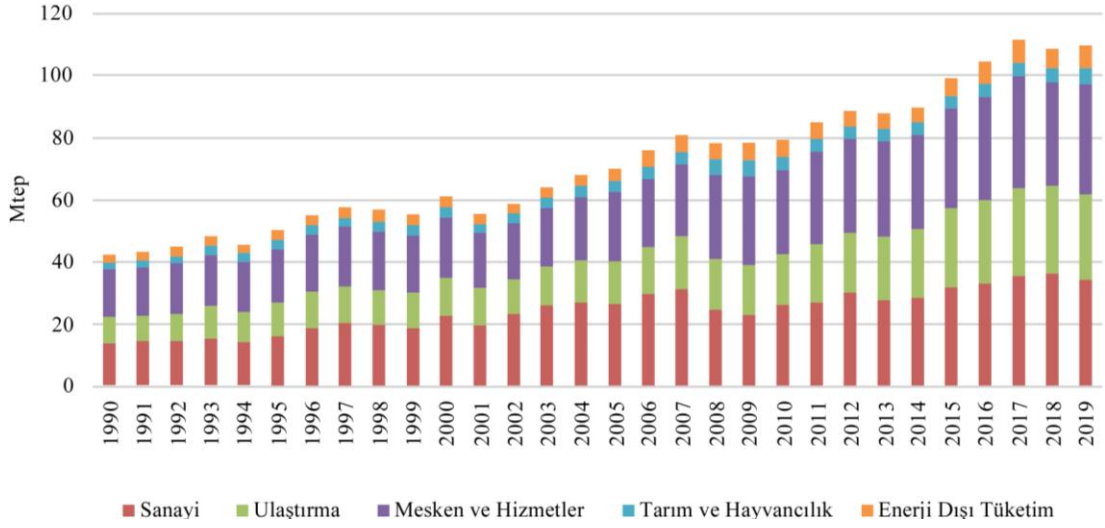
³ Üretim eyleminin gerçekleştirilebilmesi için üretim sisteminin girdilerini oluşturan "üretim faktörleri"nin bir araya getirilmesi gerekmektedir. Geleneksel iktisat teorileri, ekonomik büyümenin doğal kaynaklar olmadan da gerçekleşebileceğini savunmakta; enerjiyi üretim faktörü olarak kabul etmemektedir. Bu görüşte; iş gücü, sermaye ve toprak temel üretim faktörleri olarak ele alınmaktadır. Ancak sabit olan toprak, azalan verime bağlı olarak ekonomiye sınırlama getirmektedir. 1980'li yıllarda ortaya atılan Ekolojik iktisat teorisi ise; üretimin gerçekleştirilebilmesi için enerji ve doğal kaynakların gerekli olduğunu, enerji/doğal kaynakların tükenmesi durumunda ekonomik büyümenin duracağını savunmaktadır. Bu görüşe göre, iş gücü, sermaye ile birlikte enerji/doğal kaynaklar temel üretim faktörlerini oluşturmaktadır.

⁴ Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 1974 yılında, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) çerçevesinde kurulmuştur. Enerji verimliliği, enerji güvenliği, temiz enerji teknolojileri, sera gazı emisyonları, çevresel sürdürülebilirlik konularında çalışmalar yürüten bağımsız bir örgütlenmedir.



Şekil 4.2: Yapıların ve yapı/İNŞAAT SANAYİNİN KÜRESEL NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİ VE CO₂ emisyonlarındaki payı (IEA, 2021).

Türkiye’de, 2019 yılında nihai enerji tüketiminde en fazla payı %32,6 ile konut ve hizmetler sektörü almıştır (Şekil 4.3). Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırma yapıldığında; AB-28 ülkelerinde, 2019 yılında en fazla payı %37,2 ile konut ve hizmetler almıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021). Nüfus hareketleri, yaşam koşullarının ve gereksinimlerin değişimi, doğal afet riski, konut politikaları ve toplu konut üretimi gibi nedenlerle konut sayısı sürekli olarak artmaktadır. Türkiye’deki konut stoku ele alındığında, Resmi Gazete’de yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı’nda belirtilen Ulusal Adres Veri Tabanı (UAVT) verilerine göre, 2020 yılı Eylül ayı sonu itibariyle toplam konut (hane) sayısı 39,1 milyon olarak kaydedilmiştir. (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020). 2021 yılı Eylül ayı sonunda ise toplam konut (hane) sayısı 40,2 milyona ulaşmıştır (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye’deki tüm yapı stokunun %85’lik oranla büyük bir kısmını oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). Bu veriler göz önünde bulundurulduğunda, yapı sektörünün çevre sorunlarına karşı daha fazla sorumluluk alması gerekmektedir.



Şekil 4.3: Yıllar itibariyle sektörlere göre nihai enerji tüketimi (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Çizelge 4.1: Yıllara göre yapı sayıları (DİE, 1968, 1972, 2000; TÜİK, 2011, 2021).

Yıllar	Kullanımda Olan Toplam Bina Sayısı	Konut Türü Bina Sayısı	Konut Türü Bina Sayısının Toplam Bina Sayısına Oranı (%)	Toplam Nüfus	Toplam Nüfusun Konut Türü Bina Sayısına Oranı (%)
1960	1 721 240	1 348 096	78,3	27 506 000	20,4
1965	2 130 635	1 671 263	78,4	31 149 000	18,6
1970	2 820 492	2 365 567	83,9	35 321 000	14,9
1984	4 387 971	3 841 609	87,6	49 070 000	12,8
2000	7 838 675	6 735 813	85,9	64 729 501	9,6
2010	9 811 493	8 339 769	85,0	73 722 988	8,8
2020	11 598 446	9 858 679	85,0	83 614 362	8,5

Enerji tüketimi ve kullanımını kontrol altına almak, verimli bir şekilde yönetmek, dolayısıyla enerji tüketiminin insan yaşamı, ekonomik büyüme ve çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla yapı sektörü içerisinde en yüksek enerji tüketiminin gerçekleştiği konut yapılarına yönelik çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

Ekonomik büyüme, bir yandan üretim seviyesindeki artışı ifade ederken, aynı zamanda da enerji talebindeki artışı göstermektedir. Bu durum, dolaylı olarak çevresel bozulmanın artması anlamına gelmektedir. Yapı sektöründeki gelişmeler ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilese de, tüm yapı faaliyetleri, karbon salınımına neden olan doğal kaynaklar ile sağlanan enerjinin kullanımını artırmakta; dolayısıyla çevresel bozulmaya neden olmaktadır. Bu noktada, tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payın konut yapılarına ait olduğu ve tüketilen enerjinin yaklaşık %30-35'inin konut yapılarında kullanıldığı düşünüldüğünde, enerji tüketimini kontrol altında tutmak için en kolay müdahale edilebilecek sektörün konut sektörü olduğu söylenebilir. Konut yapılarının göstereceği performans; ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre sağlığı parametrelerini doğrudan etkileyeceğinden büyük önem taşımaktadır. Konut yapıları, enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamalar ile günümüzde büyük önem kazanan yenilenebilir enerji ile ilgili stratejiler göz önünde bulundurularak tasarlanması gerekmektedir. Enerji ve doğal kaynakların çevreye duyarlı ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi, enerjinin üretiminden tüketime kadar olan tüm aşamalarda verimliliğin artırılması yaklaşımlarının konut yapılarına yansıtılması önemli hale gelmektedir.

Yapılar, yaşam döngülerinin her aşamasında, farklı seviyelerde enerji tüketmektedir. Bu tüketimin büyük bir bölümünü ise, yapı malzemeleri oluşturmaktadır. Bir yapının yaşam döngüsü süresince enerji kullanımının yaklaşık %20'si yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır (Adalberth, 1997, akt. Tıkansak, 2013). Bu oran, yapıda kullanılan malzemelerin enerji verimliliği özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, malzemelerin, yapı yaşam döngüsü boyunca tükettikleri enerji miktarı; yapının enerji verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir unsur haline gelmektedir. Malzemelerin sahip olduğu enerji verimliliği ve çevreye duyarlılık özellikleri, hem çevre hem de ekonomi bakımından önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, bu türden malzemelerin kullanımı, daha az karbon salınımına neden olacağından yapı malzemelerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkiler de en aza indirgenebilecektir. Bu bağlamda, tasarım aşamasında uygun malzeme seçiminde, birçok ölçütle birlikte enerji özelliklerinin de göz önünde bulundurulması çevre açısından oldukça önemlidir (Yüksek, 2015).

4.3. YAPI ÜRETİM SÜRECİ

“Yapı” kavramı, Türk Dil Kurumu’nun tanımına göre (2022), “barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık eseri” şeklinde tanımlanmaktadır. Yapı; “karada veya suda, bayındırlık veya iskân ereğiyle kurulan köprü, yol, tünel, baraj, bina gibi tesisler ile bunların yeraltı ve yerüstü inşaatı” olarak da ele alınmaktadır (Hasol, 2012). Yapı eylemi, “istenen herhangi bir amaca uygun bir biçimi ve bu biçimi ayakta tutacak strüktürü, amaca uygun bir malzeme ile yapım tekniğinin olanakları içinde gerçekleştirmektir.” (Kuban, 1992).

Yapı üretimi ise; genel olarak, “belirli kaynaklarla belirli bir zaman içerisinde tamamlanması gereken ve tekrarlanmayan özel faaliyetler topluluğu olarak tanımlanmaktadır. Yapı üretimi, belirli mühendislik uygulamaları gerektiren, belirli tüketici gereksinimini ya da kullanıcı talebini karşılamak amacıyla üstlenilen ve bina ya da yol, köprü, baraj, liman gibi yapıları konu alan etkinliklerdir.” (Kaya, 1999). Yapı üretiminin temel amacı; insanların sosyal, kültürel vb. faaliyetlerde bulunabilecekleri fiziki ortamı yaratmaktır. Bu amaca ulaşma noktasında, organizasyonun ve içerisinde bulunan çevrenin sosyolojik, ekonomik, politik ve teknolojik imkânlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Yapı üretimi, insanın temel yaşamsal gereksinimleri karşılamak amacıyla yaptığı en eski üretim faaliyetleri arasında yer almaktadır. Yapı ve yapılı çevre, insanların sosyal, kültürel, tarihsel, ideolojik ve ekonomik değerlerini yansıttığının yanı sıra, gelişmişlik düzeyini de göstermektedir. Yapı üretimi, çok yönlü faaliyetlerin belirli bir düzen içerisinde yürütülmesini içermektedir. Bir yapıya gereksinim duyulmasıyla başlayıp, inşaatın gerçekleştirileceği alanın doğru seçimi, mimari tasarım ve proje, malzeme seçimi, nitelikli teknik elemanların yapı üretimine katılması, yapının uygulanması, kullanıcı tarafından kullanılıp ömrünü tamamladığında yıkılmasına kadar uzanan bir süreci kapsamaktadır. Bu sürecin içerisine doğrudan dâhil olan taraflar bulunduğu gibi; sürece dolaylı yolla katılan ancak süreci önemli ölçüde etkileyen ve yapı üretiminin çevresini oluşturan pek çok taraf da yer almaktadır. Yapı üretim sürecinin farklı basamaklarında, girişimci, tasarımcı, yüklenici, proje yöneticisi, yapı malzemesi tedarikçileri ve kullanıcının

yanı sıra çeşitli kurum ve kuruluşlar rol oynamaktadır. Yapı üretim sürecinin çeşitli aşamalarına doğrudan veya dolaylı olarak yer alan belediyeler de önemli aktörlerdendir.

Yapı üretim süreci; gereksinim duyulan bir yapının gerçekleştirilebilmesi için yürütülen her türlü eylem ve işlemleri kapsayan süreçtir. Daha geniş tanımlamayla, “belirli bir amaca hizmet etmek için bir araya getirilmiş kaynakların, içerisinde birbirinden farklı birçok alt amaç ve eylem barındıran bir süreci takip ederek, planlanan yapıyı elde etmek için, temin ve kullanılış yöntemlerini içeren ve sonuçta elde edilen ürün olan yapının meydana getirilmesi amacını gerçekleştiren bir sistemdir.” (Karabulut, 2007).

Yapı üretim süreci, bir yapıya duyulan gereksinimin saptanmasıyla başlamaktadır. Bu süreç kapsamında malzeme, işgücü, enerji, enformasyon, çevresel koşullar, finansman, yasa, yönetmelik, teknik ve idari şartnameler gibi pek çok girdi birkaç basamaktan meydana gelen bir sistemden geçip fiziksel bir çıktı olarak yapıya dönüştürülmektedir. Diğer bir deyişle, yapı üretim süreci; yapının girişimci/mal sahibi/kullanıcıya teslim edilene kadar geçen zaman içerisinde gerçekleştirilen tüm faaliyetleri içeren bir ürün geliştirme süreci olarak tanımlanabilir. Her yapı üretim sürecine ait birtakım temel bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenler:

- “*Girdiler (Kaynaklar)*: Sistemin çevreden aldığı süreç ve kendi içinde yararlandığı faktörlerdir. Girdiyi sistemin işlemesi için gerekli olan ve enerji sağlayan bileşen olarak tanımlamak gerekir. Fiziksel kaynaklar, enformasyon, işgücü ve finansman yapı üretim sürecinin girdilerini oluşturmaktadır.
- *Çıktılar (Ürün)*: Üretimin yapılması amacı olan ve üretim sonucunda elde edilen ürün, organizasyonun çıktısı olarak adlandırılır. Yapı üretiminin çıktıları binalar, bina bileşenleri ve bu binaların oluşturduğu yapma çevredir.
- *Süreç*: Sistemin fonksiyonu yerine getirebilmesi amacıyla girdileri; istenen çıktılar haline dönüştürecek eylemleri ve işlemleri kapsamaktadır.
- *Sınırlamalar*: Her sistem belirli sınırlar içinde fonksiyonunu devam ettirir. Bu sınırlar, hedef ve sorumluluk olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Hedef,

varılmak istenen sonuç veya amaç olarak tanımlanabilir. Zorunluluk ise, hedefi sınırlayan ve ona anlam kazandıracak boyutlar ekleyen bir kavramdır.

- *Geri Bildirim ve Kontrol:* Çıktıların yani süreç sonunda elde edilen ürünlerin hedeflenen ölçütlerle karşılaştırılması ve bazı durumlarda geri bildirimlerin sağlanmasıdır.” (Sey vd., 1987).

Yapı üretim sürecinin temel özellikleri ise şu şekilde tanımlanabilir (Kaya, 1999):

- “Açık, tanımlanmış, belli bir amacı vardır.
- Belirli bir başlangıç ve bitiş noktaları vardır. Amaçlarının elde edildiği kesin bir son noktası bulunmaktadır.
- Kendine özgü, tek ve tekrarlanmayan niteliktedir.
- Belirli bir ürünü ortaya çıkarmak için zaman ve parasal kaynaklar kullanılarak yürütülen karmaşık bir çabadır. Birbirini izleyen ve paralel giden faaliyetlerden oluşan bir süreçtir.
- Çeşitli örgütsel yapıların kurulmasını ve değişik fonksiyonel ilişkilerin geliştirilmesini gerektirir.”

4.4. YAPI ÜRETİM SÜRECİNİN AŞAMALARI

“İnsanın içerisinde çeşitli eylemleri gerçekleştirebileceği bir yapıya gereksinim duyması ile yapı üretim süreci başlamaktadır. Yapı üretim süreci, yapı üretme düşüncesinin ortaya atılmasından, yapının tamamlanmasına, daha sonra yapı işlevini yitirdiğinde veya ömrünü tamamladığında ortadan kaldırılmasına kadar geçen süreçte yürütülen tüm eylemleri, işlemleri ve bunların arasındaki ilişkileri kapsamaktadır.” (Yaman, 2009). Yapı üretim süreci; belirli bir hedefe hizmet edecek yapıyı çevrenin oluşturulabilmesi için gerekli olan girdileri (kaynakları), üretimi hedeflenen yapının elde edilmesinde söz konusu girdilerin kullanım şeklini, süreç içerisinde yürütülen eylemler ve gerçekleştirilen işlemler ile sürecin sonucunda elde edilen ürünü içermektedir.

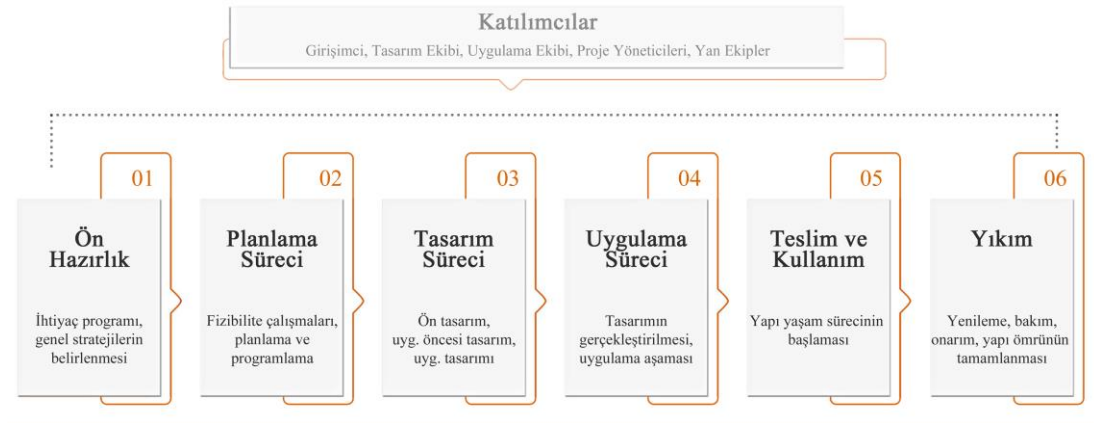
Mimarlık tarihine bakıldığında yapı üretim süreci, günümüzde de olduğu gibi ilk olarak mimari bir yapıya gereksinimin duyulmasıyla başlamaktadır. İlk çağlarda bu gereksinim, öncelikle işlevsel açıdan önem taşımaktadır. Hedef, barınma ve hayatta kalma gereksinimlerinin karşılanmasıdır. İlk yerleşmelerde, yapı üretimi insanların kendi çabalarıyla gerçekleşmektedir. Üretimde yer alan aktör tektir. İhtiyaç sahibi ile ihtiyacın karşılanması hedefiyle yapı üretim faaliyetini gerçekleştiren kişi aynıdır.

Ekonomik, sosyal, politik, ideolojik ve teknolojik dinamiklerde hızlı değişimlerin yaşandığı günümüz koşullarında ise, yenilenen malzeme üretimi ve gelişen yapı teknolojisi ile yapı tasarımı ve uygulaması giderek karmaşık bir hal almıştır. Sürecin sistematik bir şekilde ilerlemesi, denetlenmesi, koordinasyonun sağlanması ve uygulanması olanaksızlaşmıştır. Bu karmaşıklık, iç mekân tasarımı, aydınlatma, akustik, estetik gibi pek çok konuda uzmanlaşmayı gerektirmiştir. Yapı üretim sürecinde karmaşıklığın ve sürece dâhil olan girdilerin artması, yanlış stratejiler, bilgi eksikliği gibi nedenler, sürece farklı disiplinlerden uzman kişilerin katılımını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenlerle, sağlıklı bir mimari ürünün ortaya konulabilmesi için, tasarım, teknik ve uygulama aşamalarının her birinin ayrı olarak yürütülmesi zorunluluk haline gelmiştir.

Sistematik bir şekilde yürütülen kapsamlı bir yapı üretim sürecinde yer alan aşamalar;

- Ön hazırlık aşaması,
- Planlama aşaması,
- Tasarım aşaması,
- Uygulama aşaması,
- Kullanım aşaması,
- Yıkım aşaması

olarak sıralanmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Yapı üretim süreci.

4.4.1. Ön Hazırlık Aşaması

“Ön hazırlık aşaması, ihtiyacın doğduğu ve buna bağlı olarak organizasyon, finansal, denetimsel planlama aşamalarını içerir. Bu aşama, problemin tanımlanarak amacın ortaya konduğu aşamadır. Bir anlamda projenin genel çerçevesi de bu aşamada çizilir.” (Harputlugil, 2012).

4.4.2. Planlama Aşaması

“Planlama aşaması, ihtiyaç programının belirlenmesini kapsar. Bu süreç projenin teknik olarak tanımlanmasıdır. Genel strateji belirlenerek ortaya konulur. Bu evre organik bir örgüt yapısına sahiptir.” (Harputlugil, 2012). Bu aşama; fizibilite, planlama ve programlama olmak üzere 3 alt aşamadan oluşmaktadır.

- *Fizibilite Aşaması:* “Fiziksel kaynaklar olan işgücü, malzeme ve ekipman kaynakları dışında, finansman kaynağının etken olduğu bir başlangıç aşamasıdır. Bu süreçte, üretimi üstlenecek inşaat firması, çevre ve arsa değerlendirmesinin yanında öz sermaye değerlendirmesini de yapmaktadır. Yapının yapılacağı arsa, yapımda kullanılması ve elde edilecek bir kârın olması sebebiyle kaynak olarak kabul edilecek olunursa, arsanın yatırım ve ihtiyaca cevap verebilme anlamında verim elde edilebilecek bir bölge ya da konumda olup olmadığının kritik edilmesi eylemini de içermektedir. Yapının yer alacağı bölge ve arsa için izin verilen yapılaşma oranının tespitiyle

beraber yapılabilecek maksimum inşaat alanı tespit edilmiş olacaktır. İlk maliyet tahmini bu süreçte yapılmaktadır. Bayındırlık Bakanlığı'nın tespit ettiği ve üst yönetimin önceki tecrübelerine dayanılarak, kullanılan birim metrekareye göre maliyet tahmini yapılabilmektedir. Yapıdan elde edilecek toplam para miktarıyla karşılaştırılması sonucu elde edilecek kârın, istenilen oranda olup olmamasına göre bu süreçte yapının yapılması ya da yapılmaması yönünde ilk karar verilmiş olacaktır.” (Karabulut, 2007).

- *Planlama Aşaması:* “Amaçlar belirlendikten sonra; çevre kısıtlamaları, hükümet yasaları ve yönetmelikler doğrultusunda ihtiyacın şekillenmesini sağlayacak organizasyon yapının oluşturulduğu aşamadır. Maliyete yönelik tahminler ön tasarım aşamasından gelen veriler doğrultusunda şekillenen ön programla daha büyük bir kesinlik kazanacaktır. Gerekli olan işgücü, araç – ekipman ve malzemenin nereden ve ne şekilde temin edileceği, zemin etüdü sonuçlarına ve getireceği maliyete göre yapının taşıyıcı strüktürünü oluşturacak bileşenler de yine bu süreçte kararlaştırılmaktadır. Ancak planlama sürecini hemen projenin başlangıcında tamamlamak söz konusu olmamaktadır. Gerek tasarım sürecinden elde edilen bilgiler, gerekse uygulama sürecinde ortaya çıkan problemler nedeniyle sürekli geri beslemelerle planlama eylemi gerçekleştirilir.” (Karabulut, 2007).
- *Programlama Aşaması:* “Uygulama projesi üzerinden belirlenmiş malzemelerin detay projelerine göre gerekli şartnamelerin hazırlandığı, organizasyon elemanları arasında koordinasyonun planlandığı, üretim için gerekli malzeme, işgücü, araç ve ekipman kullanımının sıra ve miktarının belirlendiği iş programının hazırlandığı aşamadır. Programlamada yapılacak işlerin ana üretim parçalarına bölünmesi (WBS) baz alınarak, işler daha detaylı, günlük hatta bazı özel üretimlerde saatlik olarak planlanır. Maliyetin kesinleştiği bu süreç, uygulama projesi üzerinden yapıldığından; çıkan maliyetin planlanan bütçeyi aşması durumunda kaliteden ödün vermeksizin özellikle malzemelerde sadeleşmeye gidilebilmektedir. Bu aşamada yapılan bir diğer işlem ise; bir tarafta iş programı ve maliyet hesapları tamamlanırken,

diğer taraftan uygulamaya yönelik yasal izinlerin alınmasına süreçlerini kapsayan bürokratik işlemlerdir.” (Karabulut, 2007).

4.4.3. Tasarım Aşaması

“Planlama sürecinden elde edilen kararlar ve ihtiyaç programı çerçevesinde yapının form özelliklerinin, fonksiyonel bağlantılarının ve yapının bütününe ait strüktürel, mekanik ve teknik yapısının tasarlanması sürecidir.” (Karabulut, 2007). Tasarım aşaması, kendi içerisinde ön tasarım, kesin tasarım ve uygulama projesi aşamalarından oluşmaktadır.

“Ön tasarım aşamasında, tasarım ekibi alternatif çözümler, malzemeler ve sistemlerden oluşan alternatif avan projeler hazırlamaktadır. İşlev, maliyet, süre ve kalite açısından yapılabilirliği mümkün olan en uygun alternatifin geliştirilmesine işveren -uygulama ekibi yardımıyla- karar vermektedir. Ancak kesin tasarım aşamasında, alternatifler değerlendirilirken tasarımın verilerini oluşturan planlama aşamasına birçok kez geri bildirimler yapılabilmektedir. Sürecin son adımı olarak, uygulanmasına karar verilen alternatif projenin üretimine ait ana bileşenlerin ve detay çözümlerinin belirlenmesiyle uygulama ve detay projeleri çizilerek uygulama aşaması için bir ön hazırlık yapılmaktadır.” (Kuzey, 2008).

4.4.4. Uygulama Aşaması

Yapım aşaması, mimari ürünün fiziksel olarak gerçekleştirildiği aşamadır. “Yapım aşaması, ortaya konan tasarım önerilerinin inşa edilmesidir. Bu süreç kaynakların belirlenen hedefler doğrultusunda yapıyı oluşturmasıdır. Bu aşamada temel amaç, en uygun ve verimli biçimde tasarlanan yapıyı gerçekleştirmektir. Yapım aşamasında tasarım aşamasına geri dönerek değişiklik, iyileştirme ve geliştirmeler de yapılabilir.” (Harputlugil, 2012). “İnşaat proje sisteminde yapım işleri esas olarak hammadde, mamul ya da yarı mamul bileşen, makine, işgücü, enformasyon gibi çeşitli biçimlerdeki kaynak girdilerinin, sürecin çıktısı olan mimari ürüne dönüştürülmesi faaliyetlerini içermektedir.” (Mutluay, 2005). “Yapının gerçekleştirilmesi ile ilgili işlerin başlaması genelde yetki, sorumluluk ayırımına dayanan bir ön hazırlık ve örgütlenme süresini gerekli kılar.

- Finansman sağlanması,
- Yapı izninin alınması,
- Yapı alanının hazırlanması, çevrelenmesi, donatılması, şantiye binalarının yapımı, güvenliğe alınması,
- Gerçekleştirmeyi üstlenecek ekibin oluşturulması (mimari ve teknik kontrol),

ön hazırlık süresi kapsamında yer alan eylemlerdir. Yapının önemine, büyüklüğüne, sahibinin kimliğine ve statüsüne bağlı olarak gerçekleştirme yöntemleri açısından çeşitlendirmeler göstermektedir.” (İzgi, 1999).

4.4.5. Kullanım Aşaması

“Kullanım aşaması, yapının gerekli deneme ve testlerden sonra hizmete girdiği ve kullanıldığı dönemdir. Bu dönem, bundan önceki tüm aşamaların birikimlerinin toplamıdır. Mimari tasarımı diğer tasarım ana başlıklarından ayıran belki de en önemli unsur, üretilen yapıyla yaşam sürecinin başlamasıdır.” (Harputlugil, 2012).

4.4.6. Yıkım Aşaması

“Yapının kullanım sürecinde ihtiyaçlara cevap verememesi, zamanla farklı ihtiyaçların doğması, yapılan fonksiyonel değişikliklerin yeterli gelememesi, yapının strüktürel ve mekanik özelliklerinin zayıflamasıyla ve kullanılan malzemeler yönünden ömrünü tamamlamış olması, yapının yıkılması yönünde karar alınmasına sebep olacaktır. Bu aşama bir başka yapının üretim sürecinin başlangıcı da olabilmektedir. Günümüzde geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik kavramı bağlamında geri dönüşümlü malzemelerden yapılan binaların malzemelerinin dönüştürülmeleri de söz konusu olmaktadır.” (Karabulut, 2007).

Yapı üretim süreci, dinamik bir yapıya sahiptir. Bir aşamada elde edilen veriler (çıktılar), sonraki aşamanın girdilerini oluşturmaktadır. Her bir çıktının bir sonraki aşamaya girdi vermesinin yanı sıra, geri beslemeler ile ortaya çıkan problemlerin çözülmesi için bir önceki aşamaya geri dönüş yapılarak tüm aşamaların sağlıklı bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır.

İlk çağlarda, yapı üretimi insanların kendi çabalarıyla gerçekleşmekte; sonraki dönemlerde, genellikle yalnızca müşteri-mimar ilişkisi bulunmaktaydı. Yapının hem tasarım hem de uygulama aşamaları mimar tarafından yapılmaktaydı. Günümüzde ise, yapı üretim sürecine dâhil olan girdilerin artması ve iş kalemlerinin çeşitlenmesi sürecin tek elden yürütülmesi güçleşmiştir. Bu durum, yapı üretiminde disiplinlerarası ortak çalışmayı zorunlu hale getirmiştir. Bir yapının üretim sürecinde gereken bazı hizmetler, farklı disiplinlerden konunun uzmanı olan kişilerin katılımıyla gerçekleşmektedir. Başarılı bir mimari ürünün ortaya konulması, sağlıklı iletişimin kurulduğu ve güçlü koordinasyonun sağlandığı ekip çalışmasına bağlıdır. Buna göre, sağlıklı bir yapı üretim sürecine dâhil olan temel katılımcıları şöyledir:

- *Girişimci (İşveren/Mal sahibi/Yatırımcı/Kullanıcı):* “Yapı üretimin çeşitli kademelerinde görev alan grupların en önemlilerinden biri ‘girişimciler’dir. Yapı sektöründe, girişimciler üretimi ya da ürünü talep eden kişi ya da kuruluşlar durumunda veya mevcut talebi karşılamak üzere oluşturulmuş bir yapıdadır.” (Güler ve Coşgun, 2011).
- *Tasarım Ekibi:* “Yapı projelerinin elde edilmesi için faaliyet gösteren ve uygulama sırasında yönetici ve karar verici mimar, inşaat mühendisi, şehir plancısı, peyzaj mimarı, jeoloji, makine ve elektrik mühendisleri gibi profesyonellerdir. Mimarlar geleneksel olarak mal sahibinin başlıca temsilcileridir. Mimar, mal sahibinin belirlediği gereksinimler doğrultusunda kullanıcılar ile tanışıp toplantılar yapan ve proje bütçesi ile süresinin belirlenmesine yardımcı olan teknik elemandır.” (Güler ve Coşgun, 2011).
- *Uygulama Ekibi (Yapımcı/Yüklenici):* “Yüklenici firmalar, yapım projesinin tamamının veya özel bölümlerinin yapımını sözleşme karşılığında üstlenmektedir. Söz konusu yapım firmaları, belirli bir yapım işini, belirli bir proje, plan ve şartnameler uyarınca yüklenirler. İlgili şartnameye, genel tekniğe, imar ve yapı denetim yasalarına uygun bir biçimde yapıyı üreterek, belli bir sürede işverenin beğenerek, kabul edip teslim alacağı karşılığında da belli bir ücret alan işletmelerdir.” (Güler ve Coşgun, 2011).

- *Proje Yöneticileri:* “Süreçte yer alan genellikle nitelikli, projede karar verici, yönlendirici ve koordinasyonu üstlenen teknik elemanlardır. Teknik ve idari kararlar, ödemeler, işveren (girişimci) ile olan ilişkiler proje yöneticileri tarafından yürütülür.” (Güler ve Coşgun, 2011).
- *Yan Ekipler:* Müşavirlik, malzeme ve ekipman tedarikçileri, denetleyici kurum ve kuruluşlar da yapı üretim sürecine katılan diğer aktörlerdir.

4.5. YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE MALZEME

Yapı kavramı, özünde birçok farklı ifade ve anlam taşımasına rağmen yalnızca mimari açıdan ele alındığında, “barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık eseri” olarak tanımlanabilir (TDK, 2022). Bir yapının inşa edilmesindeki temel amaç, kullanıcının gereksinimlerini karşılayabilen güvenli, konforlu ve işlevsel yaşam alanı sunmaktır. Yapılar; çeşitli bileşen, eleman ve malzemelerin belirli amaçlar dâhilinde bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Yapının bileşenlerinden yapı malzemeleri, “bir tasarımın bünyesine giren, o tasarımın oluşum ve kullanma süreci içindeki biçimlenişini sağlayan ve tasarımı kullanan insanın sağlık ve konforunu düzenleyen her türlü işlenmemiş, yarı işlenmiş veya tam işlenmiş maddelerdir.” (Üstün vd., 2018). Kısaca, yapı malzemeleri, bir yapının inşa edilmesinde kullanılan her türlü malzeme olarak ifade edilebilir.

Mimarlık tarihine bakıldığında, sosyo-kültürel faktörler kadar fiziksel faktörlerin de, mimari üzerinde dönüştürücü etkisinin olduğu görülmektedir. Bu fiziksel faktörlerin en önemlilerinden biri yapı malzemeleridir. İnsanlığın gelişimiyle doğru orantılı olarak, kullanılan yapı malzemeleri de tarihsel süreç boyunca önemli değişimler geçirmiştir. Bu değişimlerle birlikte yapım yöntemleri ve estetik anlayışı da değişmiştir. Günümüzdeki modern uygarlık seviyesinde, ileri ve çeşitli özelliklere sahip olan yapı malzemelerinin üretimi kolay olmamıştır. Tarih öncesi dönemlerden günümüze dek uzanan teknik ve bilimsel çabalar ile yüzyıllar boyunca süren denemeler neticesinde yapı malzemeleri nitelik ve nicelik açılarından zenginleşmiştir.

Malzemeler, insanlık tarihinde her zaman önemli bir yere sahip olmuş ve tarih öncesi çağların birçoğu o devirde kullanılan ve geliştirilen malzemelerle

anılmıştır. (Taş Devri, Bakır Devri, vs.) İlk çağlarda mimari; ahşap, taş ve kerpiç gibi doğal malzemelerin kullanımıyla şekillenmiştir. Neolitik Çağ'da, barınak yapımında kullanmak için güneşte kurutulmuş dikdörtgen formda tuğlalar üretilmiştir. Pişirme işlemiyle özellikleri tamamen değişerek çevre koşullarına karşı daha dayanıklı hale getirilen tuğlalar, ilk olarak M.Ö. 3000'li yıllarda Mezopotamya çevresinde kullanılmıştır. Sonraki dönemlerde, doğal taş ile birlikte yığma yapım sisteminde en çok kullanılan malzemelerinden biri olmuştur.

Aydınlanma Çağı'ndan sonra fizik ve kimya disiplinlerinde bilgi birikiminin artması ve Sanayi Devrimi ile birlikte üretim teknolojilerinin hızla gelişmesi, malzemeye yeni bir boyut kazandırmıştır. 20. yüzyılda ise, fizik ve kimya disiplinlerinin daha da ilerlemesiyle, endüstriyel faaliyetler artmış; bu durum, malzeme biliminin gelişimine önemli ölçüde etki etmiştir. Böylece, malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri geliştirilerek istenen nitelikte malzemenin üretimine başlanmıştır. Bu dönüşüm ile ortaya çıkan betonarme, çelik, cam gibi yeni malzemeler ve bu malzemelerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve estetik özellikleri, mimariye yeni bakış açıları getirmiştir. Mimarlık alanında yapı malzemeleri, Sanayi Devrimi'ne kadar oldukça yavaş bir gelişim süreci geçirmiş; 20.yüzyılda ise, artan bir hızla önemli değişimler yaşamıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte, yeni yapı malzemelerinin üretimi artmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Betonarme, çelik, cam gibi yeni yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik kapasitelerinin gelişimiyle birlikte, yapı tasarımı köklü bir değişime uğramıştır. Böylece, yapı sektörü 20.yüzyılın en hızlı büyüyen sektörlerinden birisi olmuştur. 21.yüzyılda ise, hızla gelişen bilim ve teknolojiyle birlikte yapı malzemelerindeki çeşitliliğin arttığı, mimarlıkta sınırların kalktığı ve mimarlık anlayışında değişimlerin başladığı bir döneme girilmiştir.

4.6. YAPI MALZEMELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bir yapı, çeşitli bileşen, eleman ve malzemelerin belirli amaçlar dâhilinde bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Yapılar, kullanım ömürleri süresince sıcaklık, nem, hava hareketleri gibi hem iç hem de dış ortamdaki pek çok etkene maruz kalmaktadır. Kullanıcının temel gereksinimlerine uygun konfor şartlarını sağlayacak şekilde oluşturulan yapıların aynı zamanda, her türlü koşul ve etken karşısında yüksek performans göstermeleri gerekmektedir. Dolayısıyla, yapının genelinden beklenen performansı olumlu yönde etkileyecek yapı malzemelerinin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapı malzemeleri; fiziksel, kimyasal ve mekanik vb. özelliklere sahip, mimarlık ürün ve sistemlerinin üretiminde kullanılan katılar olarak tanımlanabilir.

4.6.1. Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri

Yapılardan beklenen bazı işlevler, doğrudan malzemenin fiziksel özellikleri ile ilişkili olduğundan bu özelliklerin bilinmesi oldukça önemlidir. Örneğin, su depolanan bir yapıdaki sızdırmazlık koşulunun sağlanabilmesi için malzemenin fiziksel özellikleriyle ilgilidir. Yapıyı nemin etkilerinden koruyabilmek için kapilarite katsayısı düşük olan malzemeler kullanılmalıdır. Ayrıca, malzemelerin fiziksel özellikleri ve mekanik özellikleri de birbirleriyle ilişkilidir. Dolayısıyla, yapı malzemelerinin sahip olduğu fiziksel özellikler geliştirilerek mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilir.

“Yapı malzemelerinin en önemli fiziksel özellikleri; birim ağırlık, yoğunluk, özgül ağırlık, porozite, kompasite, su emme ve doyma derecesi, su geçirimsizliği ve kapilarite özelliğidir. Malzemelerin büyük bir kısmında gözle görülebilen veya görülemeyen büyüklüklerde boşluklar bulunur. Malzemede bulunan boşluklar, malzemenin tüm fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Malzemenin boşluklarını da içeren birim hacim ağırlığı birim ağırlık olarak adlandırılır. Yoğunluk, malzeme ağırlığının boşluklar çıktıktan sonraki katı kısmının hacmine olan oranıdır. Özgül ağırlık, malzeme yoğunluğunun, aynı hacimdeki suyun +4°C’deki suyun yoğunluğuna oranı olup, birimsiz bir değerdir.” (Olgun, 2013).

“Porozite diğer bir ifadeyle boşluk oranı, boşluklu bir malzemede boşluk hacminin tüm hacme olan oranıdır. Kompasite diğer bir deyişle doluluk oranı ise,

boşluklu bir malzemede dolu hacmin tüm hacme olan oranıdır. Porozite ve kompazite değerleri, yapı malzemelerinin çeşitli mekanik ve fiziksel özelliklerini etkiler. Kompazite değerinin yüksek olması, malzemenin birim ağırlığını yükseltir. Dolayısıyla yapı malzemesinin mukavemet değeri ile ısı ve ses iletkenliği artar.” (Olgun, 2013).

“Boşluklu malzemeler su içerisinde kalırsa veya su ile temasa geçince boşlukları su ile dolar. Malzemelerin fazla miktarda su emmesi istenmez. Bunun nedeni, malzemelerin çeşitli özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Nitekim donma ve çözülme olayı malzemelerde önemli zararlara yol açar. Su emme oranını belirlemek için öncelikle malzemenin kuru ağırlığı belirlenir. Daha sonra aynı malzeme su içerisinde ağırlığı sabit bir değere gelinceye yani tüm boşlukları su ile doluncaya kadar bekletilir ve tekrar tartılır. Elde edilen sonuçlara göre su emme oranları ağırlık ve hacim olarak hesaplanır. Doyma derecesi ise, malzemenin boşluklarının hangi oranda su ile doyabileceğini gösteren değerdir. Doyma derecesi, malzemenin hacim olarak su emme yüzdesinin, porozite değerine oranıdır. Malzemelerin doyma derecesi, donmaya karşı dayanıklılığının da göstergesidir.” (Olgun, 2013).

“Malzemenin su geçirimsizliği porozitesi ile ilgilidir. Su geçirimsizliği, malzemenin basınç farkı nedeniyle suyu bir taraftan diğer tarafa geçirme yeteneğidir. Bu özellik geçirimsizlik katsayısı ile tanımlanır ve belirli koşullarda birim alandan birim zamanda geçen su miktarını ifade eder. Malzemelerde su geçirimsizliğinin diğer bir şekli de kapilar yolla gerçekleşir. Basınç olmadan, doğal koşullarda malzemenin bir yüzeyinin su ile temas etmesi sonucunda malzemedeki kılcal boşluklar suyu yüzey gerilimi nedeniyle diğer yüzeye doğru çeker. Bu olaya kapilarite adı verilir. Bu olay, yapıların zemin döşemeleri ve temellerde büyük önem taşır.” (Olgun, 2013).

Ayrıca yapı malzemelerinin ses geçirimsizliği, ses yutma, ses yansıtma gibi özellikleri akustik özelliklerindedir. Malzemenin şeffaflığı, ışığı yansıtması gibi özellikleri optik özelliklerindedir. Malzemelerin çevresel performansı, ekonomik ve estetik olması gibi özellikler ise dışsal özellikleri arasındadır. Tüm bu özelliklerin de olması yapı malzemesinin fiziksel özelliklerinden beklenmektedir.

4.6.2. Yapı Malzemelerinin Kimyasal Özellikleri

“Malzemelerin kimyasal özellikleri, malzemeyi oluşturan atomların cinsi, bağlanma şekilleri, kristal yapıları, malzeme üretiminde uygulanan kimyasal işlemler ile malzemenin kullanıldığı ortam koşullarının etkilerinden oluşur. Malzemeyi oluşturan atomlar arasında belirli uzaklık vardır. Malzemeler atomların ya da moleküllerin dizilişine göre üç grupta toplanabilir. Bunlar; amorf yapılar, moleküler yapılar ve kristal yapılardır. Malzemelerin kimyasal bileşimi, mekanik özellikleri ile ilişkilidir. Örneğin, çeliklerde karbon oranının artması veya azalması, çeliğin sertliğini ve mekanik özelliklerini etkiler. Karbon oranı arttıkça çekme dayanımı ve sertlik artar, deformasyon kabiliyeti ise azalır. Malzemenin bulunduğu ortamın özellikleri de malzemenin ayrışmasına ve bozulmasına, korozyon ile zarar görmelerine neden olabilir.” (Olgun, 2013).

Yapı malzemelerinin en önemli kimyasal özellikleri; korozyon, kohezyon, adezyon, radyasyon ve yangın direnci özelliğidir. Korozyon, malzemenin kimyasal özellikleri ve içerisinde bulunduğu ortamın etkisiyle zamanla ortaya çıkan tahribattır. Malzemenin yüzeyinde aşınmaya, incelmeye, lekeler ve çukurlara neden olur. Malzemenin yüzeyinde veya içerisinde oluşabileceği gibi, yüzeyinden başlayıp içerisine kadar ilerleyerek de gerçekleşebilir. Kohezyon, malzemenin içerisinde bulunan aynı malzeme parçacıklarının ya da moleküllerinin arasındaki çekim kuvvetidir. Adezyon, ortak yüzeyde farklı malzemelere ait parçacıkların ya da moleküllerin arasındaki çekim kuvvetidir. Radyasyon, güneşten gelen ışınların atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşan enerjidir. Malzemenin atomik yapısında bozulmaya, ayrışmaya ve çözülmeye yol açar. Kızılötesi ışınlar, malzemenin sıcaklığını yükselterek genişmesine; ultraviyole ışınlar ise, malzemedeki renk kaybına neden olur. Yangın direnci, malzemenin yangın sırasında normal yapısal işlevini devam ettirebildiği süre veya yangın karşısında gösterdiği dirençtir. Malzemenin yangın sırasındaki davranışı, o malzemenin iç yapısına, yanıcılık sınıfına, ısıl genişleme katsayısına, ısı ve sıcaklık iletme özelliklerine, termal mukavemet davranışına, yanma süresi ve yanma sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

4.6.3. Yapı Malzemelerinin Mekanik Özellikleri

Yapı malzemesinin mekanik özellikleri; malzeme, herhangi bir dış kuvvetin etkisi altındayken gösterdiği şekil değiştirme davranışı ile dayanma gücünü ifade eden özelliklerdir. Mekanik özellikler bilinmeden projelendirmenin yapılması imkânsızdır. Çünkü yapıların statik açıdan başarılı olabilmesi ve kullanım ömrünün arttırılabilmesi için, yapı malzemesinin etkisi altında kaldığı dış kuvvetlere karşı yeterli mukavemeti göstermesi gerekir. Bu özellikler, malzemelerin atomik yapısına bağlıdır. Dolayısıyla, mekanik özellikler, malzemenin malzemeye ve dış kuvvetin malzemeye etki etme şekline göre farklılık gösterir.

“Malzemelerin mekanik özellikleri denilince, gerilme ve şekil değiştirme, darbe dayanıklılığı, aşınma dayanımı, sertlik, sünme dayanımı ve yorulma gibi özellikler anlaşılır. Herhangi bir malzemenin kesitinde bu kesite etki yapan kuvvete karşı malzemenin gösterdiği iç dirence gerilme adı verilir. Kesite etki eden kuvvet nedeniyle oluşan gerilmenin iç direnç gerilmesini aşması durumunda malzeme o noktada ezilecek, kırılacak ya da kopacaktır. Böylece bir başarısızlık ortaya çıkacaktır. Kısaca gerilme, birim alana etki eden kuvvet olarak tanımlanır.” (Olgun, 2013).

Dış kuvvetlerin etkisi altındayken yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeler; normal gerilme ve kesme (kayma) gerilmesi olmak üzere iki başlıkta incelenebilir. “Kesite dik olarak etki yapan gerilme normal gerilme, paralel olarak etki yapan gerilme de kesme gerilmesi olarak tanımlanır. Normal gerilme, etki ettiği cismi kısaltma eğiliminde ise basma gerilmesi, uzatma eğiliminde ise çekme gerilmesi olarak adlandırılır. Örneğin, düşey yük taşıyan kolonlar, temeller ve duvarlarda basma gerilmeleri ortaya çıkarken, kiriş, döşeme ve merdivenlerin alt bölümlerinde çekme gerilmeleri oluşur. Kesme gerilmesi, herhangi bir yapı elemanına etki yapan kuvvetlerin yapı elemanını ortak bir kesit boyunca kesmeye, başka bir anlatımla bir parçasını diğeri üzerinde kaydırmaya çalışması durumunda söz konusu olur.” (Olgun, 2013). Malzemenin uzun eksenine doğrultusunda birbirine zıt yönde iki kuvvetin etkisine maruz kalması ise burulma olarak tanımlanır.

“Yapı elemanlarının projelendirilmesinde malzemenin maksimum gerilmesi ile emniyet gerilmelerinin de bilinmesi gerekir. Üzerine gelen yükün etkisi altında herhangi bir malzemenin kırılma anından hemen önce ortaya çıkardığı en yüksek dirence maksimum gerilme adı verilir. Maksimum gerilme, yükleme hızına bağlı olarak değişir. Yükleme sonucunda malzemede oluşan gerilmenin aşılmasına izin verilmeyen ve böylece yapının hiçbir tehlikeye maruz kalmayacağı ya da başarısızlığa uğramayacağı gerilme sınır değerine emniyet gerilmesi adı verilir. Buna göre, yapı unsurunda belirli yükleme koşulunda hesaplanan gerilme değeri, kullanılan malzemenin emniyet gerilmesinden büyük olmamalıdır.” (Olgun, 2013).

“Bütün yapı malzemeleri yük etkisi altında az ya da çok miktarda deformasyona uğrar. Başka bir anlatımla şekil değişikliği olur. Yük etkisi altında herhangi bir yapı elemanında ortaya çıkan deformasyona şekil değiştirme adı verilir. Şekil değiştirmenin büyüklüğü, yükün büyüklüğüne ve etki ediş şekline, elemanın kesitine ve yapıldığı malzemenin sertliğine bağlı olarak değişir. Eksenel yükün etkisi altında kalan bir cisimde sadece eksenel doğrultuda değil yanal doğrultuda da boyut değişikliği görülür. Basma kuvvetinin etki ettiği cismin boyu kısalmışken, çekme kuvvetinin etki ettiği cisimde boyu uzar. Cismin hacmi sabit kaldığından, cismin boyundaki kısılma yanal doğrultuda boyut artışına, cismin boyundaki uzama ise yanal doğrultuda boyut azalmasına neden olacaktır.” (Olgun, 2013).

“Yapı malzemeleri, ağır bir cismin düşmesi ya da çarpması ile darbe etkisinde kalırlar. Malzemelerin darbe etkisine karşı dayanımları, atom bağları ile ilişkilidir.” (Olgun, 2013).

“Aşınma, bir malzemeye sürtünen cisimlerin malzeme yüzeyinden pürüzlülüğü sağlayan küçük parçacıkların koparılması sonucunda oluşur. Malzeme kısmen veya tamamen tahrip olur ve kaygan hale gelir. Aşınma özellikle canlılar ile alet ve makineler tarafından yoğun olarak kullanılan yol ve döşemelerde ortaya çıkar. Aşınmaya çok çeşitli nedenler yol açtığından, aşınma dayanımının belirlenmesi oldukça zordur. Laboratuvarlarda gerçek koşulların simüle edildiği deneylerle belirlenmeye çalışılır. Malzemelerin aşınma dayanımı genellikle, bir eksen etrafında dönen millerin belirli bir basınçla malzeme yüzeyine temas ettirilmesi, malzemenin

deney öncesi ve sonrası ağırlığı belirlenerek ağırlıktaki azalma miktarının deney süresine bölünmesi ile belirlenir.” (Olgun, 2013).

“Sertlik, malzeme yüzeyinin kalıcı şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dayanımdır. Başka bir anlatımla, malzemenin yüzeyine batırılmak istenilen sert bir cisme karşı gösterdiği dirençtir. Malzemelerin sertlikleri, hızlı ve kolayca belirlenebildiğinden kalite çalışmalarında çok sık kullanılan bir özelliktir. Malzemelerin sertliğinin belirlenmesi ile malzemenin orijini, mukavemeti ve işlenebilirliği gibi konularda fikir elde edilir.” (Olgun, 2013).

“Malzemelerin çoğu sabit bir gerilme altında zamanla artan şekil değişimine uğrarlar. Bu olaya sünme adı verilir. Genel olarak herhangi bir cisme belirli büyüklükte uygulanan kuvvetin etkisi uzun süre devam ederse cisimde iki türlü şekil değişimi ortaya çıkar. Bunlardan birincisi kuvvetin uygulanmaya başladığı anda ortaya çıkan ani şekil değişimi, diğeri ise zamanla artış gösteren şekil değişikliğidir. Toplam şekil değişimi, bu iki değer toplamından oluşur. Malzemelerde sünme olayını artıran etmenler; gerilme ve sıcaklıktır. Düşük gerilme veya düşük sıcaklıklarda sünme hızı yavaş olup, genellikle kırılma görülmez.” (Olgun, 2013).

“Malzemeler, genellikle ölü (sabit) yükler yanında hareketli yüklerin de etkisinde kalırlar. Hareketli yükler, büyüklüklerinin sürekli değişiklik göstermesi nedeniyle malzemeler üzerinde zamanla farklı gerilmelerin oluşmasına yol açarlar. Elastik sınırın altındaki gerilmelerin periyodik olarak uygulanması sonucunda malzemedeki ortaya çıkan ani kırılmaya yorulma adı verilir. Malzemedeki yorulma sonucunda kırılma şeklinde görülen başarısızlık ortaya çıkmadan önce herhangi bir şekil değişikliği ya da belirti görülmez. Yorulma sonucunda kırılma ani olarak gerçekleşir. Özellikle metal malzemelerde başarısızlığa yol açan etmenlerin başında gelir.” (Olgun, 2013).

4.6.4. Yapı Malzemelerinin Termal Özellikleri

Yapı malzemesinin termal özellikleri; sıcaklık uygulamaları karşısında gösterdiği davranışlardır. Özgül ısı, ısı iletkenlik, ısıl genleşme ve erime sıcaklığı malzemenin termal özelliklerindedir. Bir malzemenin birim kütlelerinin sıcaklığını

bir derece artırmak veya azaltmak için gerekli olan ısı miktarı o malzemenin özgül ısısıdır. Özgül ısı, malzemenin sıcaklık değişimindeki davranışının, ısınma ve soğuma kabiliyetinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir. Malzemenin bulunduğu ortamın sıcaklığı arttığında, malzemenin atomları daha fazla titreşim yapar ve malzeme boyutunda artış olur. Bu durum, ısıl genleşme olarak tanımlanır ve ısıl genleşme katsayısı ile ifade edilir. Yapılarda kullanılan farklı yapı malzemelerinin ısıl genleşme katsayıları birbirine yakın olmadığında farklı oranda gerçekleşen boyut artışlarına bağlı olarak çatlaklar oluşabilir. Bu nedenle, farklı nitelikte malzemelerin bir arada kullanıldığı durumlarda ısıl genleşme katsayılarının eşit ya da yakın değerde olmasına dikkat edilmelidir. Bir malzemenin karşılıklı iki tarafında sıcaklık farkı var ise, sıcaklığın yüksek olduğu taraftan soğuk tarafa doğru ısı akımı olur. Bu durum ise, ısıl iletkenlik olarak tanımlanır ve ısıl iletkenli katsayısı ile ifade edilir. Her yapı malzemesinin ısıl iletkenlik özelliği farklıdır. Isı akımını kolay bir şekilde ileten malzemelere iletken, ısı akımına karşı direnç gösteren malzemelere ise yalıtkan malzeme denir. Erime sıcaklığı ise, malzemenin katı halden sıvı hale geçmesi için alması gereken enerji miktarıdır.

4.6.5. Yapı Malzemelerinin Akustik Özellikleri

“Malzemeler belli bir şiddetle gelen ses dalgasının bir kısmını yutar, bir kısmını yansıtır, diğer bir kısmı ise, diğer yüzeye iletilir. Boş ve kapalı bir mekânda duvarlardan yansiyarak yankılanmaya sebep olurken, uygun döşenmiş ortamlarda net bir şekilde duyulur hale gelmektedir. Bunun içinde mimari ortamlardaki yankılanmayı, gürültüyü, duyma problemlerini ortadan kaldırmak, mekândaki insanların eşit olarak sesten faydalanmasını sağlamak ve içerdeki sesin dışarıyı rahatsız etmemesi için akustik yalıtımın yapılması gerekmektedir.” (Ekşi, 2020).

Yapı malzemelerinin akustik özellikleri; ses geçirimsizliği, ses yansıtma ve ses yutuculuğu olarak sıralanabilir. Ses geçirimsizliği, malzemenin yüzeyine çarpan ses dalgasının ne kadarının geçtiği ile ilgilidir. Malzemenin moleküler yapısına, birim hacim ağırlığına, yoğunluğuna ve temas içinde olduğu diğer malzemelerle etkileşimine bağlı olarak farklılık gösterir. Ses yansıtma, malzeme yüzeyine çarpan ses dalgasının, bu yüzeyin normali ile eşit açı yaparak yön değiştirip yayılmasıdır.

Malzemenin birim hacim ağırlığı ve yüzey yapısı ses yansıtma özelliğine etki eder. Ses yutuculuğu (emiciliği) ise, malzemenin ses dalgalarını bünyesine alması ve iç yüzeyine çarparak sönümlenmesidir.

4.6.6. Yapı Malzemelerinin Optik Özellikleri

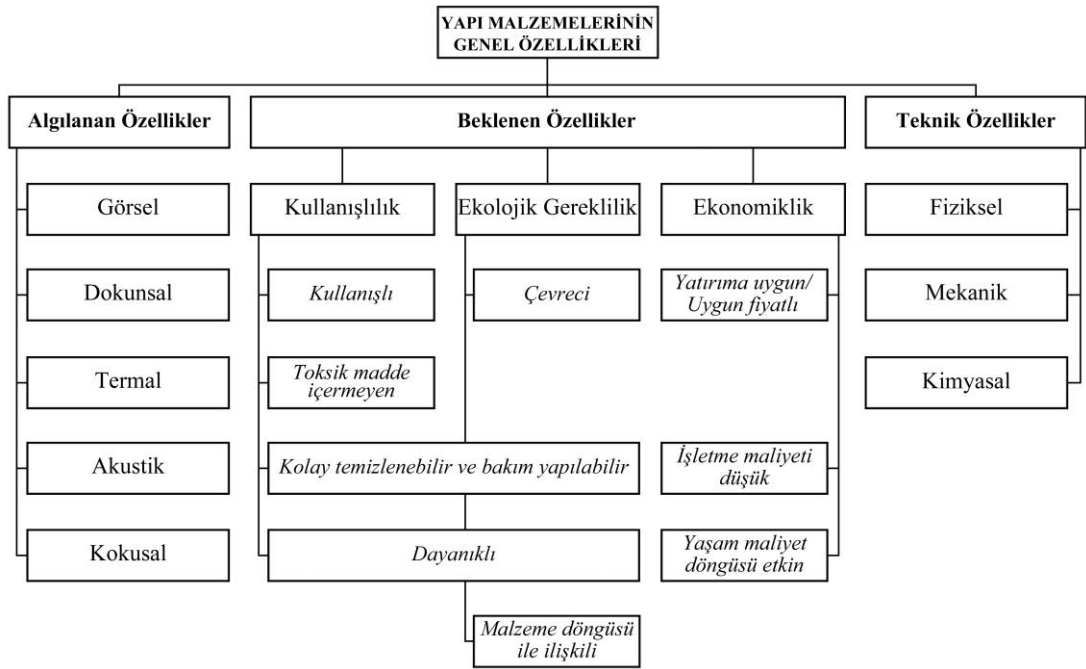
Bir malzemenin elektromanyetik dalgalar karşısında verdiği tepki optik özellik olarak tanımlanabilir. Yapı malzemelerinin optik özellikleri; yapı malzemesine çarpan elektromanyetik dalgalara, enerjiye veya etkiye karşı gösterdiği davranışlardır. Gelen dalgalar ile malzeme arasında yansıma, kırılma ve yutma (emme) gibi etkileşimler gerçekleşir. Işık geçirgenliği, malzemenin yüzeyine gelen ışık dalgalarını ne ölçüde geçirdiği ile ilgilidir. Opak malzemeler, malzeme yüzeyine gelen ışık dalgalarını kısmen yansıtır ve kısmen yutarlar. Saydam malzemeler ise, malzeme yüzeyine gelen ışık dalgalarını önemli ölçüde geçirirler ve kısmen yutarlar. Malzemenin yüzeyine çarpan ışık dalgasının geriye doğru yayılması yansıma; bir kısmının yansyıp bir kısmının kırılarak malzeme içerisinde ilerlemesi ise kırılma olarak tanımlanır. Işığı yutma (emme) ise, malzemenin içerisinden geçen ışık dalgalarının kısmen emilerek malzeme içinde ilerledikçe şiddetinin azalmasıdır.

4.6.7. Yapı Malzemelerinin Maliyet Özellikleri

Bir yapı malzemesinin fiyatı, tedarik, nakliye, işçilik, uygulama, bakım-onarım maliyetleri ve kullanım ömrü ile birlikte düşünülmelidir. Tüm bu hususlar ekonomikliği doğrudan etkileyeceği için yapı malzemesi seçerken göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tüm bu özelliklerin yanı sıra, “Hegger, Drexler ve Zeumer ise, malzemelerin temel özelliklerini; algılanan özellikler, beklenen / gereken özellikler ve teknik özellikler olmak üzere üç grupta toplamıştır (Şekil 4.5). Bunlardan birincisi algılanan özellikler; malzemenin görsel, dokunsal, termal, akustik, kokusal gibi duyu organlarımızla hissedebildiğimiz özellikleridir. İkincisi beklenen özellikler; malzemenin kullanışlı olması (uygunluğu, toksik madde içermemesi, kolay temizlenebilir veya kolay bakım yapılabilirliği, dayanıklılığı), ekolojik gereklilikleri (çevreci, kolay temizlenebilir veya kolay bakım yapılabilirliği, dayanıklılığı,

malzeme döngüsüyle ilgili olması), ekonomik gerekliliği (yatırıma uygun/uygun fiyatlı, işletme maliyeti düşük, yaşam maliyet döngüsü etkin olması) gibi özelliklerdir. Üçüncü temel özelliği ise malzemenin teknik özellikleridir. Fakat her malzeme, gelişen teknoloji ile farklı şekillerde değiştirilebilir. Malzemenin bilinen özelliklerinden birinin ya da birkaçının değiştirilmesi o malzemenin yeni bir malzeme olmasını sağlamaktadır.” (Çakmak, 2021).

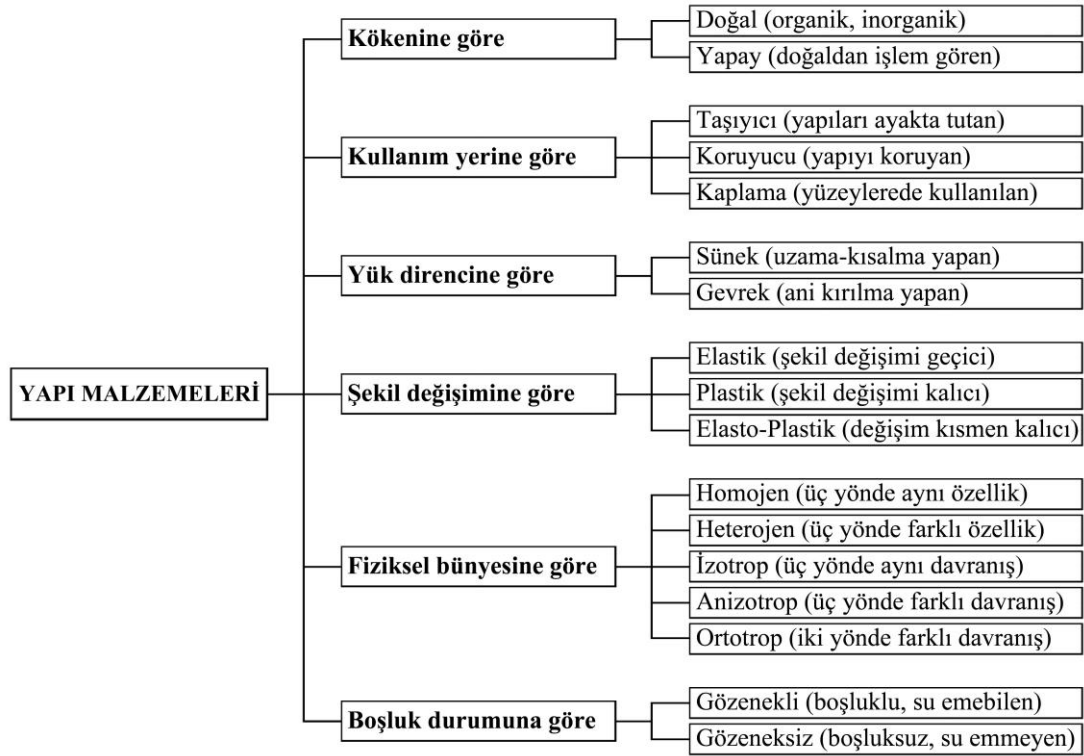


Şekil 4.5: Yapı malzemelerinin genel özellikleri (Hegger vd., 2007).

4.7. YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Tarih öncesi dönemlerden beri, insanların barınma gereksinimini karşılamasına yardımcı olan yapı malzemeleri; tasarımın bünyesinde yer alan, o tasarımın üretim ve kullanım süreçleri içerisindeki biçimlenişini sağlayan ve kullanıcının konfor şartlarını düzenleyen her türlü işlenmiş veya işlenmemiş maddeler olarak tanımlanabilir. Kısaca, yapı malzemeleri; yapıların üretiminde kullanılan her türlü malzemedir. Önceki dönemlerde, uygulama tecrübelerine dayanan pratik ve teorik kavramları kapsayan yapı malzemesi bilgisi; günümüz şartlarında ise, araştırma ve uzmanlaşma alanları genişlemiş ve deneysel verilere dayanan bilimsel bir boyuta ulaşmıştır. Yapı malzemeleri, tasarımı şekillendirerek yapının gelecek dönemlere kendi özelliklerinin nispetinde aktarılmasını sağlayan, yapı teknolojisi, yapı ekonomisi, yapı fiziği ve kullanıcı konforu ile doğrudan ilişkili olmuştur.

Yapı malzemelerinin sınıflandırılmasında, tek bir sınıflandırma yapmak mümkün olmamakla birlikte, bir yapı malzemesinin temel özellikleri, bir hedef doğrultusunda belirlendiğinde malzemelerin karşılaştırılması mümkün olmaktadır. Bu noktada, ilk adım, yapı malzemelerini benzer özelliklerine göre gruplamaktır. Bu gruplama, karşılaştırma yapmanın güçlüğüne önemli ölçüde azaltmakta ve tasarımcının bir grup malzeme içerisinde veya belirli bir malzemedeki istediği performansı ölçmesine yardımcı olmaktadır. Buna göre, yapı malzemeleri kökenine, kullanım yerine, yük direncine, şekil değiştirmeye, fiziksel bünyesine ve boşluk durumuna göre olmak üzere altı temel başlık altında ele alınabilir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Yapı malzemelerinin sınıflandırılması (Şahin ve Ünal, 2005).

Kökenine göre yapı malzemeleri; doğal ve yapay yapı malzemeleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. “Doğal yapı malzemeleri, doğadan çıkarıldıktan sonra hiç işlemlemeden ya da çok az bir işlemle geçirilerek yapıda kullanılan (taş, ahşap gibi) malzemelerdir. Yapay yapı malzemeleri ise, atölye ve fabrika gibi ortamlarda birtakım endüstriyel yöntemler kullanılarak üretilen, bir veya birkaç malzemenin bileşiminden oluşan (beton, çelik, cam ve plastik gibi) malzemelerdir.” (Üstün vd., 2018).

Kullanım yerine (İşlevine) göre yapı malzemeleri; taşıyıcı, koruyucu ve kaplama malzemeler olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Taşıyıcı malzemeler, yapıları ayakta tutan ve oluşan yükleri taşıyan malzemelerdir. Temel, kolon, kiriş, duvar, döşeme ve merdiven gibi yapının iskeletini oluşturan elemanlarda kullanılan betonarme, çelik, ahşap, taş, tuğla gibi mekanik özellikleri yüksek olan

malzemelerdir. Koruyucu malzemeler, yapıyı iç ve dış ortamdaki olumsuz etkilerden koruyan malzemelerdir. Isı, ses ve su yalıtımında kullanılan cam yünü, perlit, bitümlü gibi malzemeler bu grupta yer alır. Kaplama malzemeler ise, yapıda belirli işlevleri olan veya dekoratif amaçlı kullanılan malzemelerdir.

Yük direncine göre yapı malzemeleri; sünek ve gevrek olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sünek malzemeler, kopmadan önce esneklik sınırına kadar uzayabilme yeteneğine sahip (ahşap ve metal gibi) malzemelerdir. Gevrek malzemeler ise, yük altında kırılma yapan, patlayarak dağılan veya aniden kopan (cam, taş, tuğla, beton, seramik gibi) malzemelerdir. Beton, taş ve cam gibi gevrek malzemelerin kırılma öncesi deformasyonları oldukça azdır. Gevrek malzemeler, darbeye karşı dayanıksızdırlar. Ayrıca, basınç direnci, çekme direncinden fazladır.

Şekil değişimine göre yapı malzemeleri; elastik, plastik ve elasto-plastik malzemeler olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Elastik malzemeler, fiziksel yük etkisi altında şekil değiştirip, bu yük kalkınca yeniden ilk şekline dönen malzemelerdir. Lastik ve kauçuk elastik davranış gösteren malzemelerdir. Plastik malzemeler, yük etkisi altında şekil değiştirip, bu yük kalkınca yeniden ilk şekline dönmeyen, kalıcı şekil değişimi bırakan malzemelerdir. Bu malzemelere en iyi örnek kildir. Elasto-plastik malzemeler ise, yükün mertebesine bağlı olarak hem elastik hem de plastik davranış gösterirler. Çelik gibi yapı malzemeleri bu grupta yer alır.

Fiziksel bünyesine göre yapı malzemeleri; homojen, heterojen, izotrop, anizotrop ve ortotrop malzemeler olmak üzere beşe ayrılmaktadır. Homojen malzemeler, madde dağılımı ve özellikleri her yerde aynı olan (metaller gibi) malzemelerdir. Heterojen malzemeler, madde dağılımı ve özellikleri her yerde aynı olmayan (ahşap gibi) malzemelerdir. İzotrop malzemeler, maddenin tüm özellikleri tüm yönlerde aynı olan (metaller gibi) malzemelerdir. Anizotrop malzemeler, maddenin değişik yönlerde farklı özelliklere sahip olduğu (ahşap gibi) malzemelerdir. Ortotrop malzemeler ise, maddenin değişik yönlerde birbirinden bağımsız ve özgün özellikler gösterdiği malzemelerdir. Ahşap, çoğu kristal ve haddelenmiş metaller ortotropik malzemelerdir.

Kimyasal bünyesine göre yapı malzemeleri; metaller, seramikler, polimerler ve kompozitler olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Metaller, çelik, alüminyum, çinko, bakır gibi malzemelerdir. Elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği, dayanımı, rijitliği ve darbe direnci yüksektir. Şekillendirilebilir, sünek malzemelerdir. Yapısal ve yük taşıyıcı alanlarda kullanılırlar. Seramikler, tuğla, cam, zımpara taşları gibi malzemelerdir. Elektrik iletkenliği ve ısı iletkenliği düşüktür. Sert ve kırılğan yapıya sahip malzemelerdir. Yüksek sıcaklık uygulamalarına ve korozyona karşı yüksek direnç gösterirler. Genellikle yalıtım malzemesi olarak kullanılırlar. Polimerler, kauçuk, plastik ve yapıştırıcıları kapsayan malzemelerdir. Elektrik ve ısı iletkenlikleri, dayanımı düşük olan, yüksek sıcaklık uygulamalarına uygun olmayan malzemelerdir. Kompozitler ise, iki veya daha fazla malzemenin zayıf yönleri iyileştirilerek bir araya getirilmesiyle güçlü özellikler kazandırılmış malzemelerdir. Örneğin, beton, çimento ile kum karışımıyla meydana gelen kompozit bir malzemedir. Yüksek sıcaklık uygulamaları ve darbelere karşı yüksek direnç gösterirler. Günümüzde ise akıllı malzemeler, nanomalzemeler, biyomalzemeler gibi ileri malzeme teknolojisiyle geliştirilmiş malzemeler üretilmektedir.

Boşluk durumuna göre yapı malzemeleri; gözenekli (boşluklu) ve gözeneksiz (boşluksuz) malzemeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gözenekli malzemeler, yapılarının %20 ila %95'i boşluk, kalan kısımları ise malzemenin yoğun halini bulduran ve su emme oranı yüksek olan (ahşap gibi) malzemelerdir. Gözeneksiz malzemeler ise, yapılarında boşluk olmayan, yapısının tümü malzemenin yoğun halini bulduran ve su emme oranı sıfır olan (çelik gibi) malzemelerdir.

4.8. YAPI MALZEMESİ VE SEÇİMİ

Bir yapının, belirli bir hedefe hizmet edebilmesindeki en önemli unsur yapı malzemesidir. Günümüzde; sanayi alanının gelişimi, teknolojik yenilikler ve bilgi kaynaklarının çeşitliliği ve nüfus hareketlerinin artışı ile birlikte yapı sektörü hızla büyümektedir. Yapı sektörünün gelişimiyle birlikte, yapı malzemeleri biliminin sınırları genişleyerek malzemelerin kullanım imkânları artmıştır. Yapı malzemeleri bilimi; “yapı malzemelerinin neler olduğunu, yapı malzemelerinin nasıl üretildiğini, yapı malzemelerin kullanım aşamasında atmosfer etkileri, yükler vb. etkiler altında

nasıl bir davranış gösterdiğini, kullanım amacına en uygun yapı malzemesinin nasıl seçildiğini araştıran ve yapı malzemelerinin nasıl kullanıldığını öğreten bilim dalı” olarak tanımlanmaktadır. (Akbulut, 2020). Yapı malzemesi ise, “yapay çevrenin (yapı) fiziksel bünyesini oluşturmak üzere tek başına ve bütünleşik olarak yapımda kullanılan önemli bir elemandır. Bu elemanların seçimi; gerek mimarlık sürecinin her bileşeninin içindeki işlemlere dâhil olması, gerekse yapının fiziksel bünyesinin özelliklerini belirledikleri açısından, sağlıklı bir yapının oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle malzeme seçimi; yapı üretim sistemi içinde ve aynı zamanda mimarlık süreci bileşenlerinde yürütülen bir karar verme sürecidir.” (Aykanat, 2014). Malzeme bilgisindeki eksiklikler; yapı malzemesinin hatalı kullanımına, uygun olmayan malzemenin seçimine, dolayısıyla yetersiz konfor şartlarına sahip yapıların üretimine neden olur. Bu nedenle, yapı malzemesi seçimi önemli bir karar noktasıdır. Ayrıca, malzeme seçimi yapılırken alınacak herhangi yanlış bir karar, yapı üretim sürecine ilişkin tüm safhaları etkilemesinin yanı sıra doğal veya yapılı çevrede ve kullanıcılar üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasına sebebiyet verecektir. Dolayısıyla, doğru yapı malzemesi seçim kararlarıyla, bu etkilerin neden olabileceği tüm olası sonuçlar en aza indirgenebilir. Bu noktada, malzemelerin fiziksel, kimyasal, biyolojik nitelikleri ile yapı üretildikten sonra kullanım sırasında göstereceği performansın iyi bilinmesi ve bu ölçütler kapsamında değerlendirmeler yapılarak uygun malzemenin seçilmesi gerekmektedir.

4.8.1. Yapı Malzemesi Seçim Süreci

Malzeme seçimi, yapı üretim sürecinin en önemli unsurlarından biridir. Yapıdan beklenen performansı gösterebilmesi, yapının tasarlandığı şekilde işleyebilmesi ve tasarımın diğer bir parçası olan görsel ve algısal estetik özellikleri yerine getirebilmesi için uygun yapı malzemelerinin seçilerek kullanılması gerekmektedir. Yapı ürünlerinin seçiminde “amaç, tasarım aşamasında kullanıcının eylemlerini genel ve öznel değerlendirmelere göre konfor içinde sürdürebilmesi için gereksindiği yapıyı oluşturacak ürünlerin rasyonel olarak seçiminde göz önüne alınması gereken parametrelerin, süreçlerin saptanarak düzenlenmesi ve en uygun seçeneğin seçilmesinde sistematik bir yolun belirlenebilmesidir.” (Arıoğlu, 1993).

“Yapı malzemelerinin seçim süreci, birçok değişkenin bir arada değerlendirilmesini gerektiren bir karar işlemidir. Seçim işlemi; yapının özelliklerine, kullanıcıların isteklerine, çevre koşullarına, karar vericinin ürün bilgisine, ekonomik ve teknolojik olanaklara, zorunluluklara vb. değişkenlere bağlı bir eylemdir.” (Arioğlu, 1993). “Yapının biçimlenmesi, yapı malzemesi ile var olabilen bir kavramdır. Bu nedenle, yapı malzemesi seçim süreci; tasarımın biçimlenmeye başladığı ön tasarım aşaması ile birlikte malzeme araştırması başlamakta, kesin tasarım aşamasına kadar devam etmektedir. Bazı durumlarda, bu aşamanın bitmesiyle sona ermeyebilir. Malzeme araştırması, ayrıntılı tasarım aşaması hatta yapının kullanım aşamasında da gerekebilir.” (Balanlı, 1997).

Tasarım aşamasında alınacak kararlar ile uygulama aşamasına geçildiğinde karşılaşılabilecek hata oranı azaltılarak, muhtemel hatalardan kaynaklanacak iş, zaman, maliyet vb. kayıpların ve çevreye verilebilecek zararların önüne geçilebilir. Böylece, üretimden sonra yapı kalitesinin artması ve performans hedeflerinin gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Bu noktada, sağlıklı bir yapının gerçekleştirilebilmesi için, yapıda kullanılacak olan malzemelerin seçimi ile ilgili verilecek kararlar, proje sürecinin tüm safhalarını etkilemesi sebebiyle üzerinde özenle durulması gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Malzeme seçimi; enerji, maliyet, kalite, konfor ve performans gibi pek çok parametreyi doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, gelişen teknolojiyle birlikte sınırsız sayıda üretilen ve fiziksel, kimyasal, biyolojik vb. birçok açıdan birbirinden farklı niteliklere sahip olan malzeme alternatifleri arasında yapıyı istenilen performansa ulaştırabilecek uygun seçimin yapılması gerekmektedir. Bu duruma bağlı olarak, çok ölçütlü karar verme problemi olarak tanımlanabilecek “doğru yapı malzemesi seçimi”, özellikle yüksek performanslı yapı tasarımı hedeflendiğinde daha da önemli hale gelmektedir.

“Doğru yapı malzemesi seçimi” hedefi doğrultusunda, tasarım aşamasında belirlenen ölçütlere göre beklenti ve talepleri karşılayabilecek, yapının performansı üzerinde olumlu etkiler gösterebilecek en uygun alternatifin seçilebilmesi için matematiksel ve istatistiksel hesaplamaları barındıran sistematik bir yolun izlenmesi gerekmektedir. Ancak yapı üretim sürecini sistematikleştiren bazı destek araçları ve

yöntemler geliştirilmesine rağmen, bu araç ve yöntemler, yapı malzemesi seçimi düzeyinde yetersiz veya sınırlı kalmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte artan malzeme çeşitliliği ve yapı tasarım parametrelerinin fazlalığına bağlı olarak yapı malzemesi seçim süreci tek başına ele alınması gereken bir konu haline dönüşmektedir. Bu durum, tasarımcının bu süreci sistematik bir şekilde yönetebilmesini sağlayacak bazı araçların gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Yapı malzemelerinin seçim sürecine yönelik standart kabul edilen bir yöntem olmamakla birlikte, sürecin aşamalarına ilişkin genel bir sıralama yapılırsa süreç:

- Tasarım gereksinimlerinin tanımlanması,
- Yapı malzemesi seçim ölçütlerinin belirlenmesi,
- Alternatif yapı malzemelerinin belirlenmesi,
- Alternatif yapı malzemelerinin seçim ölçütlerine göre değerlendirilmesi,
- Yapı malzemesinin seçimi ve uygulama adımlarını içerebilir.

Çalışmada, birden fazla ölçüt ve alternatifin değerlendirilmesi, planlanması ve karar verme gibi amaçlarda kullanılan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” ile çalışma kapsamında belirlenen ölçütler, alt ölçütler, alternatifler arasında hiyerarşik bağlantılar kurulup ağırlık dereceleri hesaplanarak konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik sistematik bir model önerilmektedir.

4.8.2. Yapı Malzemesi Seçimini Etkileyen Ölçütler

Yapı tasarımında kullanılan malzemelerden beklenen özellikler; insan sağlığı ve doğal çevrenin göz önünde bulundurulmasının yanı sıra yapı için fonksiyonellik, dayanıklılık, ekonomiklik ve estetik ölçütlerini karşılamasıdır. “Yapı malzemesi seçimindeki temel amaç, verilen soruna ve duyulan ihtiyacı karşılamaya yönelik kurgulanan tasarımı elde edebilmek için belirlenen çalışma koşulları altında çalışabilecek uygun malzemeyi seçmektir.” (Sezgin ve Çelebi, 2011). Bu seçimin gerçekleştirilebilmesi için, yapı üretiminin her aşamasına dâhil olan yapı malzemelerinin özelliklerinin iyi derecede bilinmesi ve malzeme seçim ölçütlerine, yaklaşımlarına ve adımlarına hâkim olunması gerekmektedir.

Malzeme seçimini etkileyen ölçütler; fiziksel özellikler, kimyasal, mekanik özellikler, termal özellikler, akustik özellikler, optik özellikler, ekonomiklik, estetik ve kullanıcı istekleri olarak ele sıralanabilir. Bu ölçütlerin yanı sıra enerji verimliliği ve enerji tüketimi gibi ekolojik hususlar da bu ölçütler arasına eklenebilir. Tasarımın gereklilikleri, her yapı için farklı olması nedeniyle malzeme seçimi ölçütleri de değişkenlik göstermektedir. Buna göre, literatürden yararlanılarak elde edilen veriler doğrultusunda ulaşılan, yapı malzemesi seçiminde göz önünde bulundurulabilecek başlıca ölçütler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2: Yapı malzemesi seçiminde kullanılan karar ölçütleri.

YAPI MALZEMESİ SEÇİM ÖLÇÜTLERİ	
Fiziksel Özellikler	Birim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Porozite, Kompasite, Su Emme-Doyma Derecesi, Su Geçirimsizliği, Kapıllarite...
Kimyasal Özellikler	Kimyasal Bileşim, Atomik Yapı, Korozyon Davranışı, Kohezyon Davranışı, Adezyon Davranışı, Oksidasyon Davranışı, Radyasyon Davranışı...
Mekanik Özellikler	Basınç Dayanımı, Çekme Dayanımı, Kesme Dayanımı, Burulma Dayanımı, Sertlik, Aşınma Dayanımı, Deformasyon, Sünme, Yorulma..
Termal Özellikler	Özgül Isı, Isı İletkenliği, Isısal Genleşme, Isı Kapasitesi, Erime Sıcaklığı, Yangın Dayanımı, Yanıcılık Sınıfı...
Elektriksel ve Manyetik Özellikler	Özdirenç, Elektrik İletkenliği, Dielektrik Dayanımı, Histerezis, Manyetiklik...
Akustik Özellikler	Ses Geçirimsizliği, Ses Yansıtma, Ses Yutuculuğu...
Optik Özellikler	Işık Geçirgenliği, Işığı Yansıtma, Işığın Kırılması, Işığı Yutma...
Sağlık ve Güvenlik ile ilgili Özellikler	Sağlık Açısından Kullanıma Uygunluk, Kullanımda Güvenlik, Yasa, Yönetmelik, Standart ve Şartnamelere Uygunluk, Bakım-Onarım Kolaylığı, Kullanım Ömrü...
Ekolojik Özellikler	Çevresel Etkiler, Geri Dönüştürülebilirlik, Enerji Tüketimi, Kaynak Verimliliği, Atık Oluşumu...
Estetik	Görsel, Dokunsal, Kokusal Özellikler, Şekil Verilebilirlik, İşlenebilirlik Özellikleri...
Ekonomik Özellikleri	Üretim Maliyeti, Temin Edilebilirlik, Nakliye Maliyeti, Depolama Maliyeti, Montaj Maliyeti, İşçilik Maliyeti, Uygulama Maliyeti, Bakım ve Onarım Maliyetleri...

Türkiye’de yapı malzemelerinin seçimini sağlamak amacıyla 10/07/2013 tarihli ve 28703 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Yapı Malzemeleri Yönetmeliği”nde; “yapı malzemelerinin temel karakteristikleri ile ilgili performans beyanlarının ve malzemelere CE işaretinin iliştilmesinin kurallarını oluşturarak yapı malzemelerinin piyasaya arz edilmesi ve piyasada bulundurulması ile ilgili usul ve esasları” belirtilmiştir. Yönetmelik kapsamında, yapı malzemelerine ilişkin temel gerekler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Mekanik dayanım ve stabilite,
- Yangın durumunda emniyet,
- Hijyen, sağlık ve çevre,
- Kullanımda güvenlik,
- Gürültüye karşı koruma,
- Enerjiden tasarruf ve ısı muhafazası,
- Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı.

Çizelge 4.2’de verilen ve yukarıda sıralanan kısıtlı ölçütler, süreç içerisinde hedeflenen yapı performansının sağlanması için gerekli ölçütler eklenerek sınırları genişletilmeli ve farklı seçim yöntemleri ile iyileştirilmelidir.

4.8.3. Yapı Malzemesi Seçim Yaklaşımları

Yapı malzemeleri sektörü, teknolojik gelişmelerin ve bilimsel ilerlemelerden en fazla etkilenen alanlardan biridir. Yapı malzemelerine her geçen gün yeni bir malzeme eklenmekte veya var olan malzemelerin özellikleri geliştirilerek yeniden kullanıma sunulmaktadır. Bu durum, malzeme çeşitliliğini artırdığı gibi; kullanılacak malzemenin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken ölçütler de artmaktadır.

Yapı malzemesi seçimi, kullanıcı, doğal ve yapıyı çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması veya en aza indirgenmesi bakımından, yapı üretim sürecinin önemli adımlarından biridir. Bu nedenle, yapı malzemesi seçimi kritik bir karar noktasıdır. Tüm yapı üretim sürecini, çevreyi ve

kullanıcıları önemli ölçüde etkileyen adımlardan biri olan yapı malzemesi seçimi yapılırken karar alternatiflerinin güçlü ve zayıf yönlerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapı malzemeleri konusunda bilgi eksikliği giderilmediği takdirde; malzemenin hatalı kullanımına, uygun olmayan malzemenin seçimine, dolayısıyla yetersiz konfor şartlarına sahip yapıların üretimine neden olabilir. Bu bağlamda, kullanıcının gereksinimlerini karşılayabilecek performansa sahip yapıların oluşturulabilmesi için malzeme seçiminde oldukça dikkatli olunması gerekmektedir.

Yapı malzemesi seçim süreci; çok sayıda malzeme alternatifinin bulunduğu havuz içerisinde aday malzemelerin seçilmesi, diğer bir deyişle, malzeme havuzu daraltılarak tasarım gereksinimlerini karşılayacak uygun malzeme kararının verildiği süreç olarak tanımlanabilir. Bu süreçte rasyonel sonuçlar elde edilebilmek için, öncelikle tasarım gereksinimleri ortaya konularak yapı malzemesinden beklenen performans özellikleri (karar ölçütleri) ile bu gereksinimleri karşılayan alternatifler belirlenmelidir. Ardından, sürecin sistematik bir şekilde yönetilebilmesini sağlayan ve ortaya konulan karar ölçütleri değerlendiren bazı yöntemlerden veya karar destek araçlarından faydalanılarak optimal seçimin yapılması gerekmektedir. Bu noktada, çalışma kapsamında önerilen model için altyapı oluşturacak ve yetkin referanslar sağlayacak, mimarlık alanında ortaya konulmuş yapı malzemesi seçim yaklaşımları incelenmiştir. Yapı malzemesi seçimine sistematik bakış açısıyla yaklaşan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Çalışmada; Ashby yaklaşımı, Cronberg yaklaşımı, Müller yaklaşımı, Japonya Yapı Araştırma Enstitüsü yaklaşımı, Finlandiya Teknik Araştırma Enstitüsü yaklaşımı, Lohaus ve Steinborn yaklaşımı ve Balanlı yaklaşımı detaylı olarak açıklanmıştır.

4.8.3.1. Ashby Yaklaşımı

Malzeme seçimine yönelik yaklaşımlar arasında en önde gelenlerden biri Michael Farries Ashby tarafından ortaya konulan yaklaşımdır. Bu yaklaşımına göre, işlev, malzeme biçim ve üretim süreci/yöntemi parametreleri arasındaki etkileşim, malzeme seçim sürecinin merkezinde yer almaktadır. Ashby, bu etkileşimi kurarak malzeme seçimi için gerekli temel adımları sırasıyla; Aktarma (*Translation*), Eleme (*Screening*), Sıralama (*Ranking*), Destekleyici bilgiler (*Supporting information*)

olmak üzere dört başlık altında toplamaktadır. Bu adımlar kısaca aşağıda açıklanmıştır (Ashby 1999; 2005):

Aktarma (Trasnlation) adımı, tasarım gereksinimlerinin belirlenmektedir. Tasarım gereksinimlerini, malzeme özellikleriyle ilişkilendirmenin ilk adımı; işlev, kısıtlar, hedef ve serbest değişkenlerin açık bir şekilde ifade edilmesidir. İşlev, kısıtlar, hedef ve serbest değişkenler, malzeme seçimi için sınır koşullarını tanımlamaktadır.

Eleme (Screening) adımı, ilk adımda belirlenen kısıtlar doğrultusunda, malzeme alternatiflerinin özellikleri kıyaslanarak, tasarım gereksinimlerini yerine getiremeyeceği saptanan malzemeler elenmektedir. Böylece alternatifler kümesi daraltılmış ve malzeme seçim eylemi kolay hale getirilmiş olur.

Sıralama (Ranking) adımı, eleme adımı sonrasında geriye kalan malzeme alternatifleri sıralanarak alternatifler kümesindeki en yüksek performansa sahip olan malzemeler belirlenmektedir. Sıralama yapılabilmesi için malzemenin performansını gösteren indekslerinin bulunması gerekmektedir. Malzeme indeksi, malzemenin sıralamadaki konumunu göstermektedir.

Destekleyici bilgiler (Supporting information) ise, sıralama adımı belirlenen en yüksek performansa sahip malzemelere ilişkin bilgilerin toplanmasıdır. Seçim eyleminden önce bu malzemelerin güçlü ve zayıf yönlerinin, kullanım alanlarının ve geçmiş uygulamalardaki davranışlarının araştırılması gerekmektedir.

Malzeme seçim süreci, bir dizi girdiyi (tasarım gereksinimleri), bir dizi çıktıya (uygun malzeme listesi ve diğer süreçler) dönüştürmeyi içermektedir. Ancak sürecin temel prensipleri aynı olmakla birlikte, uygun malzeme seçiminin yapılabilmesi için dört farklı yöntem tanımlanmaktadır (Ashby ve Johnson, 2014):

- *Analiz yöntemiyle seçimde*, kesin olarak belirlenmiş girdileri ile modern mühendisliğin köklü tasarım yöntemleri kullanılarak ve malzeme veri tabanlarından yararlanılarak analizler yapıp seçim eylemi gerçekleştirilir.
- *Sentez yöntemiyle seçimde*, geçmiş deneyimlerden yararlanılarak malzeme seçimi yapılır. Karşılaşılan problemle ortak özelliklere sahip geçmişte

çözümlemiş başka problemlerden yararlanılarak potansiyel çözümün sentezlenmesine ve malzemenin tasarım gereksinimlerine uygunluğunun sınanmasına imkân tanımaktadır.

- *Benzerlik yöntemiyle seçimde*, tasarım gereksinimlerine uygun olan mevcut bir malzemenin özellikleriyle benzerlik gösteren özelliklere sahip farklı malzemeler aranarak seçim eylemi gerçekleştirilir. Bu yöntem, hem seçim sürecinin hızlanmasını sağlamakta, hem de tasarıma yaratıcılık veya yenilik getirmektedir.
- *İlham yöntemiyle seçimde*, malzeme seçim sorununa çözüm getiren uygun malzemeye ulaşmaya dek mevcut malzemeler incelenerek fikir sahibi olunur.

Bu yöntemlerin her birinin güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bazı durumlarda en iyi çözüme, yöntemlerden bir veya birkaçının birleştirilmesiyle ulaşılmaktadır.

4.8.3.2. Cronberg Yaklaşımı

Tarja Cronberg, kullanıcı gereksinimlerini temel alarak, bu gereksinimlerin yapıdan beklenen performans gereksinimlerine dönüştürülmesini sağlayan bir model önermektedir. Cronberg'e (1972a; 1972b) göre, yeni bir yapıyı meydana getirilebilmek için kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak, kullanıcı eylemleri tanımlanmalıdır. Kullanıcının, yapıya yönelik gereksinimlerini belirlemek ve yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini yapının işleviyle ilişkilendirebilmek için kullanıcı ve yapı arasındaki işlevsel ilişkinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun için yapının işlevi ve kullanıcının yapıya tepkisi/uyumu ile doğrudan bağlantılı olan kullanıcı eylemleri, başlangıç noktası kabul edilmektedir. Kullanıcı eylemleri, hem yapı tasarımını etkilemekte, hem de yapı tasarımından etkilenmektedir. İkinci olarak ise, kullanıcı özelliklerinin tanımlanmalıdır. Kullanıcı gereksinimlerini belirlemek için her biri farklı terminoloji ve yaklaşımlara sahip disiplinlerdeki, kullanıcı özelliklerine ilişkin kapsamlı bilgilerin bir araya getirilmesi gerekmektedir. Kullanıcı özellikleri; fizyolojik, psikolojik, sosyolojik olmak üzere üç temel başlık altında toplanmaktadır.

Kullanıcı eylemleri ve özellikleri tanımlandıktan sonra Cronberg yöntemi, kullanıcı gereksinimleri üzerinden tasarım sürecinde malzeme seçimine yönelik şu temel adımları açıklamaktadır:

Kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesi: Kullanıcı gereksinimleri, kullanıcının eylemlerini gerçekleştirebilmesi için gerekli olan “yapılı çevre”nin tanımlanmasında temel veri olarak kullanılmaktadır. Gereksinimler, kullanıcı eylemlerinin ve kullanıcı özelliklerinin seçimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Cronberg, yapılı çevrenin tanımlanmasında hedef niteliği taşıyan kullanıcı gereksinimlerini dört temel başlık altında incelemektedir:

- “Erişilebilirlik/Kullanışlılık gereksinimleri, eylemler gerçekleştirilirken yapının kullanımı için gerekli veya istenen nitelik ve niceliklere kolay ve rahat erişimi ifade etmektedir.
- Güvenlik/Korunma gereksinimleri, kullanıcının sağlığı ve mülkünün korunmasına ilişkin kişisel güvenlikle ilgili nitelik ve nicelikleri ifade etmektedir.
- Algılama/Konfor gereksinimleri, kullanıcının yapılı çevreye hem psikolojik hem de fizyolojik tepkisi, yapılı çevreyi yapılandırması ile kendini yönlendirme ve tanımlama yeteneğine ilişkindir.
- Sosyal uyum gereksinimleri, kullanıcının sosyal değişiklikler karşısındaki tutumu, farklı eylemler gerçekleştirirken ilişkiler kurması veya mahremiyet ihtiyacı duyması ile ilgilidir.” (Cronberg, 1972a).

Kullanıcı gereksinimlerinin sınıflandırılması: “Kullanıcı gereksinimlerinin sınıflandırılmasında izlenen yol, gereksinimlerin belirlenme biçimine ve değerlendirme amacına bağlıdır. Gereksinimlerin sayısal değerlerle ifade edilmesi ve sınıflandırılması, değerlendirme aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Buna göre, gereksinimlerin sayısal değerleri 1 (çok kötü) - 5 (çok iyi) aralığındaki ölçek üzerinden tanımlanmaktadır.” (Berkson, 1979).

Gereksinimlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi: “Gereksinimlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde, geçmiş deneyimlere veya kişisel yargılara başvurulur.

Gereksinimlerin birbirlerine göre önem ağırlıkları belirlenerek önem sıralaması yapılmaktadır.” (Berkun, 1979).

Yapı Malzemelerinin kullanıcı ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi: “Yapı malzemelerinin kullanıcıyla ilgili özelliklerinin belirlenmesi için, kullanıcı gereksinimleri ile saptanmış olan sınıflama ve değerlendirme sisteminin ortak değerlendirme sistemi olarak kabul edilmesi ve yapı malzemesi özelliklerinin bu değer sistemi ile kullanıcılar tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir.” (Berkun, 1979). Yapı malzemesi özelliklerinin belirlenmesinde ise, matematiksel, deneysel, ekonomik, sosyal teknikler ile bazı kanıtların temel alındığı kararlardan yararlanılmaktadır.

Yapı malzemesi seçimi: “Yapı malzemesinin seçimi, ağırlıklarıyla belirlenmiş kullanıcı gereksinimlerini, mekân bileşeni kullanacak kullanıcı tarafından değerlendirilerek, mekân bileşenini kullanacak kullanıcının gereksinimlerinin belirlenmesi ve belirlenen bu gereksinimlerin özellikleri ile karşılama durumunda olan, kullanıcıyla ilgili özellikleri belirlenmiş, aday yapı malzemeleri arasından yapılır.” (Berkun, 1979).

Yapı malzemesinin, kullanıcının o bileşenden karşılmasını beklediği gereksinimlere cevap verecek nitelikte olması gerekmektedir. Mekân bileşenini oluşturan yapı malzemesine ait özelliklerin aynı zamanda, kullanıcının gereksinimlerini karşılayan özellikler olması, diğer yapı malzemeleri içerisinde doğru malzemenin seçilmesiyle mümkündür (Berkun, 1979). Yapı malzemesinden beklenen performans gereksinimlerinin, kullanıcı eylemlerinin ve özelliklerinin temel alındığı kullanıcı gereksinimleri (kullanışlılık, güvenlik, konfor vb.) çerçevesinde düzenlenmesi ve malzeme seçiminde ölçüt olarak kullanılması mümkündür. Ancak yöntemde verilen kullanıcı gereksinimlerine ilişkin ayrıntılar, malzeme seçimi noktasında yetersiz kalmaktadır (Özkan, 1976).

4.8.3.3. Müller Yaklaşımı

Malzeme seçimine yönelik yaklaşımlardan biri de Von Helmut Frank Ottomar Müller tarafından ortaya konulmuştur. Müller, 1997 yılında hazırladığı

“İnşaat Metodolojisi ve Yapı Malzemeleri Seçimi” başlıklı çalışmasında yapı malzemesi seçimine ilişkin yaklaşımını aktarmıştır (Müller, 1997). Müller yaklaşımı, yapı malzemesinden beklenen performans gereksinimleri ile malzeme özelliklerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Malzemedan beklenen temel gereksinimler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Fiziksel yapı (biçim, boyut vb.),
- Dış etmenler karşısındaki davranış (düşey/yatay kuvvetler, radyasyon, ısı, ses, nem, mekanik, kimyasal ve biyolojik etkiler vb.),
- Teknik özellikler (işlenebilirlik, dayanıklılık, mekanik stabilite, imalat, depolama, nakliye, montaj vb.),
- Ekonomiklik (ilk yatırım maliyeti, bakım-onarım maliyetleri vb.),
- Çevresel özellikler (zararlı maddeler, doğal kaynak ve enerji tüketimi vb.),
- Kullanıcıyla ilgili özellikleri (konfor, ergonomi, güvenlik, estetik vb.).

Bu yaklaşıma göre, uygun yapı malzemelerinin seçimi için öncelikle, yukarıda sıralanan performans gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen gereksinimler doğrultusunda, alanında uzman kişiler tarafından yapı malzemelerine yönelik araştırmaların yapılarak, çok sayıda malzemenin bulunduğu alternatifler kümesi daraltılmaktadır. Böylece malzeme seçim eylemi daha kolay gerçekleşmektedir. Sağlıklı ve rasyonel sonuçların elde edilebilmesi için araştırma yapan kişilerin, yapı malzemeleri, çeşitleri ve özellikleri hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi ve malzeme seçimine ilişkin deneyimi büyük önem taşımaktadır. Belirlenen gereksinimler ve yapılan araştırmalar doğrultusunda, alternatifler değerlendirilerek yapıdan beklenen performansı sağlayacak uygun malzeme seçimi yapılmaktadır.

Müller’e (1997) göre, malzeme seçiminde aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Gereksinimlerin tanımlanması,
- Yapı malzemesi alternatiflerinin araştırılması,
- Alternatiflerin değerlendirilmesi ve uygun malzeme seçiminin yapılması.

4.8.3.4. Japonya Yapı Araştırma Enstitüsü Yaklaşımı

1968 yılında, Japonya İmar Bakanlığı Yapı Araştırma Enstitüsü'nün üyeleri tarafından “Yapı Malzemelerinin Seçimi için Sistematik Yöntem” başlıklı çalışma hazırlanmıştır. Bu çalışmaya göre yöntemin amacı, yapı malzemelerinin nasıl seçileceği ve nasıl kullanılacağı sorununu çözmek için bir sistem veya rasyonel yöntem oluşturmaktır. Uygun yapı malzemelerinin rasyonel bir şekilde seçebilmek için, gereksinimlere karşılık gelen performanslarının net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Yöntem kapsamında, malzeme seçimi için 100 farklı performans gereksiniminin yer aldığı bir liste oluşturulmuş ve bu gereksinimler, 10 temel başlık altında toplanmıştır. Bunlar; çevresel/dış etkiler, su, ısı ve sıcaklık, yangın, ışık ve elektrik, ses, hava ve gaz, uçuşan, sıçrayan ve yapışan maddeler, his, insan, hayvanlar ve bitkiler, yapım işlerinin yönetimi, ekonomi olarak sıralanmaktadır (BRI, 1968). Performans gereksinimlerinin yer aldığı liste ise şöyledir;

- (50) Çevresel/Dış Etkiler;
 - Kendi ağırlığı
 - Hareketli yük
 - Darbe yükü
 - Titreşim
 - Sismik etkiler
 - Rüzgâr etkisi
 - Su basıncı
 - Bölgesel basınç
 - Deprem
 - Aşınma
- (51) Su;
 - Su sağlama ve depolama
 - Atık su
 - Drenaj
 - Su sıçraması
 - Dış nem
 - İç nem
 - Çiğ yoğunlaşması
 - Yağmur suyu
 - Yeraltı suyu
 - Okyanus suyu

- (52) *Isı ve Sıcaklık;*

- Güneş ısısı
- Isı kaybı
- Oda sıcaklığında değişim
- Isıtma, pişirme vb. ısısı
- Sürtünme ısısı
- Endüstriyel üretim ısısı
- Döngüsel ısıtma
- Düşük sıcaklık
- Donma ve çözülme
- Büzülme ve genleşme

- (54) *Işık ve Elektrik;*

- Güneş ışığı
- Kızılötesi ışınlar
- Ultraviyole ışınlar
- Aydınlatma ve floresan
- Görüş hattı
- Elektrik sağlama
- Kaçak akım
- Statik elektrik
- Yıldırım
- Radyoaktif ışınlar

- (53) *Yangın;*

- Dış ortamda yangın
- Kıvılcım
- İç ortamda yangın
- İç mekânda yangın
- Yangının yayılması
- Duman
- Elektrik kaçağından yangın
- Yıldırım kaynaklı yangın
- Kendiliğinden tutuşma
- Kundaklama

- (55) *Ses, Hava ve Gaz;*

- Zaruri dış ses
- Zaruri olmayan dış ses
- Oda gürültüsü
- Ses
- Müzik sesi
- Vurma sesi
- Havalandırma
- Hava temizliği
- İç mekân hava akımı
- Gazlar

- (56) *Uçuşan, Sıçrayan ve Yapışan Maddeler;*

- Toz
- Yapışan maddeler
- Yağlar
- Asitler ve alkaliler
- Tuzlar
- Radyoaktif izotop
- Duman
- CO₂, CO gibi zararlı gazlar
- Kir
- Uçuşan maddeler

- (58) *Yapım İşlerinin Yönetimi;*

- İmal etme
- Birleştirme
- Kurma
- Bitirme
- Taşıma ve nakliyat
- Modül
- Boyutlarda tutarlılık
- Kararlılık
- Çalışabilme
- Bakım ve onarım

- (57) *His, İnsan, Hayvanlar ve Bitkiler;*

- Biçim ve şekil
- Boyut
- Renk
- Dokunma
- İnsan duyguları
- Koku
- İnsan
- Kuşlar ve hayvanlar
- Haşerat
- Bakteri ve mantarlar

- (59) *Ekonomi;*

- Temel malzeme maliyeti
- Yardımcı malzeme maliyeti
- İşçilik maliyeti
- İnşaat maliyeti
- İhale
- İş süresi
- Bakım, onarım, düzenleme
- Kullanım ömrü
- Verimlilik
- Kesin maliyet

Yapı malzemelerinden beklenen performans gereksinimlerinin temel alındığı Japonya Yapı Araştırma Enstitüsü yaklaşımı (BRI, 1968);

- “Yapı malzemelerinin kullanımı ile ilgili (verilen) koşulların tanımlanması ve sıralanması,
- Verilen koşullara göre performans gereksinimlerinin belirlenmesi,
- Yapının performans gereksinimlerinin, yapı malzemelerine ait performans gereksinimlerine dönüştürülmesi,
- Test, hesaplama vb. yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapı tasarımına uygun olduğu saptanan malzemelerin performans veya özelliklerinin değerlendirilmesi,
- Malzemelerin performans veya özelliklerinin gereksinimlerle karşılaştırılarak yapı malzemelerinin seçilmesi” adımlarından oluşmaktadır.

4.8.3.5. Finlandiya Teknik Araştırma Enstitüsü Yaklaşımı

Finlandiya Teknik Araştırma Enstitüsü üyelerinden Tenho Sneek, Juho Saarimaa ve Timo Sneek, yapı malzemelerinin performanslarının analizine dayanan bir yaklaşım sunmaktadır. Analiz, iç ve dış faktörler için oluşturulan kontrol listeleri yardımıyla yapılmaktadır. Bu yaklaşıma göre, malzemenin performansını değerlendirebilmek için o malzemeye etki eden tüm iç ve dış faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Malzemeye etki eden dış faktörler listelenip, malzemeye ait iç faktörlerle bir araya getirilerek ilişkilendirilmektedir. Böylece malzemenin beklenen performans özellikleri ortaya konulmaktadır. Ayrıca performans özellikleri, mevcut malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesine veya yeni malzemelerin geliştirilmesine kılavuzluk etmektedir.

Yaklaşımda, malzemenin performansını etkileyen ve belirleyen etmenler dış faktörler olarak tanımlanmaktadır (Sneek vd., 1972). Bu faktörlerin önem derecelerini belirlemek için 0 (önemsiz) – 4 (çok önemli) aralığında değerler alan bir ölçekten faydalanılmaktadır. Dış faktörler şöyle sıralanmaktadır;

- İnsana ilişkin faktörler (Fizyolojik, antropometrik, psikolojik, sosyolojik)
- Çevresel faktörler (Yükler ve kuvvetler, su ve nem, ısı, yangın, hava, elektrik, ses, radyasyon, malzemeler ve ürünler, insanlar, hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar, makineler ve ulaşım araçları, kurulum/montaj ve ekipmanlar, zaman/süre)
- Ekonomik faktörler
- Yasal faktörler (Yasa, yönetmelik, mevzuat, standart, şartname vb.)

İç faktörler ise, malzemenin iç özelliklerinden oluşmaktadır. Bu özelliklerin tanımlayabilmek için, dış faktörlerin etkisi altında gerçekleşebilecek süreçlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İç faktörler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Sneck vd., 1972);

- Mekanik özellikler (mukavemet, dayanım, sertlik vb.),
- Elastik ve deformasyon özellikleri (viskozite, plastisite vb.),
- Hidro-fiziksel özellikler (nem oranı, nem taşıma, nem basıncı vb.),
- Elektro-kimyasal özellikler (elektro-kimyasal hücre ve güç vb.),
- Termal ve termodinamik özellikler (sıcaklık, ısı izolasyonu, yanma vb.),
- Elektriksel ve manyetik özellikler,
- Akustik özellikler (ses basıncı, ses yansıtma, akustik izolasyon vb.),
- Optik özellikler (ışık yansıtma, emme, iletme, kırılma vb.),
- Radyasyon,
- Kimyasal özellikler (kimyasal birleşimler, bileşenler, reaksiyonlar vb.),
- Biyo-kimyasal özellikler,
- Yapısal özellikler (erime, donma, deformasyon, gözeneklilik vb.),
- Fizyolojik ve sağlığa ilişkin özellikler (sertlik, düzgünlük, hava, gaz, nem geçirgenliği, hijyen, emniyet, bakım vb.),

- Biçim ve görünüş (konkav, konveks, uzunluk, yükseklik, derinlik, çap vb.),
- Ekonomik faktörler (imalat, depolama, nakliye, kurulum, bakım maliyeti vb.).

Yaklaşımında, açıkça tanımlanan bir malzeme seçim süreci bulunmama ile birlikte, performans gereksinimlerinin önem dereceleri üzerinden değerlendirmeler yapılarak yapı malzemelerinin karşılaştırılması mümkündür. Tasarım sürecinde yapı malzeme seçiminin performans tanımlamaları üzerinden yapılmasına imkân tanıyan yaklaşımın temel adımları ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Dış faktörlerin belirlenmesi,
- Dış faktörler ile iç faktörlerin ilişkilendirilmesi,
- Yapı malzemesinden beklenen performans özelliklerinin tanımlanması,
- Performans özelliklerinin birbirlerine göre önem derecelerinin saptanması,
- Mevcut malzemelerin, tanımlanan performans özelliklerini karşılama durumunun analiz edilmesi.

4.8.3.6. Lohaus ve Steinborn Yaklaşımı

Ludger Lohaus ve Thomas Steinborn (2013) tarafından hazırlanan “Yapı Üretiminde Yapı Malzemelerinin Seçimi” başlıklı çalışma, yapı malzemesi seçimine yönelik yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu çalışmaya göre, yapı malzemesi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör vardır. Bu faktörler, yapının türüne (konut veya konut dışı) göre farklı ağırlıklara sahiptir. Yapı malzemelerinin seçiminde öncelikli olarak yapının bulunduğu konum ve çevresel koşullar dikkate alınmalıdır. Yapı tasarımında malzeme seçimi için birincil öneme sahip olan çevresel koşullar; jeolojik yapının, sıcaklık, rüzgâr, nem, yağış gibi iklim elemanlarının, deprem yüklerinin etkilerini içermektedir. Ayrıca, yapı alanının konumu da yapı malzemesinin seçimi için etkili bir faktör olarak görülmektedir. Yapı alanına erişilebilirlik ile yapının bulunduğu bölgenin teknolojik ve ekonomik gelişmişlik düzeyi, yapım yöntemini etkileyeceğinden, kullanılacak yapı malzemesinin seçiminde belirleyici rol oynamaktadır.

Yapıya etki eden çevresel koşullar tanımlandıktan sonra, yapı malzemesinden beklenen özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Kullanılacak yapı malzemesi, her şeyden önce ilgili yapı bileşenin temel performans gereksinimlerini karşılamalıdır. Yapı malzemelerinin seçiminde (Lohaus ve Steinborn, 2013);

- Kararlılık/Sağlamlık,
- Dayanıklılık,
- İşlevsellik,
- Güvenlik, sağlığa uygunluk ve bakım kolaylığı,
- Estetik ve kullanıcı istekleri,
- Sürdürülebilirlik/Ekolojik,
- Ekonomiklik

gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Bunlara ek olarak, tasarım, planlama ve uygulama süreçlerini yönetecek ekibin bilgi düzeyi, deneyimleri ve yetenekleri de seçim süreci üzerinde etkili olabilmektedir. Yapının üretiminden yıkımına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca her aşamasının çevre üzerindeki etkileri düşünülerek seçim eylemi gerçekleştirilmelidir. Nihayetinde süreç, yapı malzemesinden beklenen özellikler ile malzemenin mevcut özellikleri arasında karşılaştırmalar yapılarak seçimin yapılmasıyla sonuçlanmaktadır.

Lohaus ve Steinborn tarafından ortaya konulan yaklaşımın adımları (Lohaus ve Steinborn, 2013);

- Yapıya etki eden çevresel koşulların tanımlanması,
- Yapı malzemesinden beklenen özelliklerin/gereksinimlerin belirlenmesi,
- Yapı malzemesinden beklenen özellikler ile malzemenin mevcut özellikleri arasında karşılaştırmalar yapılarak seçimin yapılması

şeklinde özetlenebilir.

4.8.3.7. Balanlı Yaklaşımı

Ayşe Balanlı (1997) tarafından hazırlanan “Yapıda Ürün Seçimi” başlıklı çalışma, yapı malzemesi seçimine yönelik yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, yapı üretiminde doğru malzeme seçiminin yapılması amacıyla mevcut yöntemlerden uyarlanarak bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yapının öge veya bileşeni düzeyinde yapılan malzeme seçimine yönelik oluşturulan yaklaşımın adımları şöyle sıralanmaktadır;

- “Seçimin hangi düzeyde (öge veya bileşen) yapılacağına karar verilmesi,
- Çevresel etmenlerin belirlenmesi,
- Çevresel etmenlere bağlı olarak gereksinimlerin belirlenmesi,
- Öge veya bileşenin işlevlerinin belirlenmesi,
- İşlevleri yerine getirebilecek malzeme özelliklerinin saptanması,
- Özellikleri sağlayabilecek malzeme alternatiflerinin belirlenmesi,
- Belirlenen alternatiflerin değerlendirilmesi,
- Alternatiflerin karşılaştırılması ve seçimin yapılması,
- Kararın uygunluğunun denetlenmesi ve geri besleme” (Balanlı, 1997).

Balanlı yaklaşımına göre; yapılarda malzemeye ilişkin kararların sağlıklı bir şekilde verilebilmesi için çevresel etmenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yaklaşımda, yapı üretim sürecinin ve malzeme seçiminin ilk aşaması olan çevresel etmenler dört başlıkta toplanmaktadır (Balanlı, 1997):

- Kullanıcıya bağlı etmenler (kullanıcının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısından kaynaklanan etmenler),
- Doğal ve yapma çevreye bağlı etmenler (ısı, ses, su, nem, sıvılar, gazlar, ışık, elektrik, yangın, hayvanlar, bitkiler, mikroorganizmalar, katı zararlılar, yükler ve kuvvetler, yerleşme, kullanım süreci, yapım süreci ile ilgili etmenler),
- Üretim kaynaklarına bağlı etmenler (yapı malzemelerine ve üreticiye, işgücüne, parasal ve araçlara bağlı etmenler),

- Siyasa, yasa ve kurumlara bağlı etmenler (genel yapı üretim siyasalarından kaynaklanan etmenler, yasa, tüzük, yönetmelik, şartname, standartlar gibi zorunluluklardan gelen etmenler, kurumlara bağlı etmenler).

Yapıya ilişkin tüm gereksinimler, çevresel etmenlere bağlıdır. Bu etmenlerin bir kısmı sadece yapının kullanım aşamasını, bütünü ise tüm yapı üretim sürecini etkilemektedir. Bu noktada, Balanlı yaklaşımında gereksinimler, kullanım gereksinimleri ve üretim gereksinimleri olmak üzere iki ayrı başlıkta ele alınmaktadır. Bu gereksinimleri, çevresel etmenler belirlemektedir. Kullanıcının bir mekânda yaşamını konfor içerisinde sürdürebilmesini ve eylemlerini verimli bir şekilde gerçekleştirebilmesini sağlayan koşullar kullanım gereksinimleri olarak tanımlanmaktadır. Üretimin çevresindeki etmenler, hem tasarımı, hem de uygulamayı etkileyerek kullanıcıları ve üretim sürecine katılanları (girişimci, tasarım ekibi, uygulama ekibi, proje yöneticileri, yan ekipler) kapsayan üretim gereksinmelerini meydana getirmektedir (Balanlı, 1997).

Yapının, yapının öğelerinin ve/veya bileşenlerinin işlev ve niteliklerini, gereksinimler belirlemektedir. Öge ve/veya bileşenlerin işlevleri, gereksinimlerin belirlenmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. “Tüm yapı öğeleri yapının bir veya birkaç işlevini yüklenmektedir. Bu işlevler, ögeyi oluşturan bileşenler tarafından yerine getirilmektedir.” (Arioğlu, 1993). Öge ve/veya bileşenlerin işlevlerini yerine getirebilmesi ise, malzemenin niteliklerine bağlıdır. Bu niteliklerin karşılanmaması durumu, sağlıksız yapıların oluşmasına neden olmaktadır. Malzemenin işlev ve niteliklerinin belirlenmesinde de aynı yöntem izlenmektedir. Bu nedenle, malzeme seçiminde gereksinimlerin işleve dönüştürülmesi, “malzemenin nitelikleri ise, davranışa katkıda bulunacak üretim ve kullanımdaki amaçların tümünü kapsayacak şekilde düşünülmesi” gerekmektedir (Balanlı, 1997). Bu bağlamda, Balanlı yaklaşımında işlevler;

- Kullanıcıya bağlı işlevler,
- Doğal ve yapma çevreye bağlı işlevler

başlıkları altında incelenmiştir.

Yaklaşım kapsamında nitelikler ise;

- Kullanıcıya bağlı nitelikler,
- Doğal ve yapma çevreye bağlı nitelikler,
- Üretim kaynaklarına bağlı nitelikler,
- Siyasa, yasa ve kurumlarına bağlı nitelikler

olarak sınıflandırılmaktadır.

Çevresel etmenler, gereksinimler, öge ve/veya bileşenlerin işlev ve nitelikleri belirlendikten sonra malzeme alternatifleri oluşturulmaktadır. Yapı malzemesi alternatiflerinin oluşturulmasında, malzemenin özellikleri ile malzemedeki beklenen nitelikler göz önünde bulundurulmaktadır. Daha sonra, alternatiflerin içerisinde en uygun seçimin yapılabilmesi yani, kararın verilebilmesi için değerlendirmeler ve karşılaştırmalar yapılmaktadır. “Malzeme seçimi yönteminin her adımında bir önceki adım girdi olmakta, işlemlerden sonraki adım çıktıyı oluşturmaktadır.” (Balanlı, 1997). Sonuçların istenilen seviyede olabilmesi için çıktı ile hedefin karşılaştırılması ve gerekli durumlarda ilk adıma dönülerek girdilerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Yapı malzemesi seçimi, birçok ölçüt ve alternatifin yer aldığı bir karar verme sürecidir. Karar verme sürecindeki en önemli konu ise, belirlenen hedefe ulaşılmasına katkı sağlayacak karar ölçütleridir. Alternatifler içerisinde en uygun seçimin yapılabilmesi için çok sayıda karar ölçütünün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında önerilen modelin amacı; karar vericinin, çok sayıdaki malzeme alternatifi arasından yapıdan beklenen performansı sağlayabilecek en uygun seçimi yapmasını sağlamaktır. Bu noktada, yapının genelinden beklenen performansı olumlu yönde etkileyecek yapı malzemelerinin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Malzeme özellikleri, alternatiflerin değerlendirmesinde birer karar ölçütü olarak ele alınabilir.

4.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

İnsan; doğal ve yapılı çevreyle etkileşim içerisinde olan ve bu etkileşim sonucunda biyolojik, psikolojik, sosyo-kültürel boyutlarıyla gelişen ve değişen dinamik bir varlıktır. İnsanın yaşamını sürdürebilmesi için temel gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir. Bu gereksinimlerin en önemlilerinden biri ise, “barınma” gereksinimidir. İnsanlar, olumsuz çevre koşullarından korunmak, çeşitli tehlikelere karşı tedbir almak, üretim yapmak için zamanın koşulları nispetinde çeşitli mekânlar oluşturmuşlardır. İlk çağlarda bu gereksinim, mağara, ağaç kovuğu gibi doğal oluşumlarda ya da doğal çevrede bulunan malzemelerle oluşturulan basit mekânlarda karşılanmıştır. Zaman içerisinde gelişen ve değişen gereksinimlere bağlı olarak insanlar, doğal çevreye müdahalelerde bulunarak biçimlendirmiş ve yapılı çevreler oluşturmuştur.

İnsanın doğal çevreden ayırarak inşa ettiği yapılı çevrede uygulanan her türlü yapım, üretim ve tasarım faaliyetinin diğer bir deyişle, “mekân yaratma” eyleminin temeli, insanın barınma gereksinimine dayanmaktadır. Barınma gereksinimi, insanın var oluşuyla başlamakta ve insanla birlikte gelişerek değişen gereksinimlere yanıt verecek şekilde evrilmektedir. “Mekân yaratma” eylemi, ilk olarak barınma gereksinimiyle ortaya çıkmış; zaman içerisinde teknolojik, ekonomik, sosyo-kültürel alanlarda meydana gelen gelişmelere bağlı olarak barınma mekânlarında da değişimler yaşanmıştır. İnsanın yaşamını sürdürebileceği fiziksel, sosyo-kültürel, psikolojik, ideolojik gibi birçok yaşamsal işlevi bir arada bulunduran konutlar üretilmiştir. Barınma gereksinimini karşılama çabasıyla oluşturulan konut; günümüzde toplum içerisinde bir statü göstergesi, geleceğe yönelik ekonomik bir güvence, dayanıklı bir tüketim malı ve güvenli bir yatırım aracı olma gibi işlevler kazanan bir olgu haline gelmiştir.

Tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payı oluşturan konutlar, çeşitli nedenlerle sürekli olarak artış göstermekte, pek çok alt ve/veya yan sektörü besleyerek ekonomiye yön vermektedir. Ekonomik büyüme ve kalkınma üzerindeki etkilerinin yanı sıra, enerjinin ve doğal kaynakların kullanımında da önemli paya sahiptir. Artan enerji kullanımı, doğal kaynakların hızla tükenmesi, çevrenin tahrip

edilmesi, ekolojik dengenin bozulması gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Bu durum, ekonomik büyüme, çevresel bozulmanın önlenmesi, karbon salınımı ve olumsuz etkilerinin azaltılması hedefi doğrultusunda yapının üretim sürecine ekonomik, sosyal ve çevresel açılardan olumlu katkılar sağlayacak çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapı faaliyetlerindeki enerji kullanımının büyük bir bölümü ise, yapı malzemeleri ile ilgili aşamalarda gerçekleşmektedir.

Çeşitli bileşen, eleman ve malzemelerin belirli amaçlar dâhilinde bir araya getirilmesiyle oluşan yapılar, kullanım ömürleri süresince iç ve dış ortamdaki pek çok etkene maruz kalmaktadır. Bu nedenle, yapıların, her türlü koşul ve etken karşısında yüksek performans gösterecek şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Dolayısıyla, yapı elemanlarını oluşturan yapı malzemelerine ait özelliklerin bilinmesi, yapının genelinden beklenen performansın sağlanması bakımından büyük bir önem arz etmektedir. Malzemenin, yapı elemanından karşılanması beklenen gereksinimlere cevap verecek nitelikte olması gerekmektedir. Yapı malzemelerinin özellikleri ise; temel olarak fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler başlıkları altında toplanabilir. Bunların yanı sıra, termal, akustik, optik, ekolojik ve ekonomik özellikleri de önemlidir.

Yapı malzemesi seçim süreci; çok sayıda malzeme alternatifi içerisinde tasarım gereksinimlerini karşılayacak uygun seçimin yapılmasıdır. Bu süreçte, uygun yapı malzemesini seçebilmek için, yapıdan beklenen performans gereksinimlerinin ortaya konulması ve bu gereksinimleri karşılayan alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir. Ardından, karar sürecinin sistematik bir şekilde yürütülebilmesini sağlayacak bazı bilimsel yöntemlerden faydalanılarak optimal seçimin yapılmalıdır. Bu noktada, tez çalışması kapsamında önerilen modelin geliştirilmesine katkı sağlayacak bazı yapı malzemesi seçim yaklaşımları incelenmiştir. Çalışmada; Ashby yaklaşımı, Cronberg yaklaşımı, Müller yaklaşımı, Japonya Yapı Araştırma Enstitüsü yaklaşımı, Finlandiya Teknik Araştırma Enstitüsü yaklaşımı, Lohaus ve Steinborn yaklaşımı ve Balanlı yaklaşımı ele alınmıştır. Tüm yaklaşımlara yönelik genel bir değerlendirme yapıldığında, yapının performans gereksinimlerinin (karar ölçütleri), yapı malzemelerine ait performans gereksinimlerine dönüştürülmesi esasına

dayandıklarını söylemek olanaklıdır. Yapı malzemelerinin performanslarını değerlendirebilmek için ise, malzemelere ait özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımlara göre, yapıdan beklenen gereksinimler üzerinden yapı malzemelerinin özelliklerine dayanan değerlendirmeler yapılarak, yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırılması ve aralarından uygun seçimin yapılması mümkündür. Bu bağlamda, kullanıcının konfor şartlarını sağlayan, her türlü koşul ve etken karşısında yüksek performans gösteren yapı üretiminin gerçekleştirilebilmesi için, yapı malzemelerinin özelliklerine hâkim olunması gerekmektedir.

Yapı malzemesine ilişkin bilgi eksikliği; malzemenin hatalı kullanımına, uygun olmayan malzeme seçimine, dolayısıyla yetersiz konfor şartlarına sahip yapı üretimine neden olacaktır. Bu nedenle, yapı malzemesi seçimi önemli bir karar noktasıdır. Ayrıca, malzeme seçimi yapılırken alınacak herhangi yanlış bir karar, yapı üretim sürecine ilişkin tüm aşamaları etkileyecek; kullanıcı, doğal veya yapılı çevre üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Dolayısıyla, doğru yapı malzemesi seçim kararlarıyla, bu etkilerin neden olabileceği problemler en aza indirgenebilir. Bu noktada, yapı malzemelerine ait fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik/ekolojik özelliklerin ve yapı üretildikten sonra kullanım aşamasında malzemenin göstereceği performansın iyi bilinmesi, bu ölçütler kapsamında değerlendirmeler yapılarak yapı tasarımına uygun malzeme seçiminin yapılması gerekmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ İLE KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Yaşantının önemli bir kısmının geçirildiği yapıların performansı, insan yaşamı üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Bir yapının yüksek performans göstermesinde, uygun yapı malzemelerinin seçimi önemli bir karar noktasıdır. Uygun malzeme seçimi, tüm yapı üretim sürecini etkileyen ve yapının performansı ile doğrudan ilişkili olan en önemli ancak en çok zorlanılan konulardan biridir. Yapı malzemeleri sektörü sürekli olarak gelişmekte ve sektör neredeyse sınırsız alternatifler sunmaktadır. Her geçen gün artan malzeme alternatiflerinin çeşitliliği, karar verme aşamasında malzemelerin özellikleri, performansı ve teknik detayları ile birlikte değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Karar vericiler, malzemelerin biçimsel, fiziksel, mekanik, ekonomik vb. özelliklerini göz önünde bulundurarak en iyi performansı sağlayan malzemeleri seçmelidir. Bu nedenle, yapı malzemesi seçiminde; her bir karar verme (seçim yapma) ölçütünün yapı performansı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu araştıran sistematik bir karar verme sürecinin yürütülmesi gerekmektedir.

Yapı malzemesi seçiminin performans, kalite, konfor, enerji, maliyet gibi pek çok açıdan kritik öneme sahip olmasına karşın, malzemelerin performansına yönelik sistematik ve bilimsel değerlendirmeler yapan bir modelin bulunmaması nedeniyle, çoğunlukla karar vericinin geçmiş deneyimlerine dayanan yaklaşımlar benimsenmektedir. Bununla birlikte, malzeme seçimine ilişkin sınırlı sayıda çalışma yapılmış ancak, malzemenin özellikleri ve bunların yapı performansını nasıl etkilediği tam olarak incelenmemiştir. Bu durum, çok sayıda ölçütü bir arada değerlendirerek, tanımlanan problemi çözüme ulaştıracak farklı niteliklere sahip yapı malzemeleri arasından uygun seçimin yapılmasına yönelik model geliştirmenin

gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, mevcut çalışmalardaki boşluğu doldurarak alana katkı sağlayacağı ve bu alanda yapılacak çalışmalar için kılavuz teşkil edeceği dşnlen bir yapı malzemesi seçim modeli geliştirmek amaçlanmaktadır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik önerilen model tanıtılmakta ve uygulama aşamaları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Çalışma kapsamında, Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine dayalı, yapının yüksek performans hedefine ulaşmasını sağlayacak uygun yapı malzemelerinin seçimi için belirlenen karar ltlerini ve alternatifleri sayısallaştırarak değerlendiren bir model önerilmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine dayalı, konut yapılarında yapı malzemesi seçimine yönelik model önerisinde izlenecek uygulama adımları şu şekilde sıralanmaktadır:

Adım 1: Problemin ve Hedefin Tanımlanması

Konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik karar probleminin zm için malzeme seçiminin hangi düzeyde yapılacağının belirlenmesi işlemidir.

Adım 2: Karar ltlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Hedef çerçevesinde, yapıdan beklenen performans özelliklerini sağlayan karar ltlerinin ve yapı malzemesi alternatiflerinin belirlenmesi işlemidir.

Adım 3: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Belirlenen ltlerin ve alternatiflerin hiyerarşik yapıda düzenlenmesi işlemidir.

Adım 4: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Karar ölçütlerinin, yapıdan beklenen performans özelliklerini hangi oranda karşıladığı ikili karşılaştırmalarla değerlendirilerek elde edilen üstünlük (öncelik) değerlerinin matris ile ifade edilmesidir.

Adım 4.1: Ana Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Ana ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak elde edilen üstünlük (öncelik) değerlerinin matris ile ifade edilmesidir.

Adım 4.2: Alt Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Ana ölçütlerle ilişkili olan alt ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak elde edilen öncelik değerlerinin matris ile ifade edilmesidir.

Adım 5: İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir ölçütün öncelik değerinin, kendi sütunundaki tüm ölçütlerin öncelik değerlerinin toplamına bölünmesiyle normalize edilmesi işlemidir.

Adım 5.1: Ana Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

Ana ölçütlere ait ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi işlemidir.

Adım 5.2: Alt Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

Ana ölçütlerle ilişkili olan alt ölçütlere ait ikili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi işlemidir.

Adım 6: Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Normalize ikili karşılaştırma matrisinin her bir satır toplamının, ölçüt sayısına bölünmesi işlemidir.

Adım 6.1: Ana Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Ana ölçütlerin öncelik vektörlerinin hesaplanması işlemidir.

Adım 6.2: Alt Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Alt ölçütlerin öncelik vektörlerinin hesaplanması işlemidir.

Adım 6.3: Global (Genel) Ağırlıkların Hesaplanması

Ana ölçütlerin öncelik vektörleri ile ilgili ana ölçüte bağlı alt ölçütlerin öncelik vektörlerinin çarpılması işlemidir.

Adım 7: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının analizidir.

Adım 7.1: Özdeğerlerin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörlerinin matris çarpımı işlemidir.

Adım 7.2: En Büyük Özdeğerin Hesaplanması

Özdeğerlerin, öncelik vektörlerine oranlarının toplamının, ölçüt sayısına bölünmesi işlemidir.

Adım 7.3: Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması

En büyük özdeğerden ölçüt sayısı çıkarılıp, ölçüt sayısının bir eksiğine bölünmesi işlemidir.

Adım 7.4: Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü

Tutarlılık indeksinin, rassal indeks tablosunda ölçüt sayısına karşılık gelen değere bölünmesi işlemidir. Tutarlılık oranı, 0,10'dan küçük ise, ikili karşılaştırmalar tutarlıdır; büyük ise, işlemler tekrarlanır.

Adım 8: Alternatiflerin Karşılaştırılması ve Seçim

Alternatiflerin, her bir ölçüt bazında, ikili karşılaştırmalarla değerlendirilerek elde edilen üstünlük (öncelik) değerlerinin matrisler ile ifade edilmesidir.

Adım 8.1: Alternatifler için Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Alternatiflerin, karar ölçütleri bazında karşılaştırmaları yapılarak elde edilen üstünlük (öncelik) değerlerinin matrisler ile ifade edilmesidir.

Adım 8.2: Alternatiflerin Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu

Karşılaştırma matrisindeki her bir değer, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle normalize edilmesi işlemidir.

Adım 8.3: Alternatiflerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Normalize karşılaştırma matrisinin her bir satır toplamının, alternatif sayısına bölünmesi işlemidir.

Adım 8.4: Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması

Alternatiflerin öncelik vektörleri ile ölçütlerin öncelik vektörleri çarpımıyla alternatiflerin önem derecelerinin hesaplanması işlemidir.

Adım 8.5: Alternatiflerin Sıralanması ve Seçim

En büyük önem ağırlığı seçim skoruna sahip olan alternatif, en iyi seçim olarak belirlenir.

5.1. PROBLEMİN VE HEDEFİN TANIMLANMASI

Yapı; çeşitli parça, bileşen, eleman ve malzemelerin belirli amaçlar dâhilinde bir araya getirilerek düzenlenmesiyle oluşmakta ve üstlendiği işlevleri bu unsurlar aracılığıyla yerine getirmektedir. Kullanım ömürleri boyunca iç ve dış ortamdaki pek çok etkene maruz kalan yapıların, her türlü koşul karşısında yüksek performans gösterecek şekilde tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, yapının beklenen performansı gösterebilmesi, yapıyı oluşturan tüm unsurların işlevlerini yerine getirebilmesi ve kullanıcı gereksinimlerinin yetkin bir şekilde karşılanabilmesi için zorunlu olan yapı unsurlarını oluşturan yapı malzemelerinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Yapı malzemelerinin doğru seçimi, yapının işlevsel sürekliliğinin sağlanmasına, belirli etkenler karşısındaki dayanıklılığına, kullanım ömrünün ve performansının artmasına, estetik değerlerin karşılanmasına, ekolojik/çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Özellikle, tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payın %85'lik oranla konut yapılarına ait olduğu, tüketilen enerjinin yaklaşık %30-35'inin konut yapılarında kullanıldığı ve yapı yaşam döngüsü süresince enerji kullanımının yaklaşık %20'sinin yapı malzemelerinden kaynaklandığı düşünüldüğünde, konut yapılarına yönelik çalışmaların yapılması önemli hale gelmektedir.

Yapı, çeşitli eleman, bileşen, parça gibi farklı düzeyleri içermekte ve her düzeyde yapı malzemesi seçimi söz konusudur. Yapıyı oluşturan belirli bir unsurun işlevini yerine getirebilmesi için zorunlu olan uygun yapı malzemesi seçim kararı, birbirleriyle çelişen birden fazla ölçütü ve çok sayıda farklı malzeme alternatifini içermesi nedeniyle, bir çok ölçütlü karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tanımlanan yapı malzemesi seçimine yönelik karar verme probleminin çözümlenmesinde, öncelikle yapı malzemesi seçiminin hangi düzeyde (parça, bileşen, eleman vb.) yapılacağı belirlenmesi; ardından bu düzeyin işlevini yerine getirebilmesini sağlayacak yapı malzemesini seçme hedefi doğrultusunda önerilen karar verme modelinin uygulama adımlarının takip edilmesi gerekmektedir. Karar vericinin, tanımlanan hedefe ulaşmasını sağlayacak karar ölçütlerinin ve olası yapı malzemesi alternatiflerinin belirlenmesi önerilen modelin sonraki uygulama adımındır.

5.2. KARAR ÖLÇÜTLERİNİN VE ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ

Yapı malzemeleri, bir yapının tasarımında ve uygulanmasında önemli rol oynamaktadır. Kullanıcı için uygun konfor koşullarının sağlanması ve yapının yüksek performansla çalışması için malzeme seçimi yapılırken özenle hareket edilmesi gerekmektedir. Yapı malzemesi sektöründe farklı özelliklere sahip çok sayıda malzeme alternatifinin bulunması ve nihai karara varmadan önce değerlendirilmesi gereken birçok seçim ölçütünün olması seçim sürecini karmaşık hale getirerek zorlaştırmaktadır. Yapı için en uygun yapı malzemesini seçilirken malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri, çevresel etki, performans, maliyet gibi çeşitli ölçütler göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde, malzeme seçiminde yanlış verilen bir karar, yapı üretim aşamalarında bazı hataların ortaya çıkmasına veya yapının üretiminden sonra birtakım sorunlarla karşılaşılmasına dolayısıyla yapı performansının düşmesine neden olabilir.

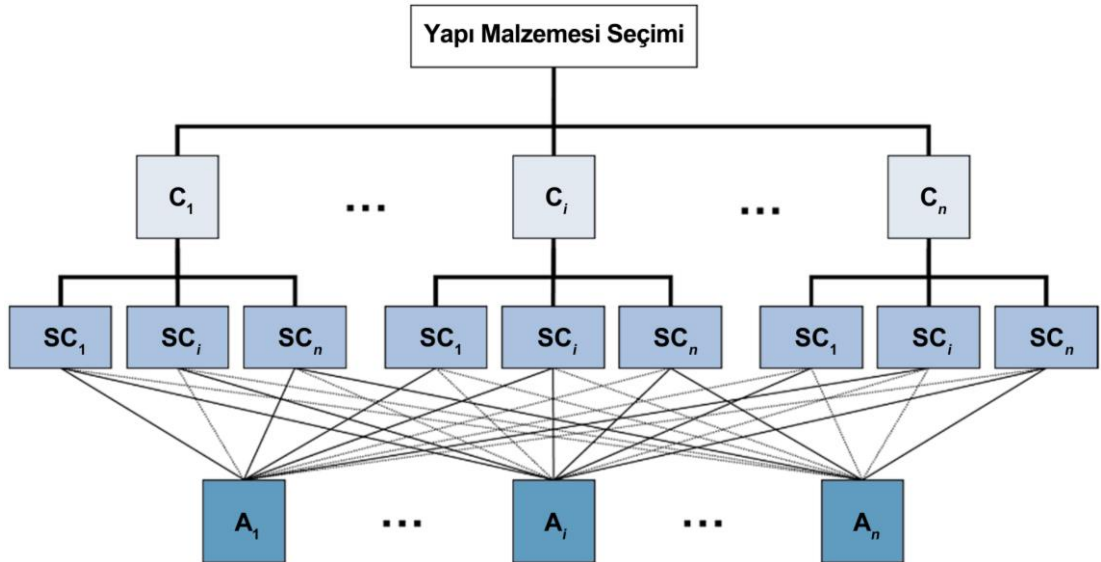
Yapı malzemesi seçimi yapılırken, hiçbir ölçüt sunulmadan seçim yapıldığı durumlarda, çoğunlukla karar vericinin geçmiş deneyimlerine dayanan yaklaşımlar benimsenmektedir. Bununla birlikte, belirli ölçütler doğrultusunda seçim yapıldığında ise, karar verici, yapıdan beklenen performansı göz önünde bulundurarak malzeme seçimi yapılacak olan yapı unsurunun hangi ölçütleri sağlaması gerektiğini düşünecektir. Böylece, konfor koşulları iyileştirilerek sağlıklı bir ortam sağlayan, yapısal performansı artırılarak kullanım ömrü uzun ve sürdürülebilir yapıların üretilmesi mümkün olacaktır. Bu nedenle, yapı malzemesi seçiminde; yapının performansına, çevresel etkenler karşısındaki dayanıklılığına, kullanıcı konfor koşullarına, estetik değerine, ekolojik ve ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlayacak ölçüt ve alternatiflerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Yapıyı oluşturan belirli bir unsurun işlevini yerine getirebilmesi ve yapıdan beklenen performansın sağlanabilmesi için zorunlu olan uygun yapı malzemesi seçim problemi ve malzemesi seçiminin hangi düzeyde yapılacağına ilişkin hedef tanımlandıktan sonra, yöntemin ikinci uygulama adımında karar vericiyi hedefine ulaştıracak karar ölçütleri ve bu ölçütlerle ilişkili olan alt ölçütler belirlenmektedir.

Aynı zamanda, karar ölçütlerini belirli ölçülerde sağlayacak, ilgili ölçütler ile ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilecek ve aralarından seçim yapılacak olan olası yapı malzemesi alternatifleri de belirlenmektedir. Bu aşamada, tutarlı sonuçların elde edilebilmesi için malzemelere ilişkin bilgilerin toplanması, malzemelerin güçlü ve zayıf yönlerinin, kullanım alanlarının ve geçmiş uygulamalardaki davranışlarının araştırılması gerekmektedir.

5.3. HİYERARŞİK YAPININ OLUŞTURULMASI

Önerilen modelin *Adım 1* uygulama adımında tanımlanan hedefe ve *Adım 2* uygulama adımında belirlenen karar ölçütlerine ve yapı malzemesi alternatiflerine ait hiyerarşik yapının oluşturulması gerekmektedir. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef, onun alt düzeylerinde sırasıyla problem üzerinde etkili olan ana ölçütler, alt ölçütler ve alternatifler gösterilmektedir. Buna göre, uygun yapı malzemesi seçim hedefine ulaştıracak ana karar ölçütü (C), alt karar ölçütü (SC) ve alternatiflerin (A) yer aldığı önerilen modele ait hiyerarşik yapı Şekil 5.1'deki gibi gösterilmektedir. Hiyerarşik yapı, ölçütler ile alternatifleri arasındaki ilişkinin gösterilmesine ve her bir alternatifin ölçütler düzeyinde ikili olarak analiz edilmesine imkân tanımaktadır.



Şekil 5.1: Yapı malzemesi seçiminde yer alan ölçüt ve alternatiflerin hiyerarşik yapıda gösterimi.

5.4. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN OLUŞTURULMASI

Yapı malzemesi seçim probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile çözülmesinde, hiyerarşik yapı ile ifade edilen her bir karar ölçütü arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine olan üstünlüklerini gösteren ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulduğu uygulama adımı ile devam edilmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulabilmesi için karar vericilere (mimar, mühendis ve diğer uzman kişiler), ölçütlerin ikili olarak karşılaştırma ifadelerinin kullanılmasıyla meydana getirilen anket formundaki sorular yöneltilmektedir. Bu ankette, ana ölçütler ve birbiriyle ilişkili alt ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yer almaktadır. Her bir ölçüt ikili olarak kıyaslandığından, tutarlılıkları ölçme imkânı da sağlanmış olmaktadır.

Hiyerarşik yapıda yer alan tüm ölçütlerin önem dereceleri temel ölçekten faydalanılarak saptandıktan sonra, birebir ve karşılıklı olacak şekilde ikili karşılaştırmalar yapılarak “ikili karşılaştırma matrisi” oluşturulmaktadır (Çizelge 5.1). Karşılaştırma matrisi, karar ölçütlerine ilişkin değerlerin Microsoft Excel programının hücrelerine yazılmasıyla elde edilmektedir. Ana ölçütler ile ana ölçütlerle ilişkili alt ölçütler için ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir.

Çizelge 5.1: Thomas L. Saaty'nin geliştirdiği temel ölçek (Saaty, 1990).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki ölçüt eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine biraz daha fazla tercih etmektedir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı, bir ölçütü diğerine güçlü bir şekilde tercih etmektedir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilmektedir.
9	Kesinlikle önemli	Bir ölçütün diğerine tercih edildiğini gösteren kanıt, mümkün olan en yüksek doğrulama derecesine sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara (Ortalama) değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere, iki ardışık önem derecesi arasındaki değerlerdir.
1/2, 1/3 vb.	Ters (Karşıt) değerler	Bir ölçüt başka bir ölçütle karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birini alır. Bunlardan ikinci ölçüt birinci ölçüt ile karşılaştırıldığında ters değer alır.

5.4.1. Ana Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Adım 3 uygulama adımında oluşturulan modelde yer alan ana karar ölçütlerinin önem dereceleri temel ölçüğe göre saptandıktan sonra, yapıdan beklenen performans özelliklerini hangi oranda karşıladığı ikili karşılaştırmalar yapılarak ana ölçütlerin birbirlerine göre üstünlük değerleri, ikili karşılaştırma matrisi ile ifade edilmektedir (Çizelge 5.2). n sayıda ana ölçütlü ikili karşılaştırma matrisi için yapılacak ikili karşılaştırmaların sayısı, $n(n-1)/2$ formülü ile hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenleri “1” değerini almaktadır. $n \times n$ boyutlu karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} = 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & a_{22} = 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

a_{ij} , “ i ölçütünün değeri j ölçütüne göre tercih oranı”nı ifade etmektedir. a_{ji} değeri ise, “ j ölçütünün değeri i ölçütü karşısındaki üstünlüğü”nü ifade etmekle birlikte, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ’den elde edilmektedir.

Çizelge 5.2: Ana ölçütler için kili karşılaştırma matrisinin gösterimi.

A	C₁	C₂	...	C_n
C₁	1	a_{12}	...	a_{1n}
C₂	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
⋮	⋮	⋮	1	⋮
C_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$...	1

5.4.2. Alt Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Adım 3 uygulama adımında oluşturulan modelde yer alan alt karar ölçütlerinin önem dereceleri temel ölçekten faydalanılarak saptandıktan sonra, ikili karşılaştırmalar yapılarak ölçütlerin birbirlerine göre üstünlük (öncelik) değerleri matris ile ifade edilmektedir (Çizelge 5.3). Bu işlem, her bir ana ölçüt ile ilişkili olan alt ölçütleri için ayrı ayrı yapılmaktadır. n sayıda alt ölçüte ait ikili karşılaştırma matrisinde yer alacak toplam ikili karşılaştırmaların sayısı, $n(n-1)/2$ formülü ile hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenleri 1 değerini almaktadır. $n \times n$ boyutlu karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} = 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & a_{22} = 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

Ana ölçütler ile ilişkili alt ölçütlerin bulunmaması durumunda, bu uygulama adımını (*Adım 4.2*) göz ardı edilerek, *Adım 5* uygulama adımına geçilmektedir.

Çizelge 5.3: Alt ölçütler için ikili karşılaştırma matrisinin gösterimi.

A	SC_1	SC_2	\dots	SC_n
SC_1	1	a_{12}	\dots	a_{1n}
SC_2	$1/a_{12}$	1	\dots	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	1	\vdots
SC_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	\dots	1

5.5. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN NORMALİZASYONU

Önerilen modelde, ana ölçütleri ve her bir ana karar ölçütüyle ilişkili alt karar ölçütleri için ikili karşılaştırılma matrisi oluşturulduktan sonra bu matrislerin normalizasyon işleminin gerçekleştirildiği uygulama adımı ile devam edilmektedir. Normalizasyon işlemiyle, çok büyük veya çok küçük değerlere sahip ölçütlerin değerleri aynı biçimde ve birbirlerine yakın bir değere indirgenmektedir. Böylece, hesaplamaların yapılmasında kolaylık sağlanmakta ve ölçütlerin değerleri arasındaki karşılaştırmalar daha anlaşılabilir kılınmaktadır. Normalizasyon işlemi, ikili karşılaştırma matrisinde yer alan bir ölçütün diğer bir ölçüte sağladığı üstünlük değerini ifade eden bileşenin, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu işlem, hem ana karar ölçütleri hem de alt karar ölçütlerine ait karşılaştırma matrisleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir. Uygulama adımı ile ilgili formüller, Microsoft Excel programının hücrelerine yazılarak işlemler yapılmaktadır.

5.5.1. Ana Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

Adım 4.1. uygulama adımında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisindeki her bileşen, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle ana ölçütlerin ikili karşılaştırma matrislerinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.

n sayıda ana ölçüt bulunan ikili karşılaştırma matrisi a_{ij} ve normalize edilmiş karşılaştırma matrisi a'_{ij} olmak üzere;

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5.3)$$

formülü ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır.

Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} = 1 & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & 1 & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

5.5.2. Alt Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

Adım 4.2 uygulama adımında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisindeki her bileşen, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Ana ölçütlere ile ilişkili alt ölçütler bulunmadığında ise, bu adım (*Adım 5.2*) göz ardı edilerek, *Adım 6* uygulama adımına geçilmektedir.

n sayıda alt ölçüt bulunan ikili karşılaştırma matrisi a_{ij} ve normalize edilmiş karşılaştırma matrisi a'_{ij} olmak üzere;

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5.5)$$

formülü ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} = 1 & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & 1 & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

5.6. ÖNCELİK VEKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI

İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyon işlemi tamamlandıktan sonra karar ölçütlerinin öncelik vektörlerinin hesaplandığı süreç ile devam edilmektedir. Öncelik vektörü (özvektör), belirli bir ölçütün tüm ölçütler içerisindeki önem ağırlığını göstermektedir. Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamının, toplam ölçüt sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu işlem, hem ana ölçütler hem de alt ölçütlerin öncelik vektörlerinin hesaplanması için ayrı ayrı uygulanması gerekmektedir. Daha sonra, tüm ölçütlerin nihai ağırlıklarını veren global (genel) ağırlık hesaplanmaktadır. Uygulama adımı ile ilgili formüller, Microsoft Excel hücrelerine yazılarak işlemler yapılmaktadır.

5.6.1. Ana Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Belirli bir ana ölçütün diğer tüm ana ölçütler içerisindeki önem ağırlığını yani, öncelik vektörünü hesaplayabilmek için; *Adım 5.1* uygulama adımında elde edilen normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamının, toplam ana ölçüt sayısına bölünmesi gerekmektedir. Öncelik vektörü;

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n} \quad (5.7)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. W_i değeri, i ölçütünün karşılaştırılan diğer ölçütler içerisindeki “önem ağırlığı”nı belirtmekte ve tüm öncelik vektörlerinin toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir. Bulunan öncelik vektörü aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

5.6.2. Alt Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Belirli bir alt ölçütün diğer tüm alt ölçütler içerisindeki önem ağırlığını yani, öncelik vektörünü hesaplayabilmek için; *Adım 5.2* uygulama adımında elde edilen normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamının, toplam ana ölçüt sayısına bölünmesi gerekmektedir. Ana ölçütlere ile ilişkili alt ölçütler bulunmadığında ise, bu adım (*Adım 6.2*) göz ardı edilerek, *Adım 7* uygulama adımına geçilmektedir. Öncelik vektörü;

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n} \quad (5.9)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

W_i değeri, i ölçütünün karşılaştırılan diğer ölçütler içerisindeki “önem ağırlığı”nı belirtmekte ve tüm öncelik vektörlerinin toplamının 1’e eşit olması gerekmektedir. Bulunan öncelik vektörü aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (5.10)$$

5.6.3. Genel (Global) Ağırlıkların Hesaplanması

Adım 6.1 ile *Adım 6.2* uygulama adımlarında ana ve alt ölçütlerin öncelik vektörleri elde edildikten sonra, tüm ölçütlerin nihai ağırlıklarını veren genel (*global*) ağırlık hesaplanmaktadır. Genel (*Global*) ağırlık, *Adım 6.1* uygulama adımında elde edilen, alt ölçütün ait olduğu ana ölçütün (yerel) öncelik vektörü ile *Adım 6.2* uygulama adımında elde edilen, alt ölçütün kendi (yerel) öncelik vektörünün çarpılmasıyla elde edilmektedir (Çizelge 5.4). Ana ölçütlere ile ilişkili alt ölçütler bulunmadığında ise, bu adım (*Adım 6.3*) göz ardı edilerek, *Adım 7* uygulama adımına geçilmektedir.

Çizelge 5.4: Genel (Global) ağırlıkların hesaplanması.

Ana Ölçütler	Yerel Öncelik Vektörleri	Alt Ölçütler	Yerel Öncelik Vektörleri	Global (Genel) Ağırlık
C_1	w_1	SC_1	w_{11}	$w_1 \times w_{11}$
		SC_2	w_{12}	$w_1 \times w_{12}$
		\vdots	\vdots	\vdots
		SC_n	w_{1n}	$w_1 \times w_{1n}$
C_2	w_2	SC_1	w_{21}	$w_2 \times w_{21}$
		SC_2	w_{22}	$w_2 \times w_{22}$
		\vdots	\vdots	\vdots
		SC_n	w_{2n}	$w_2 \times w_{2n}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
C_n	w_n	SC_n	w_{nn}	$w_n \times w_{nn}$

5.7. TUTARLILIK ORANININ HESAPLANMASI

İkili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi ve öncelik vektörlerinin hesaplanmasının ardından, karar vericilerin ölçütler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadıklarının, ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadıklarının analiz edilmesi gerekmektedir. Analiz sonucunun tutarsız çıkması durumunda ise, ikili karşılaştırma matrislerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Örneğin, ölçütler arasında yapılan bir kıyaslamada; A ölçütünün, B ölçütüne göre mutlak üstünlüğe ve B ölçütünün de C ölçütüne göre mutlak üstünlüğe sahip olduğunu belirten karar verici, C ölçütü ile A ölçütünü kıyaslarken, C ölçütünün A ölçütüne göre daha önemli olduğunu ifade ediyorsa tutarsızlık olduğu söylenebilir.

Uygulama adımı ile ilgili formüller, Microsoft Excel programının hücrelerine yazılarak işlemler yapılmaktadır. Karşılaştırma matrislerine ilişkin tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için sırasıyla şu işlem adımlarının takip edilmesi gerekmektedir:

- Özdeğerlerin hesaplanması,
- En büyük özdeğerin (λ_{max}) hesaplanması,
- Tutarlılık indeksinin (CI) hesaplanması,
- Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması ve kontrolü.

5.7.1. Özdeğerlerin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığını analiz etmenin ilk adımı özdeğerlerin hesaplanması ile başlamaktadır. “Özdeğer”, *Adım 4* uygulama adımında oluşturulan ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi (A) ile *Adım 6.1* uygulama adımında hesaplanan ölçütlerin öncelik vektörlerinin (W) matris çarpımıyla elde edilmektedir. Buna göre, özdeğer;

$$W' = A \times W \quad (5.11)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

Elde edilen özdeğerin matris çarpımını aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A \times W = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w'_1 \\ w'_2 \\ \vdots \\ w'_n \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

Hiyerarşik yapıda ana ölçütler ile ilişkili alt ölçütler bulunuyorsa, özdeğeri hesaplamak için *Adım 4* uygulama adımında oluşturulan ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi (A) ile *Adım 6.3* uygulama adımında hesaplanan tüm ölçütlerin nihai ağırlıklarını veren global (genel) ağırlık değerlerinin matris çarpımının yapılması gerekmektedir.

5.7.2. En Büyük Özdeğerin Hesaplanması

Özdeğerlerin elde edilmesinin ardından, temel değer olarak da adlandırılan en büyük özdeğerin (λ_{max}) hesaplanması gerekmektedir. Buna göre, en büyük özdeğer (λ_{max}), *Adım 7.1* uygulama adımında elde edilen özdeğerlerin (w'), *Adım 6* uygulama adımında hesaplanan ölçütlerin öncelik vektörlerine (W) oranlarının toplamının, ölçüt sayısına bölünmesiyle yani, özdeğerlerin öncelik vektörlerine oranlarının aritmetik ortalamasının alınmasıyla elde edilmektedir. En büyük özdeğer;

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (5.13)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

5.7.3. Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması

En büyük özdeğerin hesaplanmasının ardından, “tutarlılık indeksi (consistency index-*CI*)” hesaplanmaktadır. Tutarlılık indeksini hesaplayabilmek için, *Adım 7.2* uygulama adımında hesaplanan en büyük özdeğerden (λ_{max}), ölçüt sayısı çıkarılıp, elde edilen değer ölçüt sayısının bir eksiğine bölünmesi gerekmektedir. Buna göre, tutarlılık indeksi;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (5.14)$$

formülüyle elde edilmektedir.

5.7.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü

Tutarlılık oranının hesaplanması, tutarlılık indeksinin, rassal indeks tablosunda ölçüt sayısına karşılık gelen değere bölünmesi işlemidir. *Adım 7.3* uygulama adımında elde edilen tutarlılık indeksinin (consistency index-*CI*), aynı boyuttaki karşılaştırma matrisine karşılık gelen rassal indeks (random index-*RI*) değerine bölünmesiyle “tutarlılık oranı (consistency ratio-*CR*)” hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için farklı boyutlardaki ikili karşılaştırma matrisleri için tanımlanan rassal indeks değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Çizelge 5.5’te “rassal indeks (*RI*)” değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.5: Rassal indeks değerleri (Saaty, 1994).

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

CI ve RI değerleri belirlendikten sonra “tutarlılık oranı (CR)” aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.15)$$

Hesaplamalar sonucunda, CR değerinin 0,10’dan küçük olması ($CR < 0,10$), tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyede olduğunu diğer bir deyişle, karar vericilerin tutarlı davrandığını, ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı sonuç verdiğini göstermektedir. Ancak CR değerinin 0,10’a eşit veya 0,10’dan büyük çıkması durumunda ($CR \geq 0,10$) ise, tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyenin üzerinde olduğu yani, ikili karşılaştırma matrisinin tutarsız olduğu yeniden değerlendirilmesi ve/veya uygulama adımlarının tekrarlanması gerektiği kabul edilmektedir. Karar vericilerin anket sorularına tutarsız cevaplar vermeleri ya da uygulama adımlarında yapılan hesaplama hataları nedenleriyle tutarsızlık durumu ortaya çıkabilmektedir.

5.8. ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİM

Yapı üretiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine dayalı yapı malzemesi seçim modelinde, malzeme alternatiflerinin karşılaştırılması, sıralanması ve seçimin yapılması uygulama adımlarının sonucusudur. Yapı malzemesi seçim probleminin çözümlünde, hiyerarşik yapının en son düzeyinde yer alan alternatiflerin nihai sıralamalarının belirlenebilmesi ve uygun malzeme seçiminin yapılabilmesi için alternatiflerin karşılaştırıldığı uygulama adımı takip edilmektedir.

Yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırmasını yapabilmek için, öncelikle karar ölçütleri bazında alternatiflerin karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve bu matrisin normalize edilmesi gerekmektedir. Normalize edilmiş matrisin yardımıyla alternatiflerin yüzde önem dağılımları elde edilmektedir. Alternatiflerin karşılaştırma matrisi ile karar ölçütlerinin öncelik vektörlerinin matris çarpımı yapılarak her bir alternatifin önem ağırlığı belirlenmektedir. Ana ölçütlerle ilişkili alt ölçütlerin bulunduğu durumlarda ise, alternatiflerin önem ağırlıkları elde edilirken, ölçütlerin

öncelik vektörleri ile alt ölçütlerin öncelik vektörlerinin çarpımıyla belirlenen tüm ölçütlere ait genel (*global*) ağırlık ile alternatiflerin karşılaştırma matrisinin çarpılması gerekmektedir. Alternatiflerin önem ağırlığı değerlerine göre, alternatifler sıralanmakta ve alternatiflerin hedefe uygunlukları göz önünde bulundurularak en uygun yapı malzemesi hakkında karar verilmektedir. Uygulama adımı ile ilgili formüller, Microsoft Excel programının hücrelerine yazılarak işlemler yapılmaktadır.

5.8.1. Alternatifler için Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Adım 3 uygulama adımında oluşturulan hiyerarşik yapıda yer alan yapı malzemesi alternatiflerinin önem dereceleri temel ölçeğe göre saptandıktan sonra, alternatiflerin birbirlerine olan üstünlük değerlerinin yer aldığı ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Her bir ölçüt için ayrı ayrı karşılaştırma matrisi oluşturularak “ölçütlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri” elde edilmektedir (Çizelge 5.6). n sayıda alternatifin ikili karşılaştırma matrisi için yapılacak ikili karşılaştırmaların sayısı, $n(n-1)/2$ formülü ile hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenleri “1” değerini almaktadır.

n sayıda karar alternatifine ilişkin ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} = 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & a_{22} = 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.16)$$

a_{ij} , “ i alternatifinin j alternatifine göre tercih oranı”nı ifade etmektedir. a_{ji} değeri ise, “ j alternatifinin i alternatifi karşısındaki üstünlüğü”nü ifade etmekle birlikte, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ’den elde edilmektedir.

Çizelge 5.6: Ölçütler bazında alternatiflerin karşılaştırma matrisinin gösterimi.

Karar Ölçütü (C_n)				
Alternatifler	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	1	\vdots
A_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$...	1

Karar verme problemine dâhil olan çok sayıdaki alternatif içerisinde en uygun seçimin yapılması için değerlendirilen karar ölçütleri, temel ölçekteki değerlerle ifade edilemeyen farklı birimlere, oldukça büyük veya küçük uç değerlere sahip olabilmektedir. Bu türden durumlarda, süreçte oluşabilecek hataların ortadan kaldırılması için alternatiflerin ölçütler bazındaki performans (ham) değerlerinin, normalizasyon yöntemleri kullanılarak boyutsuz hale getirilmesi gerekmektedir. Karar verme probleminde, farklı birimlere sahip değişkenler bulunuyorsa; bu adımda (*Adım 8.1*), ölçütler bazında alternatiflerin ham değerlerinin gösterildiği matris oluşturularak bir sonraki uygulama adımına geçilmektedir (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7: Ölçütler bazında alternatiflerin ham değerlerinin matris gösterimi.

Ölçütler Bazında Alternatiflerin Ham Değerleri				
Ölçütler Alternatifler	C_1	C_2	...	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

5.8.2. Alternatiflerin Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu

Alternatifler için ölçütler bazında karşılaştırılma matrisleri oluşturulduktan sonra, bu matrislerin normalizasyon işleminin gerçekleştirildiği uygulama adımı ile devam edilmektedir. Karşılaştırma matrisinde yer alan bir alternatifin diğer bir alternatife sağladığı üstünlük değerini ifade eden her bir bileşen, kendi sütunundaki tüm bileşenlerin toplamına bölünmesiyle normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem, her bir ölçüte göre oluşturulan karşılaştırma matrisleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir.

n sayıda alternatifin yer aldığı karşılaştırma matrisi a_{ij} ve normalize edilmiş karşılaştırma matrisi a'_{ij} olmak üzere;

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5.17)$$

formülü ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi ise aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} = 1 & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & 1 & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} = 1 \end{bmatrix} \quad (5.18)$$

Yapı malzemesi seçim probleminin çözümü için belirlenen malzeme alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılan karar ölçütlerinin farklı birimlere sahip olduğu durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu noktada, tez çalışmasına konu olan Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde, birbirlerinden farklı birimlere ilişkin değerlendirmelerin yapılması mümkün olmadığından, alternatiflerin ölçütler bazındaki performans (ham) değerlerinin normalizasyonu yapılarak boyutsuz hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesinde, doğrusal normalizasyon, vektör normalizasyonu, logaritmik normalizasyon gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Problemin yapısına en uygun normalizasyon yöntemi, karar verici tarafından belirlenerek uygulamaya geçirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında, farklı birimlerdeki değerlerin ortak bir ölçeğe ve karşılaştırılabilir birimlere dönüştürülmesi için uygulanan “doğrusal normalizasyon” yöntemlerinden “asgari-azami (minimum-maksimum, fayda-zarar) normalizasyon” yönteminden faydalanılmaktadır. Asgari-azami normalizasyon yöntemi, Analitik Hiyerarşi Prosesi ile başarılı sonuçlara ulaşmak için en uygun normalleştirme yöntemidir (Vafaei vd., 2016). Asgari-azami normalizasyon ile ham değerlerin arasındaki orantı korunduğundan, elde edilen sonuçlarda herhangi bir değişikliğin olmaması yöntemi avantajlı kılmaktadır. Bu yöntemde, öncelikle her bir karar ölçütü bazında, alternatiflerin asgari ve/veya azami ham (performans) değerleri diğer bir deyişle, karar sürecine fayda sağlayan (maksimum) ve/veya zarara neden olan (minimum) değerler belirlenmektedir. İlgili karar ölçütüne ait diğer değerler, bu değerlere göre normalize edilmektedir. Böylece, farklı ölçü birimlerine sahip olan değerler, 0 ila 1 aralığında değer almaktadır.

Karar verme sürecinde, farklı birimlere sahip karar ölçütleri bulunuyorsa; bu adımda (*Adım 8.2*), *Adım 8.1* uygulama adımında oluşturulan ölçütler bazında alternatiflerin ham (performans) değerleri matrisi için normalizasyon işleminin yapılması gerekmektedir.

m sayıda alternatifin ve n sayıda ölçütün yer aldığı karşılaştırma matrisinde; i alternatifinin j ölçütü bazında ham (performans) değeri a_{ij} , normalize edilmiş değeri d_{ij} , j ölçütünün asgari değeri $\min_j(a_{ij})$ ve j ölçütünün azami değeri $\max_j(a_{ij})$ olmak üzere;

$$d_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_j(a_{ij})} \quad (\text{karar sürecine fayda sağlayan ölçüt için}) \quad (5.19)$$

$$d_{ij} = \frac{\min_j(a_{ij})}{a_{ij}} \quad (\text{karar sürecinde zarara neden olan ölçüt için}) \quad (5.20)$$

formülleri ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Alternatiflerin ölçütler bazında normalizasyon işlemi uygulanarak elde edilmiş değerleri (önem ağırlıkları) matris gösterimi Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8: Ölçütler bazında alternatiflerin normalize edilmiş değerlerinin (önem ağırlıklarının) matris gösterimi.

Ölçütlere Göre Alternatiflerin Önem Ağırlıkları				
D	C_1	C_2	\dots	C_n
A_1	d_{11}	d_{12}	\dots	d_{1n}
A_2	d_{21}	d_{22}	\dots	d_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\dots	\vdots
A_m	d_{m1}	d_{m2}	\dots	d_{mn}

Bu adımda (*Adım 8.2*), *Adım 8.1* uygulama adımında oluşturulan ölçütler bazında alternatiflerin ham değerlerinin gösterildiği matrise, doğrusal normalizasyon işlemi uygulanarak önem ağırlıkları hesaplandığından, *Adım 8.3* uygulama adımı göz ardı edilerek, doğrudan *Adım 8.4* uygulama adımına geçilmektedir.

5.8.3. Alternatiflerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Alternatiflerin ikili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesinin ardından, alternatifler için öncelik vektörlerinin hesaplandığı süreç ile devam edilmektedir. *Adım 8.2* uygulama adımında elde edilen normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamının, toplam alternatif sayısına bölünmesiyle alternatifler için öncelik vektörü elde edilmektedir.

Karar verme sürecinde, farklı birimlere sahip karar ölçütleri bulunuyorsa; *Adım 8.1* uygulama adımında oluşturulan ölçütler bazında alternatiflerin ham değerlerine, *Adım 8.2* uygulama adımında doğrusal normalizasyon işlemi uygulanarak önem ağırlıkları hesaplandığından, bu adım (*Adım 8.3*) göz ardı edilerek, *Adım 8.4* uygulama adımına geçilmektedir.

Öncelik vektörü;

$$D_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (5.21)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. D_i değeri, i alternatifinin karşılaştırılan diğer tüm alternatifler içerisindeki önem ağırlığını ifade etmekte ve tüm öncelik vektörlerinin toplamının "1"e eşit olması gerekmektedir. Alternatifler için öncelik vektörünün matris gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$D = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} \quad (5.22)$$

Bu uygulama adımı (*Adım 8.3*), her bir ölçüt bazında ayrı ayrı gerçekleştirilerek, ölçütlere göre alternatiflerin öncelik vektörlerinin (önem ağırlıklarının) ifade edildiği matris oluşturulmaktadır (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9: Ölçütler bazında alternatiflerin öncelik vektörlerinin (önem ağırlıklarının) matris gösterimi.

Ölçütlere Göre Alternatiflerin Önem Ağırlıkları				
<i>D</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	...	<i>C_n</i>
<i>A₁</i>	<i>d₁₁</i>	<i>d₁₂</i>	...	<i>d_{1n}</i>
<i>A₂</i>	<i>d₂₁</i>	<i>d₂₂</i>	...	<i>d_{2n}</i>
⋮	⋮	⋮	...	⋮
<i>A_m</i>	<i>d_{m1}</i>	<i>d_{m2}</i>	...	<i>d_{mn}</i>

5.8.4. Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması

Alternatiflerin karşılaştırma matrisi ile ölçütler için hesaplanan öncelik vektörlerinin matris çarpımıyla alternatiflerin seçim skorları elde edilmektedir. En büyük önem ağırlığı seçim skoruna sahip olan alternatif, en iyi seçim olarak belirlenmektedir. Alternatiflerin ölçütler bazında üstünlük değerlerini gösteren matris (*D*) ile *Adım 6.1* uygulama adımında elde edilen ölçütlerin öncelik vektörlerinin (*W*) matris çarpımıyla hesaplanmaktadır. Alternatiflerin sıralamalarını veren seçim skorları, *D* matrisinin her bir satırındaki her bir bileşenin değeri ile *W* matrisindeki değerler ayrı ayrı çarpılıp toplanarak elde edilmektedir. Buna göre, alternatiflerin seçim skorları;

$$X = D \times W \quad (5.23)$$

formülüyle hesaplanmaktadır.

n sayıda ölçütün ve m sayıda alternatifin bulunduğu karar verme problemini çözüme ulaştıracak en iyi alternatifi veren matris aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

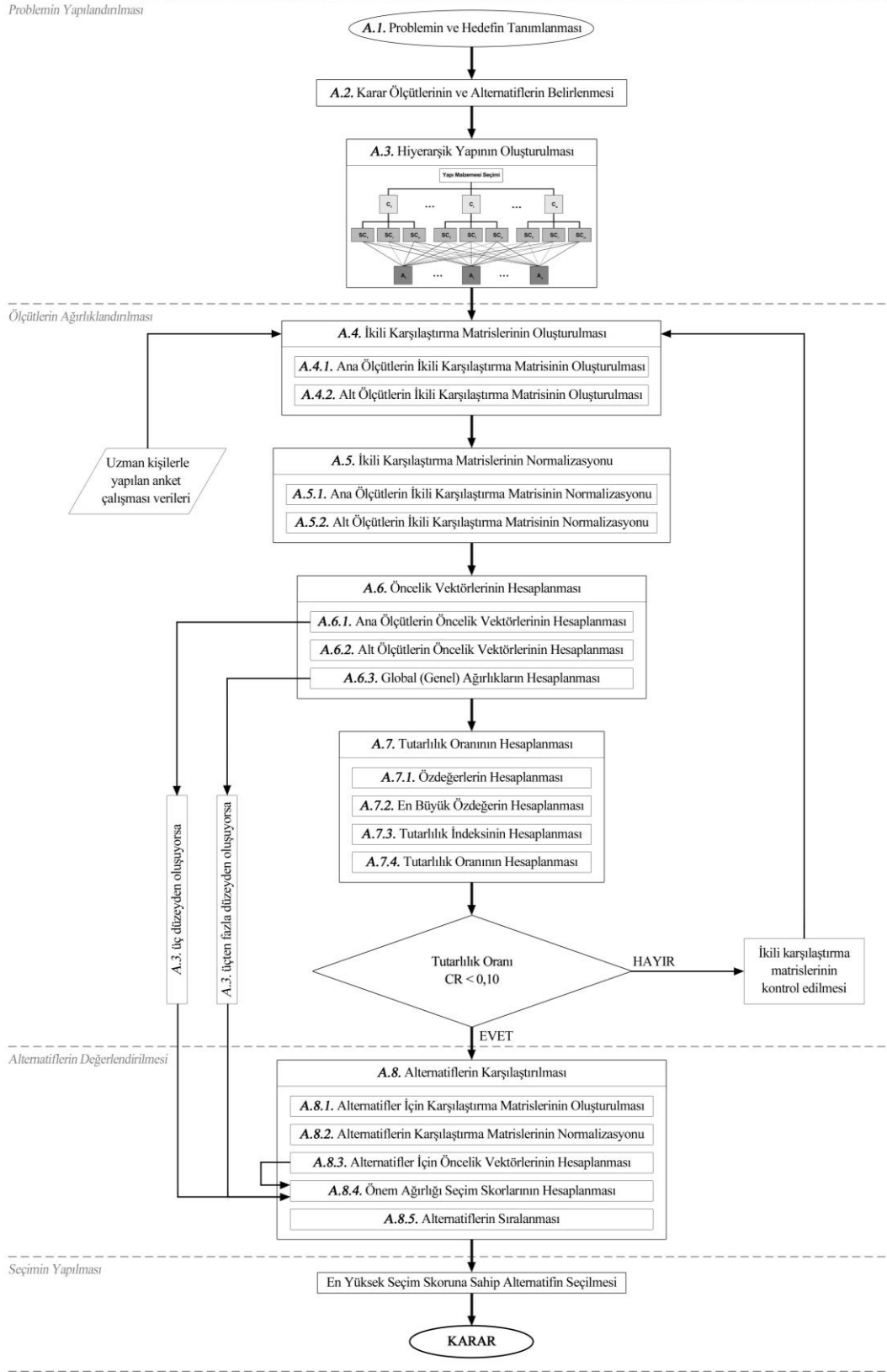
$$D \times W = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} \quad (5.24)$$

Hiyerarşik yapıda ana ölçütler ile ilişkili alt ölçütler bulunuyorsa, alternatiflerin nihai sıralamasını belirlemek için; ölçütler bazında alternatiflerin öncelik vektörleri (D) ile *Adım 6.3* uygulama adımında hesaplanan tüm ölçütlerin nihai ağırlıklarını veren genel (*global*) ağırlık değerlerinin matris çarpımının yapılması gerekmektedir.

5.8.5. Alternatiflerin Sıralanması ve Seçim

Adım 8.4 uygulama adımında elde edilen önem ağırlığı seçim skorlarına bağlı olarak yapı malzemesi alternatifleri sıralanarak, yapıdan beklenen performansı sağlayacak olan en uygun yapı malzemesi alternatifi bulunmaktadır. Sıralamada en yüksek seçim skoruna sahip alternatif, karar verme probleminin çözümü için en uygun olan malzeme kararı olarak benimsenmektedir.

Şekil 5.2’de Analitik Hiyerarşi Prosesi ile yapı malzemesi seçimine yönelik oluşturulan model önerisine ait tüm uygulama adımları verilmiştir.



Şekil 5.2: AHP ile yapı malzemesi seçim modelinin uygulama adımları.

5.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

Yapı; çeşitli eleman, bileşen, parça gibi farklı unsurların belirli bir hedef doğrultusunda bir araya getirilip düzenlenmesiyle oluşmaktadır. Yapının üstlendiği işlevlerin bu unsurlar aracılığıyla yerine getirilmesi nedeniyle, her bir unsurun oluşumunda malzeme seçimi kritik önem taşımaktadır. Yapıyı oluşturan belirli bir unsurun işlevini yerine getirebilmesi için zorunlu olan uygun yapı malzemesi seçim kararı, birbirleriyle çelişen birden fazla ölçütü ve çok sayıda farklı malzeme alternatifini içermesi nedeniyle, bir çok ölçütlü karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, çeşitli karar ölçütünün ve çok sayıda farklı alternatifin olduğu yapı malzemesi seçim problemini çözüme ulaştırmak için bu alana yönelik rasyonel bir yaklaşım gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda çalışmada, Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine dayalı, tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payı oluşturan konut yapılarının yüksek performans hedefine ulaşmasını sağlayacak uygun yapı malzemelerinin seçimi için belirlenen karar ölçütlerini ve malzeme alternatiflerini sayısallaştırarak değerlendiren bir model önerilmektedir.

Önerilen modele ilişkin ilk uygulama adımı, *Problemin ve Hedefin Tanımlanması*'dır. İlgili uygulama adımı, problemin ve hedefin iyi bir şekilde tanımlanması, yapı malzemesi seçimine ilişkin karar verme sürecindeki tüm adımların planlı bir şekilde yürütülebilmesi ve diğer uygulama adımlarında ortaya çıkabilecek belirsizliklerin, eksikliklerin veya hataların önüne geçilmesi bakımından oldukça önemli bir adımdır. Önerilen model kapsamında, yapının işlevselliğini sağlayabilmek için zorunlu olan yapı malzemesi seçimi, çok sayıda karar ölçütünü ve farklı nitelikte çok sayıda malzeme alternatifini içeren çok ölçütlü karar verme problemi olarak tanımlanmaktadır. Tanımlanan yapı malzemesi seçimi probleminin çözümlenmesinde, yapı malzemesi seçiminin hangi yapı unsuru için (parça, bileşen, eleman vb.) yapılacağı belirlenip, bu unsurun işlevini yerine getirmesini sağlayacak malzemeyi seçme hedefi doğrultusunda modelin diğer uygulama adımları takip edilmektedir.

Önerilen modele ilişkin ikinci uygulama adımı, *Karar Ölçütlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi*'dir. İlgili uygulama adımında, yapıdan beklenen performans sağlayacak yapı malzemelerinde aranan karar ölçütleri ve (var ise) bu ölçütlerle ilişkili olan alt ölçütler belirlenmektedir. Belirlenen ölçütler doğrultusunda malzeme seçimi yapılarak, yüksek performans gösteren, kullanım ömrü uzun ve sürdürülebilir yapıların üretilmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu adımda, karar ölçütlerini belirli ölçülerde sağlayabilecek, bu ölçütler bazında karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilebilecek ve aralarından uygun olan seçim yapılabilecek yapı malzemesi alternatifleri de belirlenmektedir.

Önerilen modele ilişkin üçüncü uygulama adımı, *Hiyerarşik Yapının Oluşturulması*'dır. İlgili uygulama adımında, birinci uygulama adımında tanımlanan hedef ile ikinci uygulama adımında belirlenen karar ölçütleri ve yapı malzemesi alternatiflerin arasındaki ilişkilerin gösterildiği hiyerarşik yapı oluşturulmaktadır. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde hedef, onun alt düzeyinde problem üzerinde etkili olan karar ölçütleri, (var ise) bu ölçütlerle ilişkili olan alt ölçütler ve en son düzeyde ise yapı malzemesi alternatifleri gösterilmektedir. Hiyerarşik yapı oluşturularak, ölçütler ile alternatifler arasındaki ilişkilerin gösterilmesi ve her bir alternatifin, ölçütler düzeyinde ikili olarak karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Önerilen modele ilişkin dördüncü uygulama adımı, *İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması*'dır. İlgili uygulama adımında, hiyerarşik yapıda ifade edilen her bir karar ölçütü arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine olan üstünlüklerini gösteren ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulurken, temel ölçekten faydalanılarak ölçütlerin önem ağırlıkları saptanmakta; birebir ve karşılıklı olacak şekilde kıyaslama yapılmaktadır. Bu uygulama adımı kendi içerisinde, *Ana Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması* ve *Alt Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması* olmak üzere iki uygulama adımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Eğer ana ölçütlerle ilişkili alt ölçütler bulunuyorsa, ana ölçütler ve alt ölçütler için ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Ancak hiyerarşik yapıda alt

ölçütler yer almıyorsa, *Ana Ölçütlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması* uygulama adımı tamamlanarak diğer adımlara geçilmektedir.

Önerilen modele ait beşinci uygulama adımı, *İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu*'dur. İlgili uygulama adımında, ikili karşılaştırma matrisindeki her bir ölçütün önem ağırlığı, kendi sütunundaki tüm ölçütlerin önem ağırlıklarının toplamına bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Normalizasyon işlemiyle, ölçütlerin önem ağırlıklarını aynı biçimde ve birbirlerine yakın bir değere indirgeyerek, hesaplamaları daha kolay ve karşılaştırmaları daha anlaşılır kılmak amaçlanmaktadır. Bu uygulama adımı kendi içerisinde, *Ana Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu* ve *Alt Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu* olmak üzere iki uygulama adımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Eğer ana ölçütlerle ilişkili alt ölçütler bulunuyorsa, ana ölçütler ve alt ölçütlerin ayrı ayrı normalizasyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ancak hiyerarşik yapıda alt ölçütler yer almıyorsa, *Ana Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu* uygulama adımı tamamlanarak diğer adımlara geçilmektedir.

Önerilen modele ait altıncı uygulama adımı, *Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması*'dır. İlgili uygulama adımında, belirli bir karar ölçütün tüm ölçütler içerisindeki önem ağırlığını hesaplamak amaçlanmaktadır. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamının, toplam ölçüt sayısına bölünmesiyle öncelik vektörü elde edilmektedir. Bu uygulama adımı kendi içerisinde, *Ana Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması*, *Alt Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması* ve *Global (Genel) Ağırlıkların Hesaplanması* olmak üzere üç uygulama adımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Eğer ana ölçütlerle ilişkili alt ölçütler bulunuyorsa, ana ölçütlerin ve alt ölçütlerin öncelik vektörleri ayrı ayrı hesaplanıp, tüm ölçütlerin nihai ağırlıklarını veren global (genel) ağırlık elde edilmektedir. Ancak hiyerarşik yapıda alt ölçütler yer almıyorsa, *Ana Ölçütlerin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması* uygulama adımı tamamlanarak diğer adımlara geçilmektedir.

Önerilen modele ait yerdinci uygulama adımı, *Tutarlılık Oranının Hesaplanması*'dır. Bu uygulama adımı kendi içerisinde, *Özdeğerlerin Hesaplanması*, *En Büyük Özdeğerin Hesaplanması*, *Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması* ve *Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü* olmak üzere dört uygulama adımı çerçevesinde ele alınmaktadır. İlgili uygulama adımında, ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadıklarının tespiti yapılmaktadır. Tutarsız sonuç elde edilmesi durumunda ($CR \geq 0,10$), ikili karşılaştırma matrisleri düzenlenerek tüm sürecin tekrarlanması gerekmektedir.

Önerilen modele ait son uygulama adımı ise, nihai yapı malzemesi seçim kararının verildiği *Alternatiflerin Karşılaştırılması ve Seçimin Yapılması*'dır. İlgili uygulama adımında, yapı malzemesi alternatiflerin karşılaştırılması, sıralanması ve uygun malzeme seçiminin yapılması amaçlanmaktadır. Bu uygulama adımı kendi içerisinde, *Alternatifler İçin Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması*, *Alternatiflerin Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu*, *Alternatifler İçin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması*, *Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması* ve *Alternatiflerin Sıralanması ve Seçim* olmak üzere beş uygulama adımı çerçevesinde ele alınmaktadır. Söz konusu adımlar takip edilerek, en yüksek önem ağırlığı seçim skoruna sahip alternatif, yapıdan beklenen performansı sağlayacak olan en uygun olan yapı malzemesi olarak benimsenmektedir.

ALTINCI BÖLÜM

6. ÖNERİLEN MODELİN UYGULANMASI VE UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışmasının beşinci bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'nin genel yapısı, işleyişi ve uygulama adımları açıklanmıştır. Yapı malzemesi seçimi sürecinin başarılı bir şekilde yönetilmesine ve bu süreçte belirlenen karar ölçütleri ile malzeme alternatiflerini birlikte değerlendirerek yüksek performanslı yapı hedefini sağlayacak optimal seçimin yapılmasına, sistematik ve bilimsel bir yaklaşımla analizler yaparak rasyonel sonuçlar veren Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin işlev, performans, kalite, konfor, enerji, zaman ve maliyet gibi pek çok açıdan önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasının bu bölümünde, konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik geliştirilen ve uygulama adımları verilen model önerisi, belirlenecek bir yapı unsurunda (parça, bileşen, eleman vb.) kullanılacak yapı malzemesinin seçimi problemi üzerinde uygulanarak değerlendirmeler yapılacaktır. Tanımlanan karar verme probleminin çözümlenmesinde, söz konusu yapı unsurundan beklenen performans hedefini gerçekleştirecek karar ölçütleri ile bu ölçütleri sağlayacak malzeme alternatifleri belirlenecek; modelin diğer uygulama adımları sırasıyla takip edilerek önerilen modelin uygulama süreci tamamlanacaktır. Son olarak, modelin uygulama süreci boyunca yapılan işlemler ve bu işlemlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin yapı malzemesinin seçilmesi süreci üzerindeki etkileri tartışılacaktır.

6.1. PROBLEMİN VE HEDEFİN TANIMLANMASI

Yapı üretim sürecinin en önemli aşamalarından biri, yapıyı meydana getiren unsurların (parça, bileşen, eleman, birim vb.) işlevlerini yerine getirebilmeleri için gerekli olan uygun yapı malzemesinin seçilmesidir. Günümüzde bilim, sanayi ve teknoloji alanlarındaki değişimlere paralel olarak yapı sektöründe de önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Sektörün gelişimiyle birlikte artan yapı malzemesi çeşitliliği ve malzemelerin nitelik farklılığı, uygun seçimin yapılmasını güçleştirmektedir. Yüksek performanslı yapı hedefiyle yapı malzemesi seçimi yapılırken verilen yanlış kararlar, uygun olmayan malzemelerin seçilmesine, bu da işlevini yerine getiremeyen ve yüksek performans hedefine ulaşamayan yapıların üretilmesine yol açabilmektedir. Özellikle, yapıların yaşam döngüsü süresi içerisinde meydana gelen olumsuz çevre etkilerinin yaklaşık %10'unda yapı malzemelerinin sorumlu olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yapı malzemesi seçiminin önemi daha da artmaktadır. Bu nedenle, yapı malzemesi seçimi, kritik bir karar verme problemi olarak ele alınmaktadır.

İnsanlar, fizyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel gereksinimlerini, çeşitli çevresel etkenlerin etkisi altında karşılayabilmek için birtakım yaşama alanları oluşturmuşlardır. Çevresel koşulların etkilerini kontrol altına alarak gereksinimlerin karşılanmasında etkili olan dış duvarlar ile iç ortamda bazı bölümlerin oluşmasını sağlayan iç duvarlar, bu yaşama alanlarının önemli bileşenleri arasındadır. “Duvar, yapıda oluşturulan iç mekânı dış mekândan ayıran, iç ortamda gerekli konfor koşullarını sağlamak üzere yapı bünyesini ısı, su, nem, termal gerilmeler ve radyasyon gibi dış ortam koşullarının zararlı etkilerinden koruyan yapı bileşenidir.” (Başaran, 1998). Bir yapının oluşturulmasında önemli roller oynayan duvar yapı elemanından beklenen özellikler oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bu özellikler arasında; taşıyıcılık, koruyuculuk, dayanıklılık, ekonomiklik, kolay uygulanabilirlik, bakım-onarım kolaylığı, estetik görünüm yer almaktadır. Ayrıca duvarların; yapının işlevselliğini, bu işlevlerin sürekliliğini, performans gerekliliklerini sağlayabilecek ve kullanıcıların konforu, sağlığı, güvenliği ile ilgili gereksinimlerine, beklentilerine karşılık verebilecek niteliklere sahip olması gerekmektedir.

Yapının temel bileşenlerinden biri olan duvar yapı elemanından göstermesi beklenen özellikler, çevrenin sağladığı imkânlar, çevresel etkilerinin getirdiği kısıtlar çerçevesinde, duvarın üstlendiği işlevlere bağlı olarak belirlenebilmektedir. Ancak duvar elemanından göstermesi beklenen temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Simmons, 2011):

- “Taşıyıcı yapı elemanlarından aktarılan hareketli yükleri destekleyebilmeli ve bu elemanların ölü yüklerini taşıyabilmelidir.
- Rüzgâr, deprem gibi doğrudan duvara etki eden dış kuvvetlere karşı direnç gösterebilmelidir.
- Isı, nem, hava ve su buharı etkilerini kontrol altına alabilecek geçirimsizliğe sahip olmalıdır.
- Yeterli düzeyde ses yalıtımı ve görsel mahremiyeti sağlamalıdır.
- Yüksek yangın dayanımına sahip olmalıdır.
- Isıtma, iklimlendirme, elektrik ve sıhhi tesisat donanımlarını barındırmalıdır.
- Kaplama malzemelerinin uygulanmasına uygun niteliklere sahip olmalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.
- Kapı, pencere gibi elemanlara uygulama kolaylığı sağlamalıdır.”

İç ortam ile dış ortam arasındaki sınırı oluşturarak yapıyı çevreleyen, sürekli olarak değişen çevresel koşulların etkilerine maruz kalan duvarlar, yapının performansını belirleyen en önemli yapı elemanlarından biridir. Yapısal dayanım ve yapı performansı üzerinde etkili olan duvar elemanı, aynı zamanda insanın sağlığı, konforu ve güvenliğinin sağlanmasında da etkin rol oynamaktadır. Bu bağlamda, tez çalışmasına konu olan konutlar, yapı türü olarak belirlenmiş ve yapının temel bileşenlerinden biri olan duvar yapı elemanında kullanılacak yapı malzemelerinin seçimi, karar problemi olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında önerilen modeli, örnek vaka olarak ele alınan “uygun duvar gövde malzemesinin seçimi” hedefi doğrultusunda uygulanmak üzere, modelin bir sonraki uygulama adımına geçilmiştir.

6.2. KARAR ÖLÇÜTLERİNİN VE ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ

Yapı malzemeleri, yapıların tasarımında ve uygulanmasında oldukça önemli roller üstlenmektedir. Bir yapıda, kullanım ömrü boyunca yüksek performansın ve yüksek yapısal dayanımın sağlanabilmesi, belirlenen işlevlerin sürdürülebilmesi, kullanıcının konfor beklentilerinin ve gereksinimlerinin karşılanabilmesi için tasarıma uygun yapı malzemeleri seçilerek uygulanmalıdır. Bu noktada, yapı malzemesi seçim kararını etkileyecek ve uygun malzemeyi belirleyecek karar ölçütleri ile bu ölçütler doğrultusunda yapı elemanına uygulanacak malzeme alternatiflerinin belirlenmesi ve bu malzemelere ilişkin özelliklerin iyi derecede bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, yapının üretim sürecinde telafisi mümkün olmayan boyutlarda ciddi zararlar ortaya çıkabilmektedir.

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *Karar Ölçütlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi* uygulama adımı doğrultusunda, konut yapılarının duvar elemanında kullanılacak yapı malzemelerinin seçimini etkileyecek karar ölçütleri ile bu ölçütlere dayanarak uygulanabilirliği değerlendirilecek malzeme alternatifleri belirlenecektir. Yapının performans gerekliliklerinin sağlanabilmesi noktasında, söz konusu uygulama adımında kullanılacak karar ölçütleri ile malzeme alternatiflerinin belirlenmesinde literatür verilerinden yararlanılmıştır.

6.2.1. Yapı Malzemesi Seçiminde Yer Alan Karar Ölçütlerinin Belirlenmesi

Günümüzde bilim ve teknoloji alanlarında önemli gelişmeler kaydedilmekte ve bu gelişmelerin yoğun bir şekilde takip edildiği alanların içerisinde yapı malzemeleri alanı da yer almaktadır. Bu durum, yapı malzemelerindeki çeşitliliği artırdığından kullanılacak malzemeyi seçebilmek için belli ölçütlere duyulan gereksinimi de artırmaktadır. Bu gereksinimi karşılama noktasında, duvar yapı elemanında yapı malzemesi seçimini etkileyecek ölçütlerin belirlenmesi için, literatürdeki malzeme seçimine yönelik çalışmalarda ele alınan karar ölçütleri incelenmiştir. Çizelge 6.1'de, literatürden elde edilen malzeme seçim ölçütlerine yer verilmiştir.

Çizelge 6.1: Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Referans(lar)	Yıl	Malzeme Seçim Ölçütleri
Patton	1968	<ul style="list-style-type: none">• Boyutsal kararlılık• Korozyon direnci• Mukavemet• Sertlik• Dayanıklılık• Isı dayanımı• Yorulma• Elektrik direnci• Isı iletkenliği• Diğer malzemelerle birlikte kullanım• Maliyet
Smith	1969	<ul style="list-style-type: none">• Mukavemet• Süneklik• Dayanıklılık• Kararlılık• Sertlik• Deformasyon• Korozyon ve Kohezyon direnci• Isı iletkenliği• Elektrik iletkenliği• Mekanik özellikler• Optik özellikler• Manyetik özellikler
Sneck, Saarimaa ve Sneck	1972	<ul style="list-style-type: none">• Mukavemet• Sertlik• Deformasyon• Isıl özellikler• Elektriksel özellikler• Manyetik özellikler• Ses basıncı• Ses yansıtma• Akustik izolasyon• Işık yansıtma• Işığın emme• Işığın iletme• Işığın kırılması• Radyasyon• Kimyasal özellikler

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Sneck, Saarimaa ve Sneck	1972	<ul style="list-style-type: none">• Erime ve donma noktası• Su emme ve doyma derecesi• Porozite• Hava-Gaz-Nem geçirgenliği• Hijyen ve Güvenlik• Bakım-onarım kolaylığı• Biçim ve görünüş özellikleri• Maliyet (imalat, depolama, nakliye, kurulum, bakım, onarım)• Yasa, yönetmelik, standartlara uygunluk
Esin	1980	<ul style="list-style-type: none">• Fiziksel özellikler• Mekanik özellikler• Isı iletkenliği• Elektrik iletkenliği• Kimyasal etkilere dayanım• Erişebilirlik• Üretim gereksinimleri• Ekonomik gereksinimler• Bakım ve onarım
Ashby	1992; 2005; 2010	<ul style="list-style-type: none">• Yoğunluk• Elastisite modülü• Mukavemet• Sertlik• Kırılma tokluğu• Yorulma• Sünme• Aşınma dayanımı• Korozyon• Oksidasyon• Isı iletkenliği• Isıl genleşme• Erime noktası• Özdirenç• Elektrik iletkenliği• Sürdürülebilirlik/Çevresel etkiler• Estetik• Maliyet

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Lindbeck	1995	<ul style="list-style-type: none">• Mukavemet• Dayanıklılık• Erime noktası• Yoğunluk• Nem içeriği• Porozite• Korozyon• Isı iletkenliği• Elektrik iletkenliği• Akustik özellikler• Optik özellikler• Biçim ve görünüş özellikleri (Koku, his vb.)• Estetik
Budinski	1996	<ul style="list-style-type: none">• Mukavemet• Dayanıklılık• Sertlik• Yorulma• Sünme• Kırılma tokluğu• Erime noktası• Porozite• Yoğunluk• Korozyon• Atomik yapı• Kimyasal etkilere dayanım• Boyutsal özellikler (boyut, biçim, doku vb.)• Maliyet
Müller	1997	<ul style="list-style-type: none">• Boyut-Biçim-Renk• Düşey ve yatay kuvvetler• Radyasyon• Isı-Ses-Nem etkileri• Mekanik etkileri• Kimyasal etkiler• Biyolojik etkiler• İşlenebilirlik• Dayanıklılık• Mekanik stabilite• İmalat-Depolama-Nakliye-Montaj özellikleri• Maliyet

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Müller	1997	<ul style="list-style-type: none">• Atık oluşumu ve zararlı madde emisyonu• Doğal kaynak ve enerji tüketimi• Konfor• Ergonomi• Güvenlik• Estetik
Manganon	1999	<ul style="list-style-type: none">• Fiziksel özellikler• Mekanik özellikler• İşleme ve üretim özellikleri• Kullanım ömrü• Korozyon• Oksidasyon• Aşınma dayanımı• Yorulma• Sünme• Maliyet ve erişebilirlik• Yasa, yönetmelik, standartlara uygunluk
Zhou, Yin ve Hu	2009	<ul style="list-style-type: none">• Mukavemet• Dayanıklılık• Sertlik• Yoğunluk• Satın alma maliyeti• Üretim/Kurulum maliyeti• Nakliye maliyeti• Geri dönüşüm/Yıkım maliyeti• Çevre kirliliği• Enerji tüketimi• Geri dönüştürülebilirlik/Yeniden kullanım
Callister ve Rethwisch	2010	<ul style="list-style-type: none">• Basınç ve çekme dayanımı• Dayanıklılık/Kararlılık• Sertlik• Deformasyon• Yorulma• Sünme• Korozyon direnci• Elektrik iletkenliği• Isı iletkenliği• Isıl genleşme

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Callister ve Rethwisch	2010	<ul style="list-style-type: none">• Manyetik özellikler• Radyasyon• Işık geçirgenliği• Işığı yansıtma ve yutma• Çevresel etkiler/Ekolojik özellikler• Geri dönüştürülebilirlik/Yeniden kullanım
Kaya ve Dikmen	2010	<ul style="list-style-type: none">• Mekanik dayanım ve stabilite• Enerji tasarrufu ve ısı muhafazası• Yangın durumunda emniyet• Maliyet• Gürültüye karşı koruma• Su buharı difüzyon direnci• Kapiler emicilik• Birim hacim ağırlığı• Kullanım emniyeti• Hijyen-Sağlık-Çevre
Askeland, Fulay ve Wright	2011	<ul style="list-style-type: none">• Basınç ve çekme dayanımı• Dayanıklılık• Sertlik• Yorulma• Sünme• Isı kapasitesi• Isıl genleşme• Isı iletkenliği• Korozyon• Oksidasyon
Sezgin ve Çelebi	2011	<ul style="list-style-type: none">• Birim hacim ağırlığı• Su emme• Basınç ve çekme dayanımı• Yük dayanımı• Darbe Dayanımı• Isı ve elektrik iletkenliği• Genleşme ve uzama değerleri• Atomik yapı (Kimyasal özellikler)• Korozyon etkilerine dayanım• Ses iletimi ve yansıtma

Çizelge 6.1 (devamı): Malzeme seçimini etkileyen karar ölçütleri.

Lohaus ve Steinborn	2013	<ul style="list-style-type: none">• Kararlılık/Sağlamlık• Dayanıklılık• İşlevsellik• Güvenlik• Sağlığa uygunluk• Bakım kolaylığı• Estetik• Kullanıcı istekleri• Sürdürülebilirlik/Ekolojik• Maliyet
Aykanat	2014	<ul style="list-style-type: none">• Kullanıcı gereksinimleri• Mekanik mukavemet ve güvenlik• Yangın güvenliği• Süneklilik (plastisite)• Hijyen-Sağlık-Çevre• İmal edilebilirlik• Elde edilebilirlik• Kullanım güvenliği• Korozyon mukavemeti• Enerji tasarrufu ve ısı tekniği özelliği• Gürültü ve ses tekniği özelliği• Maliyetler• Özgün özellikler
Algın ve Alkan	2019	<ul style="list-style-type: none">• Isıl iletkenlik katsayısı• Su buharı difüzyon direnç katsayısı• Yangın standardı• İşçilik ve uygulama maliyeti• Bakım ve onarım maliyeti• Erişilebilirlik• Ses geçirimsizlik, ses yansıtma, ses yutma• Mekanik etkilere dayanım• Kimyasal ve fiziko-kimyasal etkilere dayanım• Neme dayanım• Boyutsal kararlılık• Yangın dayanımı• Üretim/çevre sağlığı ilişkisi• Üretim/enerji ilişkisi• Üretim/öz kaynakların tüketimi• Geri dönüşebilirlik/yeniden kullanım

İncelendiği üzere, yapı malzemesi seçim ölçütleri değerlendirmenin kapsamı, düzeyi ve içeriğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örnek vaka çalışması kapsamında, yapı malzemesi seçim ölçütleri, literatürde yer alan çalışmalar göz önünde bulundurularak sınırlandırılmış ve toplam 225 karar ölçütünün bulunduğu bir havuz oluşturulmuştur. Havuzda yer alan tüm ölçütler incelenip, birbirleriyle aynı olan veya benzerlik gösteren ölçütler dikkate ele alınarak bir eleme yapılmıştır. Çizelge 6.2’de, duvar yapı elemanında uygulanabilirliği olan yapı malzemesi seçim ölçütlerine yer verilmiştir.

Çizelge 6.2: Duvar elemanında yapı malzemesi seçimi için belirlenen ölçütler.

Karar Ölçütleri	Kod	Açıklama
Birim hacim ağırlığı	K1	Malzemenin ağırlığının, boşlukları dâhil olmak üzere toplam hacmine oranıdır.
Su buharı geçirgenliği	K2	Malzemede, su moleküllerinin buhar basıncı fazla olan ortamdaki az olana doğru hareket etmesidir.
Yangın dayanımı	K3	Malzemenin yangın anında normal yapısal fonksiyonunu devam ettirebildiği zaman dilimidir.
Basınç dayanımı	K4	Malzeme yüzeyinden içeriye doğru etkiyen kuvvetler basınç gerilmeleri oluşturur.
Isıl iletkenlik	K5	Malzemenin sıcaklığı yüksek yüzeyinden düşük yüzeyine doğru oluşan ısı akımıdır.
Ses geçirimsizliği	K6	Malzemenin yüzeyine çarpan ses dalgasının ne kadarının geçtiği ile ilgilidir.
Maliyet	K7	Malzemenin üretim tedarik, nakliye, işçilik, uygulama, bakım, onarım maliyetlerini içerir.

Tez çalışması kapsamında, literatürden elde edilen verilerin analizi yapılarak yapı malzemesi seçim ölçütleri belirlenmiş ve belirlenen karar ölçütlerinin içerikleri açıklanmıştır. Yapı malzemesi seçim ölçütleri; birim hacim ağırlığı (K1), basınç dayanımı (K2), ısı iletkenlik (K3), yangın dayanımı (K4), ses geçirimsizliği (K5), su buharı geçirimsizliği (K6) ve maliyet (K7) olmak üzere 7 ana karar ölçütü bulunmaktadır. Sıralanan karar ölçütleri, karar vericinin belirlediği yapı elemanı için hedeflenen yapı performansı sağlanana kadar daha da genişletilebilir, daraltılabilir; hatta yapının özelliklerine, ele alınan yapı elemanına, karar vericinin tutumu, yetkinliği, tercihleri ve beklentilerine bağlı olarak tamamen farklı ölçütlerle değiştirilebilir. Bu nedenle, bu bölümde ulaşılan sonuçların, yalnızca ele alınan vaka çalışması için geçerliliğinin olduğunu belirtmek yerinde olacaktır.

6.2.1.1. Yapı Malzemelerinin Birim Hacim Ağırlığı

Yapı elemanından beklenen bazı işlevlerin gerçekleştirilmesi, kullanılan malzemenin fiziksel özelliklerine doğrudan bağlıdır. Ayrıca, malzemelerin mekanik özellikleriyle de ilişkili olan fiziksel özellikler geliştirilerek, mekanik özelliklerde de iyileştirmeler yapılabilmektedir. Bu nedenlerle, malzemelerin fiziksel özellikleri, duvar elemanında malzeme seçimini etkileyen önemli bir ölçüttür. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerinden olan *Birim Hacim Ağırlığı (K1)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir.

“Malzemelerin büyük bir kısmında gözle görülebilen veya görülemeyen büyüklüklerde boşluklar bulunmaktadır. Malzemedeki bulunan boşluklar, malzemenin tüm fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Malzemenin ağırlığının, boşluklarını da içeren toplam hacmine oranı, birim hacim ağırlığı olarak adlandırılmaktadır.” (Olgun, 2013). Birim hacim ağırlığı, malzemenin ısı, su ve ses etkileri karşısında göstereceği davranış hakkında bilgiler vermektedir. Malzemenin birim hacim ağırlığının küçük değerli olması, malzemenin gözenekli (boşluklu) bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, yapının ölü yükünü, malzemenin dış etmenler karşısındaki dayanımını, su geçirimsizliğini, ısı iletkenliğini ve ses yutuculuğunu önemli ölçüde etkilemektedir.

6.2.1.2. Yapı Malzemelerinin Su Buharı Geçirgenliği

Yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerinden biri olan ve yapıda malzeme seçimini önemli ölçüde etkileyen *Su Buharı Geçirgenliği (K2)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir. “Bir yapı elemanının iki yüzeyi arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Bu basınç farkı nedeniyle, havadaki su buharı molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanının gözeneklerinden geçerek dış ortama ulaşmaya çalışır.” (TSE, 2008). Kısaca, su buharı moleküllerinin buhar basıncı fazla olan ortamdaki az olana doğru hareket etmesi, su buharı difüzyonu olarak tanımlanmakta ve su buharının geçişine karşı gösterilen direnç, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) ile ifade edilmektedir. Yapı malzemelerinin su buharı geçirgenliği; malzemenin yoğunluğuna, kalınlığına, su buharının geçtiği alanın boyutuna, ortamın sıcaklığına, bağıl neme ve meydana gelen kısmi basınç farkının büyüklüğüne bağlıdır. Bağıl nem %50’den az ise su buharı, difüzyon; fazla ise hem difüzyon, hem de kapiler yolla geçmektedir.

Yapıda su buharı difüzyonunun gerçekleşmesi olağan bir durum olmakla birlikte, su buharı birikerek yoğunlaşma ile su haline gelebilmektedir. Bu durum da, malzemede küf, bakteri, mantar gibi mikroorganizmaların oluşumuna sebebiyet vererek lekelenmelere, hasar ve bozulmaların meydana gelmesine, malzemenin işlevinin, kullanım ömrünün ve dayanımının azalmasına, yapının zarar görmesine kullanıcı sağlığının ve konfor şartlarının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca su buharı oranı arttıkça, malzemenin ısı iletkenliği de artmakta, dolayısıyla yapının ısı konfor şartlarının sağlanmasında kullanılan enerji tüketiminin artmaktadır. Bu olumsuz sonuçların ortadan kaldırılabilmesi için yapı malzemesi seçiminde su buharı geçirgenliği özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

6.2.1.3. Yapı Malzemelerinin Yangın Dayanımı

Yapı malzemelerinin kimyasal özelliklerini, malzemeyi meydana getiren atomların cinsi, dizilişleri, kristal yapıları, aralarındaki bağlar ile malzemenin üretim aşamasında uygulanan kimyasal işlemler belirlemektedir. Malzemelerin kimyasal özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri ile yakından ilişkilidir. Malzemelerin kimyasal bileşimleri, mekanik özelliklerini etkileyerek, malzemenin kullanıldığı

ortam koşulları karşısındaki dayanımını etkilemektedir. Ayrıca, kimyasal özelliklerde meydana gelen reaksiyonlar, malzemenin hacminde değişikliklere neden olarak fiziksel özellikleri üzerinde de önemli etkileri olmaktadır. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin kimyasal özelliklerinden olan *Yangın Dayanımı (K3)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir. Yangın dayanımı, yapı elemanını oluşturan malzemenin yangın sırasında, yapısal işlevini devam ettirebildiği süre veya yangın karşısında gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Yangın etkisiyle, malzemenin kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler, molekül yapısında bozulmalara neden olmaktadır. Yangın dayanımı; yapı malzemesinin içyapısına, yanıcılık sınıfına, ısı iletkenliğine, ısı mukavemetine, yanma süresi ve sıcaklığına bağlıdır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3: Yapı malzemeleri için yanıcılık sınıfları (TSE, 2007).

Yanıcılık Sınıfı	Tanımı
A1	Yanmanın herhangi bir kademesinde yanmaya katkıda bulunmaz.
A2	B sınıfı kriterlerine ilave olarak, tam gelişmiş yangın şartı altında yangın yükü ve yangın gelişmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaz.
B	C sınıfı kriterlerine ilave olarak, daha ağır şartları sağlar.
C	D sınıfı kriterlerine ilave olarak, tek alev başlıkla yapılan termal atak karşısında yanal alev yayılması sınırlı bir oranda kalır.
D	E sınıfı kriterlerine ilave olarak, yeterince tutuşmuş ve sınırlı ısı açığa çıkaran tek yanan cisimle yapılan ısı atak şartlarına dayanıklıdır.
E	Önemli ölçüde alev yayılması olmayan küçük bir alev atağı karşısında kısa bir süre direnç gösteren malzemelerdir.
F	Yangın performansı tayin edilmemiş ve A1, A2, B, C, D, E sınıflarından biri olarak sınıflandırılmayan malzemelerdir.

6.2.1.4. Yapı Malzemelerinin Basınç Dayanımı

Yapı malzemesinin mekanik özellikleri; malzemenin, herhangi bir dış kuvvetin etkisi altındayken gösterdiği davranış ile ilgilidir. Mekanik özellikler, malzemenin içyapısına, atomlar arasındaki bağlara, çevre koşullarına ve dış kuvvetin etki etme şekline göre farklılık göstermektedir. Malzemenin atomları arasındaki bağ enerjisi arttıkça, mukavemeti de artmaktadır. Yapının üretiminde, mekanik özellikler hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi olunması ve bu özellikler doğrultusunda projelendirmenin yapılması gerekmektedir. Çünkü yapıların statik açıdan başarılı olması, çevresel koşullara karşı dayanım göstermesi ve kullanım ömrünün artırılması, malzemenin mekanik özelliklerine bağlıdır. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinden olan *Basınç Dayanımı (K4)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir.

Malzemenin kesitine etki eden kuvvete karşısında gösterdiği direnç, gerilme olarak adlandırılmaktadır. Gerilmeyi, malzemenin birim alanına etki eden kuvvet olarak da tanımlamak mümkündür. Gerilme kuvveti, basınç veya çekme gerilmeleri şeklinde gerçekleşebilmektedir. Malzemenin yüzeyinden içerisine doğru etki eden kuvvetler, basınç gerilmelerini oluşturmaktadır. Basınç gerilmesi, etki ettiği malzemenin atom bağlarının arasındaki mesafeyi kısaltarak, boyunun azalmasına veya kısılmasına neden olmaktadır.

6.2.1.5. Yapı Malzemelerinin Isıl İletkenliği

Yapı malzemesinin termal özellikleri; sıcaklık uygulamaları karşısında gösterdiği davranışları içermektedir. Malzemenin maruz kaldığı ısı enerjisinin etkilerine karşı davranışı, malzemenin türüne, atom yapısına, atomları arasındaki bağların kuvvetine, yoğunluğuna ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Yapıyı dış ortam koşullarından koruyarak ve yapının iç ortamı için gerekli olan konfor şartlarını sağlayarak, yapıların oluşturulmasında önemli rol oynayan duvar elemanında kullanılacak yapı malzemesinin seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir ölçüttür. Ayrıca, tüketilen enerjinin yaklaşık %30-35'inin tüm yapı stoku içerisindeki en büyük payı oluşturan konut yapılarında kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimliliği bakımından termal özellikler, malzeme

seçiminde daha da önemli bir ölçüt haline gelmektedir. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin termal özelliklerinden olan *Isıl İletkenlik (K5)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir.

Bir malzemenin karşılıklı iki tarafında sıcaklık farkı var ise, sıcaklığın yüksek olduğu taraftan soğuk tarafa doğru ısı akımı gerçekleşmektedir. Bu durum, ısı iletkenlik olarak tanımlanmakta ve birim zamanda, birim alandan geçen ısının miktarı ise, ısı iletkenlik katsayısı ile ifade edilmektedir. Kullanıcı konforu bakımından, duvarlarda kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısının olabildiğince düşük bir değere sahip olması istenmektedir. Her yapı malzemesinin ısı iletkenlik özelliği farklılık göstermektedir. Isıl iletkenlik, malzemedeki boşluk oranına, boşlukların büyüklüğüne ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Boşluk oranı arttıkça ısı iletkenlik de azalmaktadır. Boşluk dağılımı düzenli olan malzemenin ısı iletkenliği, düzensiz olana kıyasla daha azdır. Yapının iç ortamındaki ısı konfor şartlarının sağlanmasında ısı iletkenlik özelliğinin büyük bir etkisi bulunmaktadır.

6.2.1.6. Yapı Malzemelerinin Ses Geçirimsizliği

Yapı malzemesinin akustik özellikleri; malzemenin yüzeyine çarpan ses dalgalarına karşı gösterdiği davranış ile ilgilidir. Akustik özellikler, yapının iç ortamındaki ses ve gürültü denetiminin sağlanması bakımından oldukça önemlidir. Günümüz koşullarında sürekli olarak artan kentleşme ile birlikte çevresel gürültü düzeyi, konutların konforu açısından büyük sorunlara neden olabilmektedir. Bu durum, akustik bakımdan konforlu mekânların oluşturulmasını önemli hale getirmektedir. Bu bağlamda, yapıyı çevreleyen dış duvarlar ile konut birimleri ve konut içerisindeki mekânlar arasında bölücü işleve sahip olan iç duvarlarda kullanılan malzemelerin seçiminde akustik özellikler, yapı performansı için belirleyici olan ölçütler arasında yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin akustik özelliklerinden olan *Ses Geçirimsizliği (K6)* karar ölçütü olarak belirlenmiştir.

Ses geçirimliliği, malzemenin yüzeyine çarpan ses dalgasının ne kadarının geçtiği ile ilgilidir. Bu özellik, yapı malzemesinin moleküler yapısına, yoğunluğuna, birim hacim ağırlığına, elastikiyetine, kalınlığına, temasta bulunduğu diğer malzemelerle etkileşimine ve gelen ses dalgasının frekansına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Malzemenin birim hacim ağırlığı ile ses geçirimliliği ters orantılıdır. Birim hacim ağırlığı arttıkça, yoğunluk da artmakta ve ses geçirimliliği azalmaktadır. Malzemelerin elastikiyetinin artması ise, yüksek frekanslı ses dalgalarının malzemedan geçmesini engellemektedir. Ayrıca iki malzemenin arasında hava boşluğu bulunduğunda, ses geçirimsizliği olumlu yönde etkilenmektedir.

6.2.1.7. Yapı Malzemelerinin Maliyeti

Yapı üretim süreci, kullanılacak yapı malzemelerinin fiyatı, tedarik, nakliye, işçilik, uygulama, bakım-onarım maliyetleri göz önünde bulundurularak yürütülmesi gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında, yapı malzemelerinin *Maliyeti (K7)* ile ilgili özellikler karar ölçütü olarak belirlenmiştir.

Malzemenin yapı elemanında uygulanması sırasında malzemenin kendi maliyeti (fiyatı) ile işçilik ve uygulama maliyetleri benzer özellikleri taşıyan malzemeler arasında seçimin yapılmasında etkili olmaktadır. Malzemedey meydana gelen sorunların onarımı, malzemenin değiştirilme kolaylığı ve hangi sıklıkla bakım gerektirdiği bakım-onarım maliyetini etkilemektedir. Bakım-onarım maliyeti, yapı malzemesinin dayanıklılığı ile doğrudan ilişkilidir. Malzemenin tedarik ve nakliye kolaylığı, diğer bir deyişle, yapım alanının yakın çevresinde bulunan malzemelerden seçim yapılarak alana getirilmesi, yapının üretim maliyetinin düşmesini büyük ölçüde etkilemektedir. Tüm bu parametreler, ekonomikliği doğrudan etkileyeceği için yapı malzemesi seçerken göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

6.2.2. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Belirlenmesi

Duvar, “bir yapının yanlarını dışa karşı koruyan, iç bölümlerini birbirinden ayıran, taş, tuğla vb. gereçlerden yapılan veya örülen dikey düzlem” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2021). Duvar, yapıyı doğal çevreden ayırıp sınırlandırarak çevreleyen ve yapı içerisinde yaşayan kullanıcının konfor gereksinimlerini sağlayan bir yapı elemanıdır. Ayrıca kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı çerçeve sisteminin bir elemanı olarak yer alan duvar, yapının yükler karşısındaki davranışına, rijitliğine ve performansına katkılar sağlayan önemli bir parametredir. Bu tanımlamalar ve özelliklerden de anlaşıldığı üzere, duvar tasarımını etkileyen pek çok ölçüt bulunmaktadır. Bu ölçütlerin sağlanmasında, gerekli niteliklere sahip olan yapı malzemelerinin belirlenmesi ve en uygun seçimin yapılması oldukça önem taşımaktadır. Çalışmada ele alınan örnek vaka çalışması kapsamında, konutlarda sıklıkla kullanılan boşluklu duvar gövde malzemelerinden “yatay delikli tuğla” ile “bimsblok”, duvar gövde malzemesi alternatifleri olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin belirlenmesinde; yapıda ölü yükü azaltarak hafiflik sağlaması, yatay ve düşey yüklere karşı dayanım göstermesi, yüksek termal ve akustik performansa sahip olması, enerji verimliliği ve daha az kaynak tüketimi sağlayarak çevre, insan sağlığı ve ekonomide katkıda bulunması dikkate alınmıştır.

6.2.2.1. Blok Tuğla Duvar Gövde Malzemesi

Tuğla, “kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinelerle şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.” (Çiçek, 2002). Tuğla, ham maddesi olan kil ile birlikte kum, kireç, alçı, demir oksit bileşikleri ve çeşitli organik maddelerle karıştırılıp yüksek sıcaklıkta (900-1200°C) pişirilerek üretildiğinden yüksek dayanıma sahip olan ve toksik madde içermeyen malzemelerdir. Ayrıca doğal ham maddelerden üretildiğinden geri dönüştürülerek yeniden kullanımı mümkündür. Tuğlalar, içerisindeki boşluk durumuna göre, dolu (boşluksuz) tuğla ve delikli (boşluklu) tuğla olarak üretilmektedir. Delikli tuğlalar, dolu tuğlalarla kıyaslandığında, daha az enerji ve kaynak tüketimiyle elde edilmekte; daha az işlem

süresine ve ağırlığa sahip olduğundan daha az taşıma enerjisini gerektirmekte ve daha yüksek yalıtım performansı sağlamaktadır. Delikli tuğlalar, düşey delikli tuğlalar ve yatay delikli tuğlalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Düşey delikli tuğlaların boşlukları, duvarın örme düzlemine dik olacak şekilde yerleştirilmektedir. Kâgir yapılarda taşıyıcı işleve sahip olan duvarların yapımında kullanılmaktadır. Yatay delikli tuğlalarda boşluklar, duvarın örme düzlemine paralel olacak şekilde yerleştirilmektedir. Kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı çerçeve sisteme sahip yapılarda, bu çerçevenin içinin doldurulmasında kullanılmaktadır. Genellikle 8,5'luk, 10'luk, 13,5'luk ve 24'lük yatay delikli tuğla türleri kullanılmaktadır (Şekil 6.1).

	Üstten Görünüş	Önden Görünüş	Yandan Görünüş	3B Görünüş
8,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla				
10'luk Yatay Delikli Blok Tuğla				
13,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla				
24'lük Yatay Delikli Blok Tuğla				

Şekil 6.1: Yatay delikli blok tuğla türleri (Url-9).

Yapılarda duvar elemanlarının yapımında sıklıkla kullanılan yatay delikli blok tuğla malzemelerinin özellikleri Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4: Yatay delikli blok tuğla malzemelerin özellikleri (Url-10; Url-11).





















Tuğla Tipi	8,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	10'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	13,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	24'lük Yatay Delikli Blok Tuğla
Özellik				
Boyut (cm)	19x19x8,5	19x19x10	19x19x13,5	24x24x13,5
Ağırlık (gr)	2000	3000	3000	5000
Birim hacim ağırlığı (kg/m ³)	700	650	650	650
Su buharı geçirgenliği (μ)	5	5	5	5
Yangın dayanımı (yanıcılık sınıfı)	A1	A1	A1	A1
Basınç dayanımı (N/mm ²)	2,0	2,0	2,0	2,0
Isıl iletkenlik (W/mK)	0,32	0,32	0,32	0,32
Ses geçirimsizliği (dB)	43	43	43	43
Birim Fiyatı (₺)	4,10	4,15	4,20	8,00

6.2.2.2. Bims Blok Duvar Dolgu Malzemesi

Yapı sektöründe yaşanan ivmelenmenin beraberinde getirmiş olduğu yapı malzemelerinin üstün teknik özelliklere sahip olmaları gerekliliği, yeni yapı malzemelerinin üretimini, kullanımını ve uygulanmasını önemli ölçüde artırmıştır. Günümüzün yapı uygulamalarında, blok tuğlaların yerini hafif agregalı malzemeler almıştır. Bu durumun en önemli nedeni, yapının ölü yükü azaltılarak, olası kuvvetlere karşı direnmesini kolaylaştırarak dayanımı artırmaktır. Hafif agregalar; pomza, obsidiyen, perlit gibi volkanik kökenli olan doğal agregalar ile yüksek fırın cürufu, kil, uçucu kül gibi sanayi yan ürünlerinden üretilen yapay agregalar olarak bulunmaktadır. Doğal agregaların büyük bir kısmı yüksek puzolanik aktiviteye sahiptir. “Puzolanik aktiviteye sahip olan hafif agregalar, özellikle çimentonun hidratasyonu sonucu açığa çıkan serbest kireç ile reaksiyona girerek bağlayıcılık özelliği olan kalsiyum silikat hidratı oluşturarak, çimento matrisinin dayanım ve yoğunluğunu artırıp, boşluk yapısını düzenleyerek, üretilen betonların mekanik, bazı fiziksel özellikleri ve durabiliteleri üzerinde önemli derecede olumlu katkı sağlamaktadır.” (Kotan vd., 2018).

Doğal agregalardan bims (pomza), sahip olduğu teknik üstünlükler ve sağladığı avantajlar nedeniyle geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bims; “birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genelde 1 gr/cm³’ten az, camsı dokulu ve sertliği Mohs skalsına göre yaklaşık 6 olan volkanik bir madde” olarak tanımlanmaktadır (TSE, 1978). Bims’in düşük birim hacim ağırlığına sahip olması, yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlaması, deprem yükleri karşısındaki elastik davranış göstermesi ve ekonomik olması gibi özellikleri nedeniyle dolgu blok elemanlarının yapımında ideal bir malzeme olarak görülmektedir. Bims bloklar, “bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında, vibrasyonla sıkıştırılıp kür edilen ve gerektiğinde kuvarz kumu da ilave edilerek üretilen” yapı malzemeleridir (TSE, 1986). Bims bloklar, volkanik kökenli olduklarından düşük su emme özelliğine ve yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptir. Dış ortam koşullarının etkileri karşısında yüksek dayanım göstermektedir. Ayrıca ilave bir yalıtım malzemesi kullanılmadan etkili ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır.

Bims bloklar, içerisindeki boşluk durumuna bağlı olarak, boşluklu, straforlu, dolu ve özel boşluklu blok olarak farklı gruplara ayrılmaktadır. Boşluklu bims bloklar, boşlukların konumlarına göre, tek boşluklu (8,5'luk), iki sıra boşluklu (10'luk, 15'lik), üç sıra boşluklu (19'luk, 25'lik) olarak üretilmektedir (Şekil 6.2). Bunların yanı sıra özel amaçlı üretilen çok boşluklu bims bloklar da bulunmaktadır.

	Üstten Görünüş	Önden Görünüş	Yandan Görünüş	3B Görünüş
Tek Sıra Boşluklu (8,5'luk) Bimsblok				
İki Sıra Boşluklu (10'luk) Bimsblok				
İki Sıra Boşluklu (15'lik) Bimsblok				
Üç Sıra Boşluklu (19'luk) Bimsblok				
Üç Sıra Boşluklu (25'lik) Bimsblok				

Şekil 6.2: Bims blok türleri (Url-12).

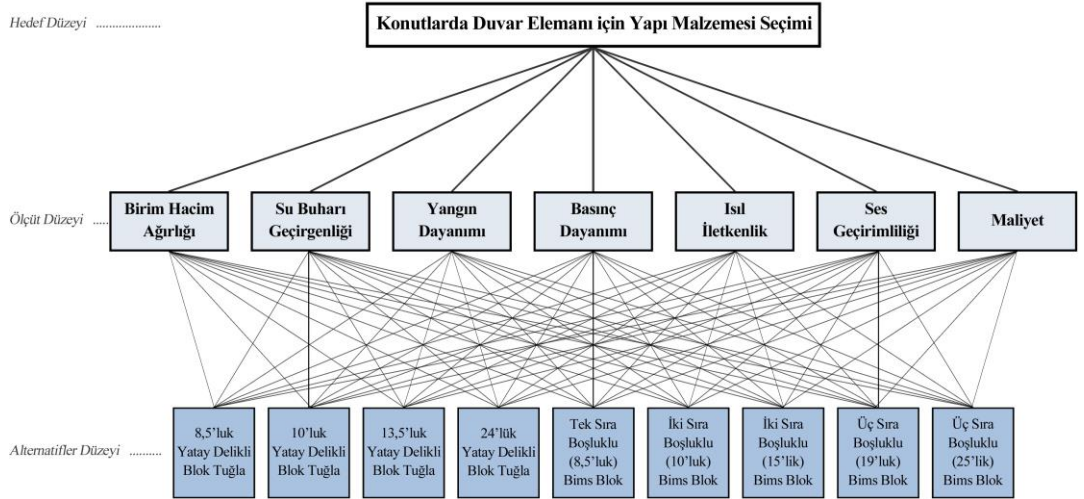
Yapılarda duvar elemanlarının yapımında sıklıkla kullanılan bims blok malzemelerinin özellikleri Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.5: Bims blok malzemelerin özellikleri (Url-12; Url-13).

Bims Tipi Özellik	Tek Sıra Boşluklu (8,5'luk) Bimsblok	İki Sıra Boşluklu (10'luk) Bimsblok	İki Sıra Boşluklu (15'lik) Bimsblok	Üç Sıra Boşluklu (19'luk) Bimsblok	Üç Sıra Boşluklu (25'lik) Bimsblok
Boyut (cm)	8,5x 18,5x39	10x 18,5x39	15x 18,5x39	19x 18,5x39	25x 18,5x39
Ağırlık (gr)	4500	5500	7000	9500	12000
Birim hacim ağırlığı (kg/m ³)	700	900	630	740	680
Su buharı geçirgenliği (μ)	9	9	9	9	9
Yangın dayanımı (yanıcılık sınıfı)	A1	A1	A1	A1	A1
Basınç dayanımı (N/mm ²)	1,4	1,8	1,4	1,8	1,5
Isıl iletkenlik (W/mK)	0,28	0,19	0,23	0,15	0,26
Ses geçirimsizliği (dB)	45	40	45	49	53
Birim Fiyatı (₺)	4,05	4,35	5,00	5,70	6,20

6.3. HİYERARŞİK YAPININ OLUŞTURULMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *Hiyerarşik Yapının Oluşturulması* uygulama adımını gerçekleştirmek üzere, duvar elemanında kullanılacak uygun yapı malzemesi seçimi için belirlenen karar ölçütlerini ve malzeme alternatiflerini içeren hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinde “konutlarda duvar elemanında kullanılacak uygun yapı malzemesi seçimi” hedefi yer almaktadır. Hedefin alt düzeylerinde sırasıyla karar ölçütleri ve alternatifler gösterilmektedir. Şekil 6.3'te, uygun yapı malzemesi seçimi hedefine ulaştıracak karar ölçütlerinin ve alternatiflerin yer aldığı hiyerarşik yapı verilmiştir.



Şekil 6.3: Konutlarda duvar elemanı için yapı malzemesi seçimine yönelik oluşturulan hiyerarşik yapı.

6.4. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN OLUŞTURULMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması* uygulama adımı doğrultusunda, belirlenen ölçütlerin ikili karşılaştırmasına dayanan bir anket çalışması hazırlanmış ve 172 kişilik uzmanın değerlendirmesine sunulmuştur (bkz. Ek A). Yapılan anket çalışmasına katılan uzman grubuna ilişkin bilgiler Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6: Anket çalışmasına katılan uzman grubunun genel özellikleri.

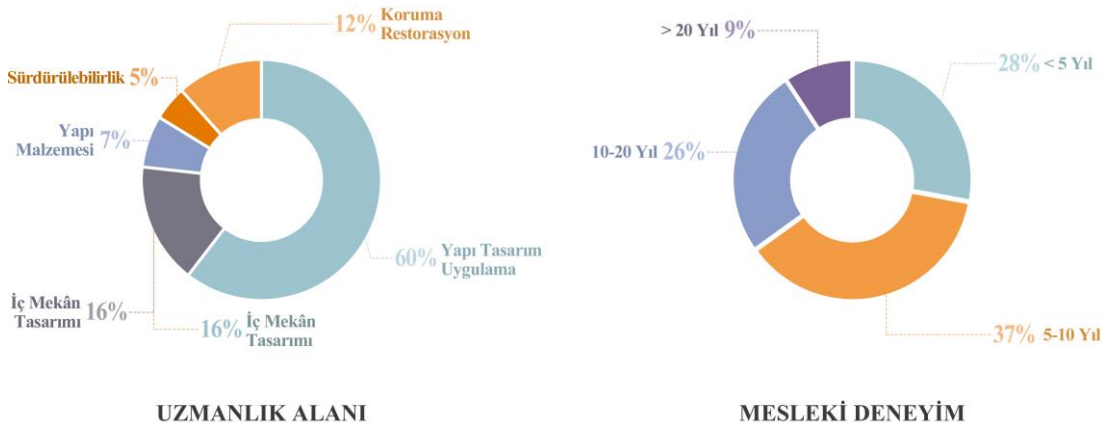
“Öğrenim düzeyiniz nedir?” sorusuna verilen yanıtlara ait veriler		
Öğrenim Düzeyi	Frekans (n)	Yüzde Dağılım (%)
Lisans	40	%23,3
Yüksek Lisans	72	%41,9
Doktora	60	%34,9
Toplam	172	%100,0
“Mesleki ünvanınız nedir?” sorusuna verilen yanıtlara ait veriler		
Meslek Grubu	Frekans (n)	Yüzde Dağılım (%)
Mimar	152	%88,4
İç Mimar	16	%9,3
İnşaat Mühendisi	4	%2,3
Toplam	172	%100,0
“Meslekteki uzmanlık alanınız nedir?” sorusuna verilen yanıtlara ait veriler		
Uzmanlık Alanı	Frekans (n)	Yüzde Dağılım (%)
Yapı Tasarım/Uygulama	104	%60,5
İç Mekân Tasarımı	28	%16,3
Yapı Malzemesi	12	%7,0
Sürdürülebilirlik	8	%4,7
Koruma/Restorasyon	20	%11,6
Toplam	172	%100,00
“Mesleki deneyim süreniz nedir?” sorusuna verilen yanıtlara ait veriler		
Mesleki Deneyim	Frekans (n)	Yüzde Dağılım (%)
< 5 yıl	48	%27,9
5-10 yıl	64	%37,2
11-20 yıl	44	%25,6
> 20 yıl	16	%9,3
Toplam	172	%100,00

Uzman grubunda yer alan katılımcıların; %23'ünün lisans, %42'sinin yüksek lisans ve %35'inin doktora mezunu oldukları görülmektedir. Katılımcıların; %89'unu mimar, %9'unu iç mimar ve %2'sini inşaat mühendisi oluşturmaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4: Katılımcıların öğrenim düzeyi ve meslek grubu dağılımları.

Uzman grubunun; %60'ı yapı tasarımı ve uygulama, %16'sı iç mekan tasarımı, %7'si yapı malzemesi, %5'i sürdürülebilirlik, %12'si mimari koruma ve restorasyon alanında yetkinliğe sahiptir. Katılımcıların; %28'i beş yıldan az, %37'si 5 ila 10 yıl arasında, %26'sı 10 ila 20 yıl arasında ve %9'u ise 20 yıldan fazla deneyime sahiptir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: Katılımcıların uzmanlık alanları ve mesleki deneyim süresi dağılımları.

Anket çalışmasında, belirlenen yedi karar ölçütünün birbirlerine göre önem derecelerini saptamak için toplam 21 adet⁵ ikili karşılaştırma maddesi düzenlenmiştir. Ölçütlerin karşılaştırılmasında için 1 ile 9 aralığında değerler alan “temel ölçek” kullanılmıştır. Mimar, iç mimar ve inşaat mühendisinden oluşan uzman grubundan, karar ölçütlerini ikili olarak karşılaştırarak birbirlerine göre göreceli önem derecelerini (üstünlüklerini) belirlemeleri istenmiştir. Yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda ölçütler arasındaki önem derecelerini gösteren ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Çalışmadan elde edilen verilerin ortalamaları alınarak Çizelge 6.7’deki ikili karşılaştırma matrisi (A) elde edilmiştir.

Çizelge 6.7: Yapı malzemesi seçimi için belirlenen karar ölçütlerine ait ikili karşılaştırma matrisi.

A	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1	1/5	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5
K2	5	1	1	3	1	5	5
K3	7	1	1	5	3	5	7
K4	3	1/3	1/5	1	1/3	3	3
K5	5	1	1/3	3	1	5	5
K6	5	1/5	1/5	1/3	1/5	1	3
K7	5	1/5	1/7	1/3	1/5	1/3	1
TOPLAM	31,000	3,933	3,019	13,000	5,933	19,533	24,200

K1, birim hacim ağırlığı; K2, su buharı geçirgenliği; K3, yangın dayanımı; K4, basınç dayanımı; K5, ısı iletkenlik; K6, ses geçirimsizliği; K7, maliyet ölçütünü ifade etmektedir.

⁵ Ölçüt sayısı n olan karar verme problemindeki toplam ikili karşılaştırmaların sayısı $n(n-1)/2$ formülü ile hesaplanmaktadır.

6.5. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN NORMALİZASYONU

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *İkili Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu* uygulama adımında, anket çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi normalize edilmiştir. Normalizasyon işlemi, çalışmanın 6.4. numaralı bölümündeki ikili karşılaştırma matrisinde yer alan her bir karar ölçütüne ait önem ağırlığı değerinin, kendi sütunundaki tüm değerlerin toplamına bölünmesiyle gerçekleştirilmiştir.

n sayıda ölçüt bulunan ikili karşılaştırma matrisi a_{ij} ve normalize edilmiş karşılaştırma matrisi a'_{ij} olmak üzere;

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (6.1)$$

formülü ile normalizasyon işlemi yapılmıştır. Bu doğrultuda, Çizelge 6.7'de yer alan ikili karşılaştırma matrisindeki her bir ölçütün önem ağırlığı, kendi sütunundaki tüm değerlerin toplamına bölünerek normalizasyon gerçekleştirilmiştir. Normalizasyon için yapılan işlemler Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.8: İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu

A	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1/31,000	1/5/3,933	1/7/3,019	1/3/13,000	1/5/5,933	1/5/19,533	1/5/24,200
K2	5/31,000	1/3,933	1/3,019	3/13,000	1/5,933	5/19,533	5/24,200
K3	7/31,000	1/3,933	1/3,019	5/13,000	3/5,933	5/19,533	7/24,200
K4	3/31,000	1/3/3,933	1/5/3,019	1/13,000	1/3/5,933	3/19,533	3/24,200
K5	5/31,000	1/3,933	1/3/3,019	3/13,000	1/5,933	5/19,533	5/24,200
K6	5/31,000	1/5/3,933	1/5/3,019	1/3/13,000	1/5/5,933	1/19,533	3/24,200
K7	5/31,000	1/5/3,933	1/7/3,019	1/3/13,000	1/5/5,933	1/3/19,533	1/24,200

Çizelge 6.9’da, anket çalışması doğrultusunda elde edilen ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş değerlerini gösteren matris (A') verilmiştir. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi, bir sonraki uygulama adımına veri oluşturacaktır.

Çizelge 6.9: Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi.

A'	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	0,032	0,051	0,047	0,026	0,034	0,010	0,008
K2	0,161	0,254	0,331	0,231	0,169	0,256	0,207
K3	0,226	0,254	0,331	0,385	0,506	0,256	0,289
K4	0,097	0,085	0,066	0,077	0,056	0,154	0,124
K5	0,161	0,254	0,110	0,231	0,169	0,256	0,207
K6	0,161	0,051	0,066	0,026	0,034	0,051	0,124
K7	0,161	0,051	0,047	0,026	0,034	0,017	0,041

6.6. ÖNCELİK VEKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması* uygulama adımında, bir ölçütün diğer tüm ölçütlere oranla ne derece tercih edildiği diğer bir deyişle, bir ölçütün tüm ölçütler içerisindeki önem ağırlığı hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, çalışmanın 6.5. numaralı bölümünde elde edilen normalize karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki bileşenlerin toplamı, toplam ölçüt sayısına ($n=7$) bölünerek her bir ölçüt için öncelik vektörleri (özvektör) elde edilmiştir.

Belirli bir ölçütün diğer tüm ölçütler içerisindeki önem ağırlığını veren öncelik vektörü (W_i);

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n a'_{ij}}{n} \quad (6.2)$$

formülü ile elde edilmiştir. Bu doğrultuda, Çizelge 6.9'daki normalize edilmiş karşılaştırma matrisi yardımıyla, her bir ölçütün öncelik vektörü şöyle hesaplanmıştır:

Birim hacim ağırlığı (K1) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,032 + 0,051 + 0,047 + 0,026 + 0,034 + 0,010 + 0,008) / 7 = 0,2083 / 7 = 0,0298$$

Su buharı geçirgenliği (K2) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,161 + 0,254 + 0,331 + 0,231 + 0,169 + 0,256 + 0,207) / 7 = 1,6087 / 7 = 0,2298$$

Yangın dayanımı (K3) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,226 + 0,254 + 0,331 + 0,385 + 0,506 + 0,256 + 0,289) / 7 = 2,2467 / 7 = 0,3210$$

Basınç dayanımı (K4) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,097 + 0,085 + 0,066 + 0,077 + 0,056 + 0,154 + 0,124) / 7 = 0,6584 / 7 = 0,0941$$

Isıl iletkenlik (K5) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,161 + 0,254 + 0,110 + 0,231 + 0,169 + 0,256 + 0,207) / 7 = 1,3878 / 7 = 0,1983$$

Ses geçirimsizliği (K6) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,161 + 0,051 + 0,066 + 0,026 + 0,034 + 0,051 + 0,124) / 7 = 0,5129 / 7 = 0,0733$$

Maliyet (K7) ölçütünün öncelik vektörü;

$$(0,161 + 0,051 + 0,047 + 0,026 + 0,034 + 0,017 + 0,041) / 7 = 0,3772 / 7 = 0,0539$$

olarak bulunmuştur. Çizelge 6.10'da, ölçütlere ait öncelik vektörleri verilmiştir. Bu uygulama adımından elde edilen değerler, bir sonraki uygulama adımına veri girişi sağlayacaktır.

Çizelge 6.10: Karar ölçütlerine ait öncelik vektörleri.

KARAR ÖLÇÜTLERİ	ÖNCELİK VEKTÖRÜ (W)
Birim Hacim Ağırlığı (K1)	0,0298
Su Buharı Geçirgenliği (K2)	0,2298
Yangın Dayanımı (K3)	0,3210
Basınç Dayanımı (K4)	0,0941
Isıl İletkenlik (K5)	0,1983
Ses Geçirimsizliği (K6)	0,0733
Maliyet (K7)	0,0539
TOPLAM	1,000⁶

6.7. TUTARLILIK ORANININ HESAPLANMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *Tutarlılık Oranının Hesaplanması* uygulama adımı kapsamında, çalışmanın 6.4. numaralı bölümünde oluşturulan anket çalışmasına katılan uzmanların, ölçütler arasında ikili kıyaslamalar yaparken tutarlı davranıp davranmadıkları analiz edilmiştir. Yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan ikili karşılaştırma matrisine ait tutarlılık oranının hesaplanmasında sırasıyla;

- Özdeğerlerin hesaplanması,
- En büyük özdeğerin (λ_{max}) hesaplanması,
- Tutarlılık indeksinin (*CI*) hesaplanması,
- Tutarlılık oranının (*CR*) hesaplanması ve kontrol edilmesi

işlem adımları takip edilmiştir.

⁶ Tüm öncelik vektörlerinin (önem ağırlığı değerlerinin) toplamının 1'e eşit olması gerekmektedir.

6.7.1. Özdeğerlerin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığının analizinin yapılabilmesi için ilk olarak, ölçütlere ait özdeğerler hesaplanmıştır. Özdeğerler, çalışmanın 6.4. numaralı bölümünde oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi (A) ile 6.5. numaralı bölümde hesaplanan öncelik vektörlerinin (W) matris çarpımıyla elde edilmiştir. Karar ölçütlerine ait özdeğerler;

$$W' = A \times W \quad (6.3)$$

formülü ile elde edilmiştir. Bu doğrultuda, Çizelge 6.7'de yer alan ikili karşılaştırma matrisi ile Çizelge 6.10'da verilen ölçütlerin öncelik vektörlerinin matris çarpımı yapılmıştır. Özdeğerlerin hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı Çizelge 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.11: Özdeğerlerin hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı.

A	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7		W		W'
K1	1	1/5	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	X	0,0298	=	0,2180
K2	5	1	1	3	1	5	5		0,2298		1,8158
K3	7	1	1	5	3	5	7		0,3210		2,5677
K4	3	1/3	1/5	1	1/3	3	3		0,0941		0,7717
K5	5	1	1/3	3	1	5	5		0,1983		1,6018
K6	5	1/5	1/5	1/3	1/5	1	3		0,0733		0,5649
K7	5	1/5	1/7	1/3	1/5	1/3	1		0,0539		0,3899

Özdeğerlerin elde edilmesinde gerçekleştirilen matris çarpımının işlem detayları aşağıda açıklanmıştır.

Birim hacim ağırlığı (K1) ölçütünün özdeğeri;

$$[1 \times 0,0298] + [(1/5) \times 0,2298] + [(1/7) \times 0,3210] + [(1/3) \times 0,0941] + [(1/5) \times 0,1983] + [(1/5) \times 0,0733] + [(1/5) \times 0,0539] = 0,2180$$

Su buharı geçirgenliği (K2) ölçütünün özdeğeri;

$$[5 \times 0,0298] + [1 \times 0,2298] + [1 \times 0,3210] + [3 \times 0,0941] + [1 \times 0,1983] + [5 \times 0,0733] + [5 \times 0,0539] = 1,8158$$

Yangın dayanımı (K3) ölçütünün özdeğeri;

$$[7 \times 0,0298] + [1 \times 0,2298] + [1 \times 0,3210] + [5 \times 0,0941] + [3 \times 0,1983] + [5 \times 0,0733] + [7 \times 0,0539] = 2,5677$$

Basınç dayanımı (K4) ölçütünün özdeğeri;

$$[3 \times 0,0298] + [(1/3) \times 0,2298] + [(1/5) \times 0,3210] + [1 \times 0,0941] + [(1/3) \times 0,1983] + [3 \times 0,0733] + [3 \times 0,0539] = 0,7717$$

Isıl iletkenlik (K5) ölçütünün özdeğeri;

$$[5 \times 0,0298] + [1 \times 0,2298] + [(1/3) \times 0,3210] + [3 \times 0,0941] + [1 \times 0,1983] + [5 \times 0,0733] + [5 \times 0,0539] = 1,6018$$

Ses geçirimsizliği (K6) ölçütünün özdeğeri;

$$[5 \times 0,0298] + [(1/5) \times 0,2298] + [(1/5) \times 0,3210] + [(1/3) \times 0,0941] + [(1/5) \times 0,1983] + [1 \times 0,0733] + [3 \times 0,0539] = 0,5649$$

Maliyet (K7) ölçütünün özdeğeri;

$$[5 \times 0,0298] + [(1/5) \times 0,2298] + [(1/7) \times 0,3210] + [(1/3) \times 0,0941] + [(1/5) \times 0,1983] + [(1/3) \times 0,0733] + [1 \times 0,0539] = 0,3899$$

olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.12’de, her bir ölçüte ait özdeğerler verilmiştir. Bu uygulama adımında gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen değerler, bir sonraki uygulama adımına veri girdisi olarak dâhil edilecektir.

Çizelge 6.12: Karar ölçütlerine ait özdeğerler.

KARAR ÖLÇÜTLERİ	ÖZDEĞER (W')
Birim Hacim Ağırlığı (K1)	0,2180
Su Buharı Geçirgenliği (K2)	1,8158
Yangın Dayanımı (K3)	2,5677
Basınç Dayanımı (K4)	0,7717
Isıl İletkenlik (K5)	1,6018
Ses Geçirimsizliği (K6)	0,5649
Maliyet (K7)	0,3899

6.7.2. En Büyük Özdeğerin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığı analizinin ikinci adımında, temel değer olarak da ifade edilen en büyük özdeğer (λ_{max}) hesaplanmıştır. Buna göre, en büyük özdeğer (λ_{max}), 6.7.1. numaralı bölümde hesaplanan özdeğerlerin (W'), 6.6. numaralı bölümde hesaplanan ölçütlerin öncelik vektörlerine (W) oranlarının toplamının, ölçüt sayısına ($n=7$) bölünmesiyle elde edilmiştir. Tüm karar ölçütlerine ait en büyük özdeğer;

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (6.4)$$

formülüyle hesaplanmıştır.

Bu doğrultuda, Çizelge 6.12’de yer alan özdeğerlerin, Çizelge 6.10’da verilen öncelik vektörlerine oranlarının aritmetik ortalaması alınarak elde edilen en büyük özdeğere ilişkin işlem detayları aşağıda açıklanmıştır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{7} \left(\frac{0,2180}{0,0298} + \frac{1,8158}{0,2298} + \frac{2,5677}{0,3210} + \frac{0,7717}{0,0941} + \frac{1,6018}{0,1983} + \frac{0,5649}{0,0733} + \frac{0,3899}{0,0539} \right)$$

$\lambda_{max} = 7,779442637$ olarak bulunmuştur. Bu işlem sonucunda elde edilen değer, bir sonraki uygulama adımında veri girdisi olarak kullanılacaktır.

6.7.3. Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığının analiz edilmesine ait üçüncü adımda, tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır. Tutarlılık indeksi, 6.7.2. numaralı bölümde hesaplanan en büyük özdeğerden (λ_{max}), toplam karar ölçütü sayısı çıkarılarak bulunan değer, toplam karar ölçütü sayısının bir eksiğine bölünmesiyle elde edilmiştir. Buna göre, tutarlılık indeksi;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6.5)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Tutarlılık indeksinin elde edilmesi için gerçekleştirilen işlemin detayları aşağıda açıklanmıştır.

$$CI = \frac{7,779442637-7}{7-1}$$

$CI = 0,129907106$ olarak bulunmuştur. Bu işlem sonucunda elde edilen değer, bir sonraki uygulama adımında veri girdisi olarak kullanılacaktır.

6.7.4. Tutarlılık Oranının Hesaplanması ve Kontrolü

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığının analiz edilmesine ait son adımda, tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı, 6.7.3. numaralı bölümde hesaplanan tutarlılık indeksinin, Çizelge 6.13'te verilen ikili karşılaştırma matrisindeki ölçüt sayısına karşılık gelen rassal indeks (RI) değerine bölünmesiyle elde edilmiştir. Uzman görüşü alınarak yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı;

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6.6)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Tutarlılık oranının hesaplanmasında, ikili karşılaştırma matrisinin boyutuna (ölçüt sayısına) göre tanımlanan Çizelge 6.13'teki rassal indeks değerlerinden çalışmada ele alınan probleme ait ölçüt sayısına karşılık gelen RI değeri belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan "konutlarda duvar elemanında kullanılacak uygun yapı malzemesi seçimi" için belirlenen ölçüt sayısı $n=7$ 'dir ve $n=7$ 'ye karşılık gelen rastgele indeks değeri $RI=1,35$ 'tir.

Çizelge 6.13: Rassal indeks değerleri (Saaty, 1994).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Bu doğrultuda, tutarlılık oranının hesaplanmasında gerçekleştirilen işlemin detayları aşağıda açıklanmıştır.

$$CR = \frac{0,129907106}{1,35}$$

$CR = 0,096227486$ olarak bulunmuştur. Buna göre, $CR = 0,096$ değeri, $0,10$ 'dan küçük olduğu için, diğer bir deyişle, $CR < 0,10$ koşulu sağlandığı için ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.8. ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SEÇİM

Tez çalışmasının bu bölümünde, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*'ne ait *Alternatiflerin Karşılaştırılması ve Seçim* uygulama adımı kapsamında, çalışmanın 6.2.2. numaralı bölümünde belirlenen konut yapılarının duvar elemanında kullanılabilinecek yapı malzemesi alternatifleri, karar ölçütleri bazında karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmaların sonucunda, alternatiflerin tercih sıralamaları belirlenmiş ve alternatiflerin hedefe uygunlukları göz önünde bulundurularak en uygun yapı malzemesi seçim kararı verilmiştir. Bu doğrultuda,

- Alternatiflerin ölçütler bazında karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
- Alternatiflerin karşılaştırma matrisinin normalizasyonu,
- Önem ağırlığı seçim skorlarının hesaplanması,
- Alternatiflerin sıralanması ve seçim,

işlem adımları takip edilmiştir.

6.8.1. Yapı Malzemesi Alternatifleri için Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Konut yapılarının duvar elemanı için belirlenen yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırılabilmesi ve uygun seçimin yapılabilmesi için ilk olarak, ölçütler bazında alternatiflerin karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karar verme sürecine dâhil olan alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan karar ölçütleri, temel ölçekteki değerlerle ifade edilemeyen farklı birimlere ve uç değerlere sahiptir. Bu nedenle, sadece çalışmanın 6.2.2. numaralı bölümündeki Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilen ölçütler bazında alternatiflerin performans (ham) değerlerinin gösterildiği karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 6.14: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi (performans değerleri).

Ölçütlere Göre Alternatiflerin Karşılaştırma Matrisi							
Ölçütler Alternatifler	K1 (kg/m³)	K2 (μ)	K3 (sınıf)	K4 (N/mm²)	K5 (W/mK)	K6 (dB)	K7 (₺)
A1	700	5	A1	2,0	0,32	43	4,10
A2	650	5	A1	2,0	0,32	43	4,15
A3	650	5	A1	2,0	0,32	43	4,20
A4	650	5	A1	2,0	0,32	43	8,00
A5	700	9	A1	1,4	0,28	45	4,05
A6	900	9	A1	1,8	0,19	40	4,35
A7	630	9	A1	1,4	0,23	45	5,00
A8	740	9	A1	1,8	0,15	49	5,70
A9	680	9	A1	1,5	0,26	53	6,20

A1, 8,5'lük yatay delikli blok tuğla; A2, 10'lük yatay delikli blok tuğla; A3, 13,5'lük yatay delikli blok tuğla; A4, 24'lük yatay delikli blok tuğla; A5, tek sıra boşluklu (8,5'lük) bims blok; A6, iki sıra boşluklu (10'lük) bims blok; A7, iki sıra boşluklu (15'lik) bims blok; A8, üç sıra boşluklu (19'lük) bims blok; A9, üç sıra boşluklu (25'lik) bims blok alternatifini ifade etmektedir.

Alternatiflerin ölçütler bazında performans değerlerine göre oluşturulan karşılaştırma matrisi, Çizelge 6.14'te verilmiştir. Bu uygulama adımında elde edilen matris, bir sonraki uygulama adımına veri girdisi olarak dâhil edilecektir.

6.8.2. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyonu

Konut yapılarının duvar elemanı için belirlenen yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırılması ve uygun seçimin yapılmasının ikinci adımında, karar ölçütleri bazında alternatiflerin ham değerlerinin normalizasyonu yapılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında ele alınan karar probleminde farklı birimlere sahip ölçütler bulunduğundan, çalışmanın 6.8.1. numaralı bölümünde oluşturulan ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisindeki değerler için asgari-azami normalizasyon yöntemi uygulanarak 0 ile 1 aralığında değerlere sahip homojen veri seti elde edilmiştir.

m sayıda alternatifin ve n sayıda ölçütün yer aldığı karşılaştırma matrisinde; i alternatifinin j ölçütü bazındaki ham değeri a_{ij} , normalize edilmiş değeri d_{ij} , j ölçütünün asgari değeri $\min_j(a_{ij})$ ve j ölçütünün azami değeri $\max_j(a_{ij})$ olmak üzere,

$$d_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_j(a_{ij})} \quad (\text{karar sürecine fayda sağlayan ölçüt için}) \quad (6.7)$$

$$d_{ij} = \frac{\min_j(a_{ij})}{a_{ij}} \quad (\text{karar sürecinde zarara neden olan ölçüt için}) \quad (6.8)$$

formülleri ile normalizasyon işlemi yapılmıştır. Normalizasyon için yapılan işlemler Çizelge 6.15'te verilmiştir.

Çizelge 6.15: Ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisinin (ham değerlerinin) normalizasyonu.

<i>D</i>	K1 (kg/m ³)	K2 (μ)	K3 (sınıf)	K4 (N/mm ²)	K5 (W/mK)	K6 (dB)	K7 (₺)
A1	630/700	5/5	A1	2,0/2,0	0,15/0,32	43/53	4,05/4,10
A2	630/650	5/5	A1	2,0/2,0	0,15/0,32	43/53	4,05/4,15
A3	630/650	5/5	A1	2,0/2,0	0,15/0,32	43/53	4,05/4,20
A4	630/650	5/5	A1	2,0/2,0	0,15/0,32	43/53	4,05/8,00
A5	630/700	5/9	A1	1,4/2,0	0,15/0,28	45/53	4,05/4,05
A6	630/900	5/9	A1	1,8/2,0	0,15/0,19	40/53	4,05/4,35
A7	630/630	5/9	A1	1,4/2,0	0,15/0,23	45/53	4,05/5,00
A8	630/740	5/9	A1	1,8/2,0	0,15/0,15	49/53	4,05/5,70
A9	630/680	5/9	A1	1,5/2,0	0,15/0,26	53/53	4,05/6,20
ÖLÇÜT TÜRÜ	<i>Min</i> 630	<i>Min</i> 5	- 1 ⁷	<i>Max</i> 2,0	<i>Min</i> 0,15	<i>Max</i> 53	<i>Min</i> 4,05

Çizelge 6.16’da, ölçütlere göre alternatiflerin karşılaştırma matrisi doğrultusunda, her bir alternatifin ölçütler bazında önem ağırlıklarını ifade eden normalize edilmiş değerlerin gösterildiği normalize karşılaştırma matrisi (*D*) verilmiştir. Bu uygulama adımından elde edilen değerler, 6.8.4. numaralı bölümdeki uygulama adımında veri girdisi olarak kullanılacaktır.

⁷ Yangın dayanımı (K3) ölçütüne göre tüm alternatiflerin performans değerleri aynı olduğundan, normalize edilmiş önem değeri “1” olarak ele alınmıştır.

Çizelge 6.16: Ölçütlere göre alternatiflerin normalize edilmiş karşılaştırma matrisi
(önem ağırlıkları).

<i>D</i>	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	0,900	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,988
A2	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,976
A3	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,964
A4	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,506
A5	0,900	0,556	1,000	0,700	0,536	0,849	1,000
A6	0,700	0,556	1,000	0,900	0,789	0,755	0,931
A7	1,000	0,556	1,000	0,700	0,652	0,849	0,810
A8	0,851	0,556	1,000	0,900	1,000	0,925	0,711
A9	0,926	0,556	1,000	0,750	0,577	1,000	0,653

6.8.3. Yapı Malzemesi Alternatiflerinin Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması

Çalışmaya konu olan “konutlarda duvar gövde elemanı için yapı malzemesi seçimi” sürecinde, farklı birimlere sahip karar ölçütleri bulunduğundan, çalışmanın 6.8.1. numaralı bölümünde oluşturulan ölçütler bazında alternatiflerin karşılaştırma matrisi, 6.8.2. numaralı bölümde asgari-azami normalizasyon işlemi uygulanmış ve alternatiflerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, 6.8.3. numaralı bu adım göz ardı edilerek, 6.8.4. numaralı uygulama adımına geçilmiştir.

6.8.4. Önem Ağırlığı Seçim Skorlarının Hesaplanması

Konut yapılarının duvar elemanı için belirlenen yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırılması ve uygun seçimin yapılmasına ait bu adımda, alternatiflerin önem ağırlığı seçim skorları hesaplanmıştır. Seçim skorları (X), çalışmanın 6.8.2. numaralı bölümünde elde edilen ölçütlere göre alternatiflerin normalize edilmiş karşılaştırma matrisi (D) ile 6.6. numaralı bölümde hesaplanan ölçütlerin öncelik vektörlerinin (W) matris çarpımıyla elde edilmiştir. Buna göre, alternatiflerin seçim skorları;

$$X = D \times W \quad (6.9)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, Çizelge 6.16'da yer alan ikili karşılaştırma matrisi ile Çizelge 6.10'da verilen ölçütlerin öncelik vektörlerinin matris çarpımı yapılmıştır. Alternatiflerin seçim skorlarının hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı Çizelge 6.17'de verilmiştir.

Çizelge 6.17: Alternatiflerin seçim skorlarının hesaplanması için gerçekleştirilen matris çarpımı.

D	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	W	X
A1	0,900	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,988	0,0298	0,8772
A2	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,976	0,2298	0,8786
A3	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,964	0,3210	0,8780
A4	0,969	1,000	1,000	1,000	0,469	0,811	0,506	0,0941	0,8533
A5	0,900	0,556	1,000	0,700	0,536	0,849	1,000	0,1983	0,7636
A6	0,700	0,556	1,000	0,900	0,789	0,755	0,931	0,0733	0,8161
A7	1,000	0,556	1,000	0,700	0,652	0,849	0,810	0,0539	0,7794
A8	0,851	0,556	1,000	0,900	1,000	0,925	0,711		0,8629
A9	0,926	0,556	1,000	0,750	0,577	1,000	0,653		0,7696

Seçim skorlarının elde edilmesinde gerçekleştirilen matris çarpımının işlem detayları aşağıda açıklanmıştır.

8,5'lük yatay delikli blok tuğla (A1) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,900 \times 0,0298] + [1,000 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [1,000 \times 0,0941] + [0,469 \times 0,1983] + [0,811 \times 0,0733] + [0,988 \times 0,0539] = 0,8772$$

10'lük yatay delikli blok tuğla (A2) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,969 \times 0,0298] + [1,000 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [1,000 \times 0,0941] + [0,469 \times 0,1983] + [0,811 \times 0,0733] + [0,976 \times 0,0539] = 0,8786$$

13,5'lük yatay delikli blok tuğla (A3) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,969 \times 0,0298] + [1,000 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [1,000 \times 0,0941] + [0,469 \times 0,1983] + [0,811 \times 0,0733] + [0,964 \times 0,0539] = 0,8780$$

24'lük yatay delikli blok tuğla (A4) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,969 \times 0,0298] + [1,000 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [1,000 \times 0,0941] + [0,469 \times 0,1983] + [0,811 \times 0,0733] + [0,506 \times 0,0539] = 0,8533$$

Tek sıra boşluklu (8,5'lük) bims blok (A5) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,900 \times 0,0298] + [0,556 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [0,700 \times 0,0941] + [0,536 \times 0,1983] + [0,849 \times 0,0733] + [1,000 \times 0,0539] = 0,7636$$

İki sıra boşluklu (10'lük) bims blok (A6) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,700 \times 0,0298] + [0,556 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [0,900 \times 0,0941] + [0,789 \times 0,1983] + [0,755 \times 0,0733] + [0,931 \times 0,0539] = 0,8161$$

İki sıra boşluklu (15'lik) bims blok (A7) alternatifinin seçim skoru;

$$[1,000 \times 0,0298] + [0,556 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [0,700 \times 0,0941] + [0,652 \times 0,1983] + [0,849 \times 0,0733] + [0,810 \times 0,0539] = 0,7794$$

Üç sıra boşluklu (19'lük) bims blok (A8) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,851 \times 0,0298] + [0,556 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [0,900 \times 0,0941] + [1,000 \times 0,1983] + [0,925 \times 0,0733] + [0,711 \times 0,0539] = 0,8629$$

Üç sıra boşluklu (25'lik) bims blok (A9) alternatifinin seçim skoru;

$$[0,926 \times 0,0298] + [0,556 \times 0,2298] + [1,000 \times 0,3210] + [0,750 \times 0,0941] + [0,577 \times 0,1983] + [1,000 \times 0,0733] + [0,653 \times 0,0539] = 0,7696$$

olarak bulunmuştur. Bu uygulama adımında gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen değerler, bir sonraki uygulama adımına veri oluşturacaktır.

6.8.5. Yapı Malzemesi Alternatiflerin Sıralanması ve Uygun Seçimin Yapılması

Konut yapılarının duvar elemanı için belirlenen yapı malzemesi alternatiflerinin karşılaştırılması ve uygun seçimin yapılmasına ait son adımda, alternatifler seçim skorlarına göre sıralanmış ve problemi çözüme ulaştıracak karar belirlenmiştir. Buna göre, 6.8.4. numaralı bölümde hesaplanan ve Çizelge 6.18'de verilen seçim skorlarına göre alternatiflerin sıralamaları yapılmıştır.

Çizelge 6.18: Alternatiflerin seçim skorlarına göre sıralaması.

ALTERNATİFLER	SEÇİM SKORLARI	SIRALAMA
8,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	0,8772	3
10'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	0,8786	1
13,5'luk Yatay Delikli Blok Tuğla	0,8780	2
24'lük Yatay Delikli Blok Tuğla	0,8533	5
Tek Sıra Boşluklu (8,5'luk) Bims Blok	0,7636	9
İki Sıra Boşluklu (10'luk) Bims Blok	0,8161	6
İki Sıra Boşluklu (15'lik) Bims Blok	0,7794	7
Üç Sıra Boşluklu (19'luk) Bims Blok	0,8629	4
Üç Sıra Boşluklu (25'lik) Bims Blok	0,7696	8

Elde edilen değerlere göre, alternatifler arasında en büyük seçim skoruna sahip olan "10'luk yatay delikli blok tuğla", konutların cephe giydirme ve sandviç duvar uygulamalarında kullanımı için en uygun duvar gövde malzemesi olarak belirlenmiştir.

6.9. BÖLÜMÜN DEĞERLENDİRMESİ

Yapılar; çeşitli eleman, bileşen, parça gibi farklı unsurların belirli bir hedef doğrultusunda bir araya getirilip düzenlenmesiyle oluşmaktadır. Yapıdan beklenen işlevlerin yerine getirilmesinde bu unsurlar ve oluşumlarında malzeme seçimi kritik önem taşımaktadır. Duvar, bir yapıyı oluşturan yapı elemanları arasında yer alan en önemli elemanlardan biridir. Duvar yapı elemanı, yapının yatay ve düşey yüklerin altındaki davranışını, rijitliğini, yük taşıma kapasitesini ve enerji sönümlemesini olumlu yönde etkilemektedir. Buna rağmen, yapının ölü yükünü artırmasının dışında herhangi bir katkısının bulunmadığı varsayımıyla, duvar elemanında kullanılan malzemelerin özellikleri göz ardı edilebilmektedir. Ancak yapı malzemelerinin yapının davranışına olumlu katkılar sağlayacak özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklerden yararlanılarak oluşabilecek olumsuz etkiler en aza indirgenebilir. Bu bağlamda, model önerisi uygulanabilirliği, örnek bir vaka çalışması üzerinden değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında ortaya konulan “konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik model önerisi”nin uygulanabilirliğinin değerlendirilebilmesi için “duvar gövde malzemesi seçimi” üzerinde örnek bir vaka çalışması yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Duvar gövde malzemesi alternatifleri olarak yatay delikli blok tuğlalar ve bimsbloklar belirlenmiş ve bu çerçevede önerilen model ile çözümleme yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu vaka çalışması neticesinde, çok sayıdaki alternatifin, birden fazla karar ölçütüne göre değerlendirilmesini, karşılaştırılmasını, sıralanmasını ve aralarından en uygun seçimin yapılmasını sağlayan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ile duvar gövde malzemesi seçimi ortaya konulmuştur.

“Konutlarda duvar gövde malzemesinin seçimi” probleminin çözümünü doğrultusunda, modelin kuruluşunda esas alınan ve aşağıda sıralanan uygulama adımları takip edilmiştir:

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi,

- Hiyerarşik yapının oluşturulması,
- İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
- İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu,
- Öncelik vektörlerinin hesaplanması,
- Tutarlılık oranının hesaplanması,
- Alternatiflerin karşılaştırılması ve seçimin yapılması.

Model önerisinin uygulama adımlarının sınındığı örnek vaka çalışmasının çözümlenmesinde öncelikle, duvar yapı elemanının karşılaması beklenen performans gereksinimleri, diğere bir deyişle, karar ölçütleri ile bu ölçütleri karşılayacak duvar gövde malzemesi alternatifleri belirlenmiştir. Karar ölçütlerinin belirlenmesinde, literatürdeki malzeme seçimine yönelik çalışmalar incelenerek toplam 225 karar ölçütünün yer aldığı bir havuz oluşturulmuştur. Bu havuz içerisinde, çalışmanın kapsamına uygun olan ve incelenen çalışmalarda ortak olarak bulunan ölçütler, karar verme sürecine dâhil edilmiştir. Bu bağlamda, duvar gövde malzemesinin seçimi için; birim hacim ağırlığı (K1), basınç dayanımı (K2), ısı iletkenlik (K3), yangın dayanımı (K4), ses geçirimsizliği (K5), su buharı geçirimsizliği (K6) ve maliyet (K7) olmak üzere toplam 7 karar ölçütü belirlenmiştir. Bu ölçütlere göre değerlendirilecek duvar gövde malzemesi alternatifleri olarak konutların duvar sisteminin oluşturulmasında sıklıkla tercih edilen boşluklu duvar blok elemanları sürece dâhil edilmiştir. Buna göre, 8,5'luk, 10'luk, 13,5'luk, 24'lük yatay delikli blok tuğla; tek boşluklu (8,5'luk), iki sıra boşluklu (10'luk, 15'lik), üç sıra boşluklu (19'luk, 25'lik) bimsblok olmak üzere toplam 9 malzeme alternatifi değerlendirmeye alınmıştır.

Örnek vaka çalışmasının sonraki adımında, “konutların duvar elemanında kullanılacak uygun yapı malzemesi seçimi” hedefi, bu seçimi etkileyen ölçütler ile duvar gövde malzemesi alternatifleri arasındaki ilişkileri gösteren hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Hiyerarşik yapının en üst düzeyinden en alt düzeyine doğru sırasıyla tanımlanan hedefe, belirlenen ölçütlere ve malzeme alternatiflerine yer verilmiştir.

Duvar gövde malzemesi seçim probleminin çözümlenme sürecinde uygulanan en önemli adımlardan biri ikili karşılaştırmaların yapılmasıdır. Bu doğrultuda, belirlenen ölçütlerin ikili olarak karşılaştırmasına dayanan 21 maddelik bir anket çalışması hazırlanmıştır. Anket, yapı alanında faaliyet gösteren mimar, iç mimar, inşaat mühendisinin bulunduğu 172 uzmanın değerlendirmesine sunulmuştur. Karar vericilerden, ölçütleri ikili olarak kıyaslayarak birbirlerine göre önem derecelerini belirlemeleri istenmiş ve bu karşılaştırmaların yapılmasında ise, 1 ile 9 aralığında değerler alan temel ölçekten faydalanılmıştır. Yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda, ölçütlerin göreceli önem ağırlıklarını veren ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Ardından, bağımsız karar ölçütleri arasındaki uyumun sağlanabilmesi amacıyla ikili karşılaştırma matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uygun yapı malzemesini seçme hedefi doğrultusunda bir sonraki adımda, belirli bir karar ölçütünün, diğer tüm ölçütler içerisindeki önem ağırlığı veren öncelik vektörleri hesaplanmıştır. Uzman grubunun görüşleri alınarak oluşturulan ikili karşılaştırmalara göre yapılan hesaplamaların sonucunda, malzeme seçimini en fazla etkileyen ölçütün 0,3210 öncelik vektörü değeri ile “Yangın Dayanımı” ölçütü olduğu saptanmıştır. İkinci sırada, 0,2298 öncelik vektörü değeri ile “Su Buharı Geçirgenliği”; üçüncü sırada ise, 0,1983 öncelik vektörü değeri ile “Isıl İletkenlik” ölçütleri yer almıştır. Bu ölçütleri sırasıyla; 0,0941 öncelik vektörü değeriyle “Basınç Dayanımı”, 0,0733 öncelik vektörü değeriyle “Ses Geçirimsizliği”, 0,0539 öncelik vektörü değeriyle “Maliyet” ve 0,0298 öncelik vektörü değeriyle “Birim Hacim Ağırlığı” takip etmiştir.

Gerçekleştirilen öncelik vektörünün hesaplanması adımı takiben, anket çalışmasına katılan uzmanların ölçütler arasında ikili kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadıkları, dolayısıyla ankette elde edilen veriler ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı analiz edilmiştir. Bu analizin yapılmasında ise sırasıyla; özdeğerler, en büyük özdeğer (λ_{max}), tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda, CR değeri 0,096 olarak

bulunmuş; elde edilen değer $CR < 0,10$ koşulunu sağladığı için karar vericilerin tutarlı davrandığı ve ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Konut yapısında kullanılabilinecek duvar gövde malzemesinin seçimi için son adımda, alternatiflerin, ölçütler bazında karşılaştırmaları ve sıralamaları yapılmıştır. Bu bağlamda, 0,8786 seçim skoru değeri ile “10’luk yatay delikli blok tuğla” alternatifinin, duvar gövde malzemesi seçimi için en uygun alternatif olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ikinci olarak tercih edilebilecek en uygun yapı malzemesi 0,8780 seçim skoru değeri ile “13,5’luk yatay delikli blok tuğla” alternatifidir. Bu malzeme alternatiflerini sırasıyla; 0,8772 seçim skoru ile “8,5’luk yatay delikli blok tuğla” üçüncü, 0,8629 seçim skoru ile “üç sıra boşluklu (19’luk) bims blok” dördüncü ve 0,8533 seçim skoru ile “24’lük yatay delikli blok tuğla” beşinci sırada seçilebilecek malzeme alternatifleridir. Duvar gövde malzemesi için en son yapılabilinecek seçimin ise, 0,7636 seçim skoru ile “tek sıra boşluklu (8,5’luk) bims blok” alternatifinin olduğu tespit edilmiştir.

Bu örnek vaka çalışmasında ele alınan ölçüt ve alternatifler, üretilen yapının özelliklerine, ele alınan yapı elemanına veya sürece dâhil olan karar vericilerin tutumlarına, yetkinliğine, tercihlerine, beklentilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği ve bu durumun, elde edilen sonuçları etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, bu bölümde ulaşılan sonuçların, yalnızca ele alınan vaka çalışması için geçerliliği söz konusudur.

SONUÇ

Yaşamın her alanında, çeşitli durum, eylem ve olay karşısında karar vermeyi gerektiren problemlerle karşılaşmaktadır. Günümüzde, teknolojik değişim, artan bilgi düzeyine, değişen koşullara bağlı olarak değerlendirmeye alınan faktörlerin nitelik ve niceliğinin farklılaşmasıyla birlikte karar verme eylemi daha karmaşık bir hal almakta ve oldukça güç bir sürece dönüşmektedir. Karmaşıklaşan, belirsizlik içeren ve yüksek risk taşıyan karar problemlerinin çözümü için deneyim ve sezgilere dayalı geleneksel karar verme yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla, bilimsel temellere dayanan ve rasyonel kararların verilmesi sağlayan yaklaşımlara başvurulması bir zorunluluk haline gelmektedir. Bu noktada, problemin çözümünün birden fazla değişkene (ölçüt, alternatif) bağlı olduğu karar verme süreçlerini, bilimsel ve sistematik bir çerçevede ele alarak destek sağlayan “Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)” yöntemleri geliştirilmiştir.

Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinin temel amacı; birden fazla karar ölçütü ve alternatifin olduğu durumlarda, karar verme mekanizmasını kontrol ederek, nihai karara mümkün olduğunca kolay ve hızlı bir şekilde ulaşmaktır. Bazı durumlarda, hem nicel hem de nitel ölçütleri bir arada ele alınarak alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçimin yapılması gerekmektedir. Bu noktada, Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden biri olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)” yöntemi karşımıza çıkmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi, çok sayıda alternatifi ve hem nicel hem de nitel karar ölçütlerini barındıran karar verme problemini matematiksel ve sistematik bir zeminde çözümlenmesini ve doğru seçim kararının verilmesini sağlayan bir yöntemdir. Analitik Hiyerarşi Prosesi’nde karar verme problemi, ulaşılmak istenilen hedef ile bu hedef doğrultusunda değerlendirilen değişkenlerin (ölçüt, alternatif) ve bu değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya konduğu hiyerarşik bir yapı oluşturularak çözümlenmektedir. Hiyerarşik yapı, karmaşık yapıli problemleri tek başına ele almak yerine alt problemlere ayrıştırılarak çözüme

ulaştırılmasına katkı sağlamaktadır. Yöntem, söz konusu problemin bilimsel bir çerçevede çözümlenmesini sağlamakla birlikte, karar vericinin tecrübelerinin, görüşlerinin, bilgilerinin ölçülebilir (sayısal) değerlere dönüştürülerek sürece dâhil edilmesini ve böylece güvenilir sonuçların elde edilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca çok sayıda karar vericinin bulunduğu durumlarda etkin ve verimli kararların vermesine yardımcı olmaktadır. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, genellikle yönetim bilimleri, ekonomi ve işletme alanında kullanılan yöntemin farklı alanlarda uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Bu tez çalışmasında, işletme alanında yaygın şekilde uygulanan ve alana önemli katkıları bulunan “Analitik Hiyerarşi Prosesi” yönteminin, mimarlık alanına uygulanabilirliği kuramsal ve uygulama boyutlarıyla ele alınmıştır. “Konutların performans gereksinimlerini karşılayacak yapı malzemelerinin seçiminde, bilimsel temellere dayalı sistematik bir karar destek aracının eksikliği” olarak tanımlanan probleme, “Analitik Hiyerarşi Prosesi” yöntemi çözüm olarak sunulmuştur. Bu doğrultuda, yapı malzemesi seçim kararını etkileyen ölçütlere dayanılarak, çok sayıda malzeme alternatifinin bulunduğu havuz içerisinde yapının performans gereksinimlerini karşılayacak nitelikteki alternatiflerin karşılaştırılması, sıralanması ve uygun malzeme seçiminin yapılması amacıyla, *Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Bir Model Önerisi* hazırlanmıştır.

Yapının kullanım amacına uygun ve yapının kullanım ömrü boyunca yüksek performansta hizmet verecek yapı malzemelerinin seçimi yapı üretim sürecinin önemli karar problemlerinden biridir. Yapı malzemesi sektörü, her geçen gün gelişmekte ve sektöre neredeyse sınırsız malzeme alternatifleri sunmaktadır. Yapı malzemesi sektöründe farklı özelliklere sahip çok sayıda malzeme alternatifinin bulunması ve nihai karara varmadan önce değerlendirilmesi gereken birçok seçim ölçütünün (fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri, çevresel etkiler, performans, maliyet gibi) olması seçim sürecini karmaşık hale getirerek zorlaştırmaktadır. Bu noktada, yapıda kullanılacak malzemenin seçiminde, genellikle karar vericinin deneyim, düşünce ve duygularına dayanan yaklaşımlar benimsenmekte, ancak sektöre sunulan yapı malzemelerinin çeşitliliği, karar verme sürecinde malzemenin

tüm teknik detayları ile değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Çünkü malzeme seçiminde verilen yanlış bir karar; yapı üretim sürecini etkileyerek birtakım hataların veya eksikliklerin oluşması, yapının kullanımı sırasında bazı sorunların ortaya çıkması, dolayısıyla yapı performansının ve kalitesinin düşmesi gibi sonuçları beraberinde getirmektedir. Ayrıca seçilecek malzemedeki beklentiler, tasarımın teknik gereklilikleri ile uyumlu olmasının ötesine geçmektedir. Çünkü yapının performansını belirleyen çok sayıda ölçüt bulunmaktadır. Yapı malzemeleri, üretiminden başlayarak kullanımı ve bertarafına kadar olan süreç ile bu süreçte gerçekleşen kaynak tüketimi, enerji kullanımı, atık üretiminin çevresel etkileri; kullanıcının sağlık, güvenlik, konfor gereksinimleri; imalat, depolama, nakliye, kurulum, bakım, onarım maliyetleri; estetik değerler gibi farklı boyutları kapsamaktadır. Bu boyutlar arasındaki ilişkilerin kurulması ve dengenin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenlerle, yapı malzemesinin rasyonel ve bilinçli bir şekilde seçilmesi yapı üretim sürecinin önemli adımlarından biridir.

Yapı sektörü, pek çok alt ve yan sektörü destekleyerek ekonomiye yön vererek kalkınmaya katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda, enerji ve kaynakların kullanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Enerji ve kaynaklar ile ekonomi arasında çift yönlü, ayrılmaz bir ilişki bulunmaktadır. Enerji ve kaynaklar, üretim faktörlerine ve tüketim maddelerine girdi oluşturan vazgeçilmez parçalardır. Ekonomik gelişme ile birlikte artan refah düzeyi, enerji talebini ciddi oranda artırmakta; bu talep artışı ve kaynakların tüketimi ise, emisyon ve diğer atıkların artması, çevrenin tahrip edilmesi ve ekolojik dengenin bozulması gibi pek çok sorunu beraberinde getirmektedir. Bu durum, enerji ve kaynakların, ekonomik kalkınmanın en güçlü göstergelerinden biri olduğunu göstermektedir. Yapı üretim faaliyetlerindeki enerji ve kaynak kullanımının önemli bir bölümü ise, yapı malzemeleri ile ilgili aşamalarda gerçekleşmektedir. Enerji tüketimi ve kullanımını kontrol altına almak, verimli bir şekilde yönetmek, dolayısıyla insan yaşamı, ekonomik kalkınma ve çevre kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak amacıyla yapı sektörüne yönelik birtakım önerilerin getirilmesi ve iyileştirilmelerin yapılması büyük önem arz etmektedir.

Sağlıklı bir yapının oluşturulabilmesi ve işlevini etkin bir şekilde yerine getirebilmesi için, üretilen yapının performans gerekliliklerinin karşılanması ve yapının kullanım ömrü boyunca bu performansın sürekliliğinin sağlanması son derece önemlidir. Özellikle insan yaşamının büyük bir kısmının yapılarda geçtiği düşünüldüğünde; bu yapıların içerisinde ilk sırada yer alan konutlar, tüm yapı stoku içerisinde büyük bir paya sahip olması ve bu payın sürekli artması nedenleriyle öncelikli olarak üzerinde durulması gereken konulardan biridir. Dolayısıyla, her boyutuyla yaşamın önemli bir parçası olan; insanların temel gereksinimlerini karşılayabileceği güvenli, konforlu ve işlevsel yaşam alanı sunan konutların performansı daha da önemli hale gelmektedir. Yüksek performanslı konut üretiminin gerçekleştirilmesi ise, yapıyı oluşturan yapı elemanlarına yönelik doğru kararların verilmesiyle mümkündür. Bu noktada, yapı elemanlarının üretiminde kullanılacak yapı malzemelerine yönelik verilecek kararlar ve yapılacak seçimler önem kazanmaktadır.

Yapıların tasarımında, üretiminde ve pazarlanmasında, yapı malzemelerinin seçimi önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda, doğru malzeme seçim kararlarının verilmesi oldukça zorlu ve riskli bir görevdir. Zira yanlış malzemelerin seçimi, kullanıcı gereksinimlerinin karşılayamayan ve işlevini yerine getiremeyen başarısız yapıların üretilmesine neden olabilir. Bu zorluğun temel nedeni, alternatiflerin değerlendirilmesi için birbiriyle çelişen birden fazla karar ölçütünün bulunması ve ölçütler ile alternatifler arasında karmaşık ilişkilerin olmasıdır. Yapı malzemesi seçiminde itici güç genellikle, yüksek performansın sağlanması ve maliyetin olabildiğinde düşük seviyede tutulmasıdır, ancak kullanıcı istekleri, estetik değerler, ekolojik faydalar gibi ölçütler de malzeme seçimi için önemli parametrelerdir. Bu nedenle, hangi yapı malzemesine niçin gereksinim duyulduğuna ilişkin bir strateji geliştirilmeli ve malzemenin nitelikleri, bu bağlamda değerlendirilerek en iyi çözüme ulaşılmalıdır. Bu noktada, yapı malzemesi seçimine yönelik çalışmalara uluslararası literatürde oldukça geniş yer verilirken, ulusal literatürde yapılan çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu durum, çok sayıda karar ölçütünü bir arada değerlendirerek, farklı niteliklere sahip yapı malzemeleri arasından uygun seçimin yapılmasında karar vericiye yol gösterebilecek bilimsel ve sistematik bir yaklaşımın

gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi ile yapılan çalışmalar incelendiğinde ise, genellikle işletme alanında yoğunlaştığı; mimarlık alanında ise yok denecek kadar az olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, Analitik Hiyerarşi Prosesi tüm yönleriyle değerlendirilerek, konutlarda yapı malzemesi seçimine yönelik yaklaşım eksikliğini oluşturduğu boşluğun doldurulmasında potansiyel bir güce sahip olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki tüm yapı stokunun yaklaşık %85'ini temsil etmesi, ekonomik kalkınmaya katkı sağlaması, enerji ve kaynak tüketiminin %30-35'inden sorumlu olması ve bu tüketimin yaklaşık %20'sinin yapımında kullanılan malzemelerden kaynaklanması nedenleriyle konutlara odaklanılmıştır. Sağlıklı, nitelikli ve dayanıklı konutların oluşturulması noktasında; yapı üretim sürecinin kritik karar noktalarından biri olan yapı elemanlarında istenen düzeyde performansın sağlanması hedefiyle, uygun yapı malzemelerinin seçimi için potansiyel bir güce sahip olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin ilkelerine dayanan bir model önerisi oluşturmak amaçlanmıştır.

Önerilen Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model aracılığıyla;

- Yapı üretim sürecinde rol alan karar vericileri, bilinçli bir şekilde rasyonel kararlar vermeye ve doğru seçimi yapmaya yönlendirilmesi,
- Karar verici görüşlerinin ortak bir zeminde buluşturulmasıyla karar vericiler arasında güçlü iletişimin kurulması ve nitelikli işbirliğinin sağlanması,
- Yüksek performans odaklı kararlar tasarım aşamasında alınarak, tüm yapı üretim sürecinde meydana gelebilecek olası hataların, aksaklıkların, iş, zaman, maliyet vb. kayıpların en aza indirgenmesi,
- Yapı üretim sürecindeki belirsizliklerin netleştirilmesi, kararsızlıkların giderilmesi ve karışıklıkların önlenmesi

hedeflenmiş ve bu doğrultuda model önerisi geliştirilmiştir.

Önerilen *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model*'in temeli, karar vericinin ele aldığı yapı elemanlarının tasarımını etkileyecek karar ölçütlerini ve bunların önem ağırlıklarını saptamak; yapı elemanlarının tasarımında kullanılacak yapı malzemesi alternatiflerini belirlemek; alternatifleri, ölçütler göre değerlendirmek ve değerlendirme sonuçlarına bağlı olarak uygun yapı malzemesi seçim kararını vermektir. Önerilen model, birbirini takip eden dört düzeyden ve sekiz ayrı temel uygulama adımından oluşmaktadır (Şekil 5.2). Modele ait düzeyler;

- Problemin yapılandırılması,
- Ölçütlerin ağırlıklandırılması,
- Alternatiflerin değerlendirilmesi,
- Seçimin yapılması

şeklinde sıralanmaktadır. Bu temel düzeyler kendi içerisinde, birbirleriyle etkileşimli olarak çalışan farklı uygulama adımlarını barındırmaktadır. Önerilen *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model*'in temel uygulama adımları ise şöyledir:

- Problemin ve hedefin tanımlanması,
- Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi,
- Hiyerarşik yapının oluşturulması,
- İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
- İkili karşılaştırma matrisinin normalizasyonu,
- Öncelik vektörlerinin hesaplanması,
- Tutarlılık oranının hesaplanması,
- Alternatiflerin karşılaştırılması ve seçimin yapılması.

Önerilen modelin uygulanabilirliğini sınamak amacıyla, örnek vaka çalışması olarak “duvar elemanında kullanılacak duvar gövde malzemesinin seçimi” problemi belirlenmiş; modelin uygulama adımlarının nasıl çalıştığı ve çözüm üretildiği belirlenen karar verme problemi üzerinde gösterilmiştir. Örnek vaka çalışması kapsamında, literatürdeki malzeme seçimine yönelik çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarda hemen hepsinde ortak olarak bulunan ölçütler tespit edilerek toplam 7 adet karar ölçütü belirlenmiştir. Konutların duvar yapımında sıklıkla kullanılan 9 adet farklı özelliklere sahip tuğla ve bimsblok alternatifleri, aralarından en uygun seçimi yapmak üzere belirlenmiştir. Ölçütlerin ikili olarak kıyaslandığı bir anket çalışması hazırlanmış ve anket, yapı alanında uzman kişilerin değerlendirmesine sunulmuştur. Uzman görüşleri alınarak elde edilen veriler doğrultusunda ölçütlerin ağırlıklandırılması yapılmış ve ağırlıklandırma değerlerine göre duvar gövde malzemesi alternatifleri değerlendirilerek en uygun yapı malzemesi belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında, Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi tüm yönleriyle ele alınmış ve konutlarda yapı malzemesi seçimine uygulanabileceği vurgulanmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin kolay uygulanabilir olması, kısa sürede hızlı sonuç vermesi, bilimsel temele dayanan sistematik işleyişinin olması, rasyonel analizler yaparak çözümler üretmesi, karar vericilerin farklı görüşlerinin yansıtılmasına imkân tanınması, nitel ve nicel ölçütlerin bir arada değerlendirilmesine olanak sağlaması özellikleriyle işletme alanında uygulanan yöntemin, mimarlık alanında da uygulanabileceği ve fayda sağlayabileceği görülmüştür. Bu bağlamda, yüksek performanslı konut üretimi hedefine ulaşılmasını sağlayacak uygun yapı malzemelerinin seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin ilkelerine dayanan bir model önerisi ortaya konulmuştur. *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi* ile;

- Yapı malzemesi seçim kararını etkileyen ölçütler ve malzeme alternatifleri ile bu değişkenler arasındaki ilişkiler, hiyerarşik yapıda ele alınarak karar verme sürecinin sistematik bir yaklaşımla yönetilmesi sağlanmakta; böylece, süreçteki belirsizlik ve karışıklıklar en aza indirgenerek doğru seçim kararına kolay ve etkili bir şekilde ulaşılabilmektedir.

- Yapı malzemelerinin çeşitliliği ve içeriklerinin zenginliği ile göz önünde bulundurulması gereken karar ölçütlerinin çokluğuna bağlı olarak doğru yapı malzemesinin seçimi güçleşmektedir. Bu durum, farklı disiplinlerden uzman kişileri bir araya getirerek yapı malzemesi seçim sürecine dâhil etmektedir. Bu noktada, önerilen model aracılığıyla karar vericiler arasında sağlıklı iletişimin kurulması, görüş farklılıklarının ortak bir paydada birleştirilmesi, iş ve fikir birliğinin oluşması sağlanabilmekte; böylece, olası çatışmalar önlenerek başarılı bir ekip çalışmasıyla objektif kararlar verilebilmektedir.
- Yapı malzemesi alternatiflerinin değerlendirilmesinde, hem nitel hem de nicel ölçütler eş zamanlı olarak karar verme sürecine dâhil edilebilmektedir. Karar vericilerin yargı ve tercihlerini, konut kullanıcılarının gereksinim ve beklentilerini içeren nitel ölçütler, sayısal değerlere dönüştürülerek ölçülebilir ve karşılaştırılabilir hale getirilmekte ve ölçütler arasındaki farklılıklar azaltılarak homojen veri setleri elde edilmektedir. Böylece, karar verme mekanizması, uygun malzemenin seçimine maksimum fayda sağlayacak şekilde çalıştırılabilmektedir.
- Hiyerarşik yapının herhangi bir düzeyinde yer alan her bir değişken arasında birebir ve karşılıklı olacak şekilde, belirli bir aralıkla sınırlandırılmış ölçek dâhilinde kıyaslamalar yapılarak, değişkenlerin birbirlerine göre üstünlükleri belirlenmektedir. Böylece, ikili karşılaştırmalar kullanılarak karar probleminin ayrıntılı bir şekilde ele alınabilmektedir. Yalnızca iki değişken göz önünde tutulduğundan karar verme eylemi kolaylaşmakta ve doğru yapı malzemesi seçim kararına daha hızlı bir şekilde ulaşılabilmektedir.
- Karar verme mekanizmasının güvenilirliği ve elde edilen sonuçların doğruluğu, karar vericilerin ölçütler arasında yaptıkları karşılaştırmaların tutarlılığına bağlıdır. Karşılaştırmalar, tutarlılık ölçümüne tabi tutulmakta ve ölçüm sonucu, kabul edilebilir bir tolerans değeri dâhilinde değerlendirilerek geçerlilikleri teyit edilmektedir. Böylece, veri setlerindeki olası tutarsızlıklar uzlaştırılabilmekte ve elde edilen sonuçlar rasyonel ve tutarlı bir temele dayandırılarak doğru malzeme seçim kararı alınabilmektedir.

- Yapı malzemesi alternatiflerinin karar ölçütleri bazında değerlendirilmesiyle, alternatiflerin performans değerleri elde edilmektedir. Elde edilen değerlere göre alternatiflerin (en çok tercih edilebilir olandan en az tercih edilebilir olana doğru) uygunluk sıralaması yapılarak, karar vericiye esnek çözüm önerileri sunulmaktadır. Böylece, yapım sürecinde herhangi bir sorun oluşması durumunda, uygunluk sıralamasına göre alternatif senaryolar oluşturularak farklı çözümler üretilebilmekte ve aksaklıkların önüne geçilebilmektedir.
- Karar verme mekanizması, ileri seviyede matematik bilgisi gerektirmeyen ve çözümü kolay anlaşılabilen, basit formüllerin uygulanmasıyla çalışmaktadır. Ayrıca bu formüller, Microsoft Excel programına aktarılmasıyla daha kısa bir sürede, düşük maliyetle ve etkin bir şekilde sonuçlar elde edilebilmekte; yeni veri girişi veya güncelleme söz konusu olduğunda bu değişiklikler anlık olarak sonuca yansıtılabilmektedir. Böylece, konut tasarımının amaç ve kapsamına bağlı kalınarak, kısıtlı zaman ve bütçe imkânları etkilenmeden, performans gereksinimlerini karşılayacak en uygun yapı malzemesinin seçimi hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.
- Karar verme mekanizmasının başarılı bir şekilde yürütülmesi ile doğru yapı malzemesi seçimi yapılarak, yüksek performans gösteren ve kullanıcı için optimum konfor şartlarını sağlayan yapılar üretilebilir. Bu sayede de, enerji ve kaynak kullanımı, çevre kalitesi, insan yaşamı ve ekonomik gelişme konularında önemli kazanımlar edinilebilir.

Tez çalışması kapsamında ortaya konulan, *Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Konutlarda Yapı Malzemesi Seçimine Yönelik Model Önerisi*, bir çerçeve model niteliğinde olup, mimarlık alanında kullanılarak işlev, performans, kalite, konfor, enerji, zaman ve maliyet gibi pek çok açıdan önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bu alanda gerçekleştirilebilecek çalışmalara yol gösterici olabileceği, gelecek çalışmalarda ele alınan farklı hedef, farklı karar değişkenleri doğrultusunda geliştirilerek içeriğinin zenginleştirilebileceği, kapsamı genişletilerek tüm yapı tipolojilerine uygulanabilir hale getirilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adair, J.** (2017). *Karar Verme ve Problem Çözme (3. Baskı)*. İstanbul: Pegem Akademi.
- Akadiri, P. O., Paul, O. O. & Ezekiel, A. C.** (2013). Multi-criteria Evaluation Model for the Selection of Sustainable Materials for Building Projects. *Automation in Construction*, 30, pp. 113-125.
- Akbulut, D. E.** (2020). *Yapı Malzemesi* (Ders Notu). Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul. Erişim adresi: <<https://avesis.yildiz.edu.tr/resume/downloadfile/eksi?key=e039b030-9fd7-413d-9a04-b76f8ec7d6c3>> (Erişim tarihi: 04.11.2022).
- Aladağ, Z.** (2011). *Karar Teorisi (2.baskı)*. İstanbul: Umuttepe.
- Algın, F. & Alkan, M.** (2019). Konut Stoğunda Duvarıda Malzeme Seçimini Etkileyen Faktörler ve Sektör Aktörlerinin Malzeme Seçimlerinin Değerlendirilmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, İZÜ Ulusal Geleneksel Mimari ve Sürdürülebilirlik Sempozyumu Özel Sayısı*, ss. 32-37.
- Alptekin, O.** (2014). *Yapı Malzemesi Seçiminde Yöntem Araştırması ve Bir Model Önerisi* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arioğlu, N.** (1993). *Yapı Ürünlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem* (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arslan H. M., Köse, A. & Durak, İ.** (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Eğitim Kurumları Karar Problemlerinin Çözümü. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2(8), ss. 27-34.
- Arslankaya, S. & Göraltay, K.** (2019). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar*. Ankara: Iksad Publications.
- Ashby, M. F.** (1992). *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford: Pergamon Press.
- Ashby, M. F.** (1999). *Materials Selection in Mechanical Design (Second Edition)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Ashby, M. F.** (2005). *Materials Selection in Mechanical Design (Third Edition)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ashby, M. F.** (2010). *Materials Selection in Mechanical Design (Fourth Edition)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ashby, M. F. & Johnson, K.** (2014). *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design (Third Edition)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Askeland, D. R., Fulay, P. P & Wright, W. J.** (2011). *The Science and Engineering of Materials (Sixth Edition)*. Stamford CT: Cengage Learning.
- Atıcı, K. B. & Ulucan, A.** (2009). Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), ss. 161-186.
- Atsan, N. & Kuruüzüm, A.** (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, ss. 83-105.
- Aykanat, A.** (2014). Yapı Hasarları Açısından Doğru Malzeme Seçimini Sağlayan Kuramsal Tasarım ve Yapım Modeli. *Artium*, 2(1), ss. 29-42.
- Balanlı, A.** (1997). *Yapıda Ürün Seçimi*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Eğitim ve Kültür Hizmetleri Derneği Yayını.
- Başaran, U.** (1998). *Zemin Üzeri Dış Duvarlarda Seçenek Özelliklerinin Tanımlanması (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başdar, C.** (2018). *TOPSIS ve ELECTRE Yöntemleri ile Finansal Performansın Sıralanması: BIST Bilişim Sektörü Uygulaması (Doktora Tezi)*. Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Baykal, N. & Beyan, T.** (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. İstanbul: Bıçaklar Kitabevi.
- Bayraktaroğlu, S. & Demir, K.** (2011). *İşyerinde Karar Verme ve Problem Çözme Yöntemleri*. Ankara: İş ve Meslek Danışmanlığı Derneği Yayınları.
- Belton, V. & Stewart, T. J.** (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer.

- Berksun, F.** (1979). Mekan Bileşenleri Tasarımında Malzeme Seçimi için Kullanıcı Gereksinimlerini Değerlendiren Bir Yöntem (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat ve Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- BRI.** (1968). *On the Systematic Method for Selecting Building Materials (No. 36)*. Tokyo: Building Research Institute, Ministry of Construction.
- Budinski, K. G.** (1996). *Engineering Materials: Properties and Selection (Fifth Edition)*. USA: Prentice Hall Inc.
- Callister, W. D. & Rethwisch, D. G.** (2010). *Materials Science and Engineering: An Introduction (Tenth Edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Cevizci, D. K. & Kayacan, O.** (2019). Bir Konfeksiyon İşletmesinde MACBETH ve TOPSIS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(62), ss. 331-344.
- Chankong, V. & Haimes, Y. Y.** (1983). *Multiobjective Decision Making Theory and Methodology*. New York: North Holland.
- Chen, S. J. & Hwang, C. L.** (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Cronberg, T.** (1972a). *Human Requirements for Buildings*. In: Foster B. E. (ed). Performance Concept in Buildings-Volume 1: Invited Papers. Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium, Philadelphia, Pennsylvania. Washington: National Bureau of Standards Special Publication, 361, pp. 13-22, Philadelphia, Pennsylvania.
- Cronberg, T.** (1972b). *On Structuring Performance Requirements for Buildings*. In: Foster B. E. (ed). Performance Concept in Buildings-Volume 1: Invited Papers. Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium, Philadelphia, Pennsylvania. Washington: National Bureau of Standards Special Publication, 361, pp. 23-30, Philadelphia, Pennsylvania.
- Çakmak, A.** (2021). Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 5(1), ss. 41-54.
- Çevre Kanunu.** (1983). T. C. Resmi Gazete, 2872, 11 Ağustos 1983. Erişim adresi: <<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.2872.pdf>> (Erişim tarihi: 27.09.2022).

- Çiçek, C.** (2012). *İkna'nın Yapısı: Süreç, Araç ve Yöntemleriyle*. Konya: Eğitim Yayınevi.
- Dağdeviren, M., Akay, D. & Kurt, M.** (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), ss. 132-135.
- Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M. & Dizdar, E.N.** (2005). Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım. *Teknoloji Dergisi*, 8(2), ss. 115-122.
- Dağdeviren, M. & Eraslan, E.** (2008). PROMETHEE Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), ss. 69-75.
- 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), ss. 41-52.
- DİE.** (1968). 1965 Genel Nüfus Sayımı, İl ve İlçe Merkezleri ile Nüfusu 5.000 ve daha fazla olan bucak ve Köylerde Binalar Sayımı (Yayın No: 583). Ankara: Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası. Erişim adresi: <<http://www.indexatlas.net/binalar-sayimi.html>> (Erişim tarihi: 07.07.2022).
- DİE.** (1972). 1970 Binalar Sayımı, Belediye Teşkilatı Olan Yerlerde (Yayın No:647). Ankara: Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası.
- DİE.** (2000). Bina Sayımı 2000. Ankara: Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası.
- Durkaya, M. & Yamak, R.** (2004). Türkiye'de Konut Piyasasının Talep Yönlü Analizi. *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, 19(217), ss.75-83.
- Edis, E.** (2006). *Mimari Yapısal Öğelerin Tasarımı İçin Bir Yöntem* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ekşi, M.** (2020). *Malzeme Bilgisi* (Ders Notu). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul. Erişim adresi: <<https://docplayer.biz.tr/181853247-Malzeme-bilgisi-ders-notlari.html>> (Erişim tarihi: 04.11.2022).
- Erikan, L.** (2002). *Hv. K. K. 'lığında Aday Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Etkin Karar Verme* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Erkman, E.** (1982). *Mimari Tasarım İçin Bir Veri Yöntemi Olarak Çevre Analizi*. İstanbul: İTÜ Matbaası.
- Eroğlu, E.** (2019). *Yöneylem Araştırması* (Ders Notu). İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi. Erişim adresi: <<http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/yoneyaras.pdf>> (Erişim tarihi: 07.07.2022).
- Ersever, H. Ö.** (1996). *Karar Verme Becerileri Kazandırma Programının ve Etkileşim Grubu Deneyiminin Üniversite Öğrencilerinin Karar Verme Stilleri Üzerindeki Etkileri* (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ertuğrul İ. & Karakaşoğlu N.** (2010). ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme için Bilgisayar Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), ss. 23-41.
- Esin, A.** (1980). *Properties of Materials for Design*. Türkiye: METU Printing Office.
- Evren, R. & Ülengin, F.** (1992). *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. İstanbul: İTÜ Yayınları.
- Figuera, J., Greco, S. & Ehr Gott, M.** (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis*. New York: Springer.
- Güler, T. & Coşgun, N.** (2011). Yapı Üretim Sürecinde Belediyelerin Rolü. *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 20(2), ss: 53-71.
- Güner, H.** (2005). *Bulanık AHP ve Bir İşletme için Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Güngör, İ. & İşler, D. B.** (2005). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), ss. 21-33.
- Gür, Ş. Ö.** (1996). *Mekân Örgütlenmesi*. Ankara: Gür Yayıncılık.
- Güzelçoban Mayuk, S.** (2015). *Yapı Elemanı Tasarım Süreci için Bulanık Çok Ölçütlü Bir Değerlendirme Modeli Önerisi* (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hamamcı, C.** (1983). Çevre Hakkı Üzerine Düşünceler. *İnsan Hakları Yıllığı*, 5-6, ss. 171-180.
- Harputlugil, G.** (2009). *Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Harputlugil, T.** (2012). *Yapı Elde Etme Süresinde Mimari Tasarım Kalitesinin Ölçülmesi ve Arttırılmasına Yönelik Analitik Hiyerarşi Prosesi Tabanlı Karar Destek Yaklaşımı ve Örnek Olaylarla Sınanması* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hasol, D.** (1979). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Hegger, M., Drexler, H. & Zeumer, M.** (2007). *Basic Materials*. Basel: Birkhäuser-Publishers for Architecture.
- Hung, Y. H., Chou, S. C. T. & Tzeng, G. H.** (2011). Knowledge Management Adoption and Assessment for SMEs by a Novel MCDM Approach. *Decision Support Systems*, 51(2), pp. 270-291.
- Hurwicz, L.** (1951). The Generalized Bayes Minimax Principle: A Criterion For Decision Making Under Uncertainty. *Cowles Commission Discussion Paper Statistics*, 335.
- Hwang, C. L. & Masud, A. S. M.** (1979). *Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications: A State of the Art Survey*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hwang, C. & Yoon, K.** (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Verlag: Springer.
- IEA.** (2020). *2020 Global Status Report for Buildings and Construction*. Erişim adresi: <https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf> (Erişim tarihi: 24.02.2021).
- IEA.** (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction*. Erişim adresi: <https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf> (Erişim tarihi: 27.10.2022).
- Ishizaka, A. & Nemery, P.** (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. West Sussex: John Wiley & Sons Inc.
- İzgi, U.** (1999). *Mimarlıkta Süreç Kavramlar-İlişkiler*. İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N., Budak, İ., & Dağ, O.** (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 33, ss. 215-228.

- Karabulut, Ö.** (2007). *Yapı Üretim Sürecinde Kaynak Yönetimi Karar Alma Süreci* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karacabey, A. A.** (2014). *Sayısal Yöntemler Modelleme* (Ders Notu). Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara. Erişim adresi: <<https://www.slideshare.net/AArgunKaracabey/modelleme>> (Erişim tarihi: 05.05.2022).
- Karakaşoğlu, N.** (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kaya, E.** (1999). *Yapı Üretim Sürecinde Yapım Aşamasında Kaliteyi Etkileyen Faktörler ve İşgücünün Önemi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, F. A. & Dikmen, N.** (2010). *1. Derece-Gün Bölgesi İçin Dış Duvar Sistemlerinde Malzeme Seçim Kriterleri*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Keçek, Y. & Yıldırım, A.** (2010). Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) İle Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), ss. 193-211.
- Koçel, T.** (2001). *İşletme Yöneticiliği*. İstanbul: Beta Yayın.
- Koçoğlu, E.** (2010). *İşletmelerde Yöneticilerin Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Teknolojilerinin Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi). Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kotan, T., Fırat, İ., Kaya, M. & Ulusu, İ.** (2018). Binalarda Kullanılan Farklı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenlik Katsayılarının Erzincan İli Şartlarında Termokupl Ve Termal Kamera İle İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(2), ss. 367-382.
- Kuban, D.** (1992). *Mimarlık Kavramları: Tarihsel Perspektif İçinde Mimarlığın Kurumsal Sözlüğüne Giriş*. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Kuruüzüm, A.** (1998). *Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Basım Evi.
- Kuruüzüm, A. & Atsan, N.** (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, ss. 83-105.

- Kuzey, R.** (2008). *Yapı Üretim Sürecinde Enformasyon Teknolojileri Kullanımı Açısından Tasarım-Uygulama Etkileşimi* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lee, H., Kim, M. S. & Park, Y.** (2012). An Analytic Network Process Approach To Operationalization Of Five Forces Model. *Applied Mathematical Modelling*, 36(4), pp. 1783-1795.
- Lee, Y. & Kozar, K.** (2006). Investigating the Effect of Website Quality on e-Business Success: An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach. *Decision Support Systems*, 42, pp. 1383-1401.
- Lezki, Ş., Sönmez, H., Şıklar, E., Özdemir, A. & Alptekin, N.** (2016). *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Lindbeck, J. R.** (1995). *Product Design and Manufacture*. New Jersey: Simon & Schuster Company,
- Lohaus, L. & Steinborn T.** (2013). *Zur Wahl der Baustoffe im Hochbau*. In: Fouad, N. A. (eds). *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Mangonon, P. L.** (1999). *The Principles of Material Selection for Engineering Design*. USA: Prentice Hall Inc.
- Mergias, I., Moustakas, K., Papadopoulos, A. & Loizidou, M.** (2007). Multi-Criteria Decision Aid Approach for the Selection of The Best Compromise Management Scheme for ELVs: The Case of Cyprus. *Journal of Hazardous Materials*, 147(3), pp. 706-717.
- Mutluay, H. S.** (2005). *Eşzamanlı Mühendislik İlkelerinin İnşaat Proje Sisteminde Uygulanmasına Yönelik Bir Model* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Müller, H. F. O.** (1997). *Methodik des Konstruierens und Wahl der Baustoffe*. In: Cziesielski, E. (eds). *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Narasimhan, R.** (1983). An Analytical Approach to Supplier Selection. *Journal of Purchasing Materials Management*, 19(1), pp.27-32.
- Naumann, R.** (1998). *Eski Anadolu Mimarlığı*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Yayınları.

- O'Brien, D. B. & Brugha, C. M.** (2010). Adapting and Refining in Multi-Criteria Decision-Making. *Journal of the Operational Research Society*, 61(5), pp. 756-767.
- Olgun, M.** (2013). *Tarımsal İnşaat*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1612, Ders Kitabı: 564.
- Orhon, D.** (2003). *Çevre ve Sürdürülebilir Tematik Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu*. Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Ankara. Erişim adresi: <https://tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/CSK_son_surum.pdf> (Erişim tarihi: 09.10.2022).
- Ömürbek, N., Demirci, N. & Akalin, P.** (2013). Analitik Ağ Süreci Ve TOPSIS Yöntemleri İle Bilim Dalı Seçimi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 5(9), ss. 118-140.
- Ömürbek, N., Makas, Y. & Ömürbek, V.** (2015). AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21, ss. 59-83.
- Ömürbek, N. & Mercan, Y.** (2014). İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının TOPSIS ve ELECTRE Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), ss. 237-266.
- Ömürbek, N. & Şimşek, A.** (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri ile Online Alışveriş Site Seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22, ss. 306-327.
- Öz, E. & Baykoç, Ö. F.** (2004). Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3), ss. 275–286.
- Özel, S. & Türkel, A.** (2018). AHP Yöntemi Kullanarak ERP Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Uygun Sistemin Belirlenmesi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), ss. 305-317.
- Özkan, E.** (1976). *Yapım Sistemleri Seçimi için Bir Yöntem* (Doçentlik Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Öztürk, A.** (2004). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Palabıyık, S.** (2011). *Mimari Tasarım Sürecinde Karar Verme: Bulanık AHS Yöntemi* (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Palabıyık, S. & Çolakoğlu, B.** (2012). Mimari Tasarım Sürecinde Son Ürünün Değerlendirilmesi: Bir Bulanık Karar Verme Modeli. *Megaron*, 7(3), ss. 191-206.
- Patton, W. J.** (1968). *Materials in Industry*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Polat, D. Ő.** (2000). *Askeri Helikopter Alımı Problemine Analitik Hiyerarşi Metodu İle Bir Yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Recchia, L., Boncinelli, P., Cini, E., Vieri, M., Pegna, F. G., & Sarri, D.** (2011). *Multicriteria Analysis and LCA Techniques: With Applications to Agro-engineering Problems*. London: Springer-Verlag.
- Saaty, R. W.** (1987). The Analytic Hierarchy Process - What It Is and How It Is Used. *Mathematical Modelling*, 9, pp. 161-176.
- Saaty, T. L.** (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L.** (1990). *Multi Criteria Decision Making. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting Resource Allocation*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty T. L.** (1994). Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytical Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 74, pp. 426-447.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), pp. 83-98.
- Saaty, T. L.** (2008). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions Under Risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 1(1), pp. 122-196.
- Saaty, T. L. & Vargas, L. G.** (1982). *The Logic of Priorities*. Boston: Kluwer-Nihoff.
- Sağır, M., Atlas, M., Aras, N. & Öztürk, Z. K.** (2018). *Yöneylem Araştırması I*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Sey, Y., Orhon Aral, N., Cansun, M. O., Özüekren, A. S., Giritli, H., Sözen, Z. & Çıracı, M.** (1987). *Çağdaş Yapım Sistemleri*. (Ders Notu), İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Sezgin, F. & Çelebi, G.** (2011). Bina Tasarımında Malzeme Seçimi İçin Model Çalışması. *Politeknik Dergisi*, 14(3), ss. 215-222.
- Shi Y., Wang S., Kou G. & Wallenius J. (Ed.)**. (2011). *New State of MCDM in the 21st Century*. Berlin: Springer.

- Sıgri, Ü. & Gürbüz, S.** (2014). *Örgütsel Davranış*. İstanbul: Beta Yayın.
- Simon, H. A.** (1957). *Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior*. New York: Wiley.
- Simmons, H. L.** (2011). *Olin's Construction Principles, Materials and Methods (Ninth Edition)*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Smith, C. O.** (1969). *The Science of Engineering Materials*. USA: Prentice Hall Inc.
- Sneck, T., Saarimaa, J. & Sneck, T.** (1972). *Performance Analysis*. In: Foster B. E. (ed). *Performance Concept in Buildings-Volume 1: Invited Papers. Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium, Philadelphia, Pennsylvania*. Washington: National Bureau of Standards Special Publication, 361, pp. 219-226, Philadelphia, Pennsylvania.
- Şahin, A. & Ünal, H. B.** (2005). *Yapı Malzeme Bilgisi*. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayınları No: 568.
- Şişman M.** (2013). *Eğitimde Mükemmellik Arayışı Etkili Okullar (4. Basım)*. Ankara: PegemA.
- Tabucanon, M. T.** (1988). *Multiple Criteria Decision Making in Industry*. Amsterdam: Elsevier.
- Tayyar, N., Akcanlı, F., Genç, E. & Erem, I.** (2014). BİST'e Kayıtlı Bilişim ve Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 61, ss. 27-29.
- Tekeli, İ.** (1988). *Konut Sorunu Üzerine Düşünceler. Birleşmiş Milletler Türk Derneği Yıllığı (Konut Özel Sayısı)*. Ankara: Birleşmiş Milletler Türk Derneği Yayınları.
- Tekeş, M.** (2002). *Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Temur, Ö. F.** (2012). *Öğretmen Algılarına Göre Yöneticilerin Karar Verme Stillерinin Öğretmenlerin Örgütsel Bağlılığına Etkisi: Rize İli Örneği (Yüksek Lisans Tezi)*. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Rize.
- Terzi, Ü., Hacaloğlu, S., E. & Aladağ, Z.** (2006). Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek Modeli. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10), ss. 43-49.

- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.** (2019). *2020 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı*. Resmi Gazete, 4 Kasım, 2019, sayı: 30938. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/11/2020_Yili_Cumhurbaskanligi_Yillik_Programi.pdf> (Erişim tarihi: 24.02.2021).
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.** (2020). *2021 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı*. Resmi Gazete, 27 Ekim, 2020, sayı: 31639. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/11/2021_Yili_Cumhurbaskanligi_Yillik_Programi.pdf> (Erişim tarihi: 24.02.2021).
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.** (2021). *2022 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı*. Resmi Gazete, 25 Ekim, 2021, sayı: 31287. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/2022_Yili_Cumhurbaskanligi_Yillik_Programi.pdf> (Erişim tarihi: 19.10.2022).
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.** (2021). *Çevresel Göstergeler*. Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevresel_gostergeler_-2021tr-rev-20220622105837.pdf> (Erişim tarihi: 27.10.2022).
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.** (2013). *Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (305/2011/AB)*. Resmi Gazete, 10 Temmuz 2013, sayı: 28703. Erişim adresi: <<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130710-10.htm>> (Erişim tarihi: 24.02.2021).
- T.C. Kalkınma Bakanlığı.** (2018). *On Birinci Kalkınma Planı (2019 – 2023), Konut Politikaları*. Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara. Erişim adresi: <<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/KonutPolitikalarıOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf>> (Erişim tarihi: 19.10.2022).
- Tıkansak, T.** (2013). Energy Efficiency in Housing. *Iconarp International Journal of Architecture and Planning*, 1(2), pp. 189-200.
- Toprak, Z.** (1990). *Sosyal Kamu Hizmeti Olarak Konut Politikası*. İzmir: Çaba Kitabevi.
- Tozlu, A.** (2016). Karar Verme Yaklaşımları Üzerinde Herbert Simon Hegemonyası. *Journal of Turkish Court of Accounts*, 102, ss. 27-45.
- TSE.** (1978). *TS 3234, Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TSE.** (1986). *TS 2823, Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE.** (2007). *TS EN 13501-1, Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları Yangın Sınıflandırması – Bölüm 1: Yangın Karşısındaki Davranış Deneylerinden Elde Edilen Veriler Kullanılarak Sınıflandırma*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Erişim adresi: <<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/12/20071219-2-1.doc>> (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- TSE.** (2008). *TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Erişim adresi: <<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/08/20080826-7-1.doc>> (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Tural, N.** (2019). Rasyonel Karar Kuramı ve Eğitim Yönetiminde Uygulaması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences*, 21(1), pp. 497-508.
- Turan, G.** (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Kitap.
- TDK.** (2005). *Büyük Türkçe Sözlük*. Ankara: TDK Yayınları.
- TDK.** (2021). *Güncel Türkçe Sözlük*. Erişim adresi: <<https://sozluk.gov.tr/>> (Erişim tarihi: 02.10.2021).
- TDK.** (2022). *Güncel Türkçe Sözlük*. Erişim adresi: <<https://sozluk.gov.tr/>> (Erişim tarihi: 05.05.2022).
- TÜİK.** (2011). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2010*. Erişim adresi: <<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2010-8428>> (Erişim tarihi: 07.07.2022).
- TÜİK.** (2021). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2020*. Erişim adresi: <<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>> (Erişim tarihi: 07.07.2022).
- Türkşen, Ö.** (2019). *Çok Ölçütlü Karar Verme: Temel Kavramlar ve Tarihçe* (Ders Notu). Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Ankara. Erişim adresi: <https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105271/mod_resource/content/0/1.Temel%20Kavramlar%20ve%20Tarihce.pdf> (Erişim tarihi: 04.07.2021).
- Tseng, Y. J. & Lin, Y. H.** (2005). A Model for Supplier Selection and Tasks Assignment. *Journal of American Academy of Business*, 6(2), pp. 197-207.

- Tzeng, G. H. & Huang, J. J.** (2011). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Ulucan, A.** (2004). *Analitik Hiyerarşi Süreci ve Uygulamaları*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları.
- Ülker, B.** (2014). *Bulanık Ortamda Çoklu Kriter Karar Verme Metodu: İnsansız Su Altı Aracı (ROV) Alternatif Tasarımlarından En Uygun Olanını Seçme Algoritması ve Bir Karar Verme Yardımcı Aracı Geliştirme* (Doktora Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze.
- Üstün, B., Gökaltun, E. & Akçoral, B.** (2018). *Bina ve Yapım Bilgisi*. Eskişehir: Açıköğretim Fakültesi Yayınları No: 1021.
- Üstün, Ö., Özdemir, M. S. & Demirtaş, E. A.** (2005). Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerilerini Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 16(4), ss. 2-13.
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A. & Camarinha-Matos, L. M.** (2016). Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study. *Technological Innovation for Cyber-Physical Systems*, 470, pp. 261-269.
- Vargas, L. G.** (1990). An Overview of the AHP and Its Application. *European Journal of Operational Research*, 48 (1), pp. 2-8.
- Vitruvius.** (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. İstanbul: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları.
- Yaman, H.** (2009). *Sistemler Yaklaşımı ve Yapı Üretim Sistemi* (Ders Notu). Erişim adresi: <<http://web.itu.edu.tr/~yamanhak/ders/yus/YS-not-hf1.pdf>> (Erişim tarihi: 10.11.2022).
- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği.** (2013). T. C. Resmi Gazete, 28703, 10 Temmuz 2013. Erişim adresi: <<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130710-10.htm>> (Erişim tarihi: 14.05.2022).
- Yaralıoğlu, K.** (2010). *Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Yıldırım, B. F. & Önder, E.** (2014). *İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınları.

- Yılmaz, B. Ç.** (2018). *A Performance Based Decision-Making Approach for Insulation Material Selection: A Social Housing Case* (Ph.D. Thesis). Department of Architecture Construction Science Programme, Istanbul.
- Yoon, K. P. & Hwang, C. L.** (1995). *Multiple Attribute Decision Making*. Thousand Oaks: Sage Publication.
- Yücel, M. & Ulutaş, A.** (2009). Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden ELECTRE Yöntemiyle Malatya’da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(17), ss. 327-344.
- Wang, Y. M., Luo, Y. & Hua, Z.** (2008). On The Extent Analysis Method For Fuzzy AHP and its Applications. *European Journal of Operational Research*, 186, pp. 735-747.
- Wind, Y. & Saaty, T. L.** (1980). Marketing Applications Of The Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), pp. 641-658.
- Wu, C. R., Chang, C. W. & Lin H. L.** (2006). Evaluating The Organizational Performance Of Taiwanese Hospitals Using The Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Journal of American Academy of Business*, 9(2), pp. 201-210.
- Zahedi, F.** (1986). The Analytical Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications. *Interfaces*, 16(4), pp. 96-108.
- Zavadskas, E. K. & Turskis, Z.** (2010). A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method in Multicriteria Decision-Making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), pp. 159-172.
- Zeleny, M.** (1982). *Multiple Criteria Decision Making*, New York: McGraw-Hill.
- Zeleny, M.** (2011). “MCDM: In Search of New Paradigms...”. New State of MCDM in the 21st Century: Selected Papers of the 20th International Conference on Multiple Criteria Decision Making, pp. 3-12, ed. Y. Shi, S. Wang, G. Kou, J. Wallenius. Berlin: Springer-Verlag.
- Zhang, G., Lu, J. & Gao, Y.** (2015). *Multi-level Decision Making Models, Methods and Applications*. New York: Springer Heidelberg.
- Zhou, C. C., Yin, G. F. & Hu, X.** (2009). Multi-objective Optimization Of Material Selection For Sustainable Products: Artificial Neural Networks And Genetic Algorithm Approach. *Materials And Design*, 30, pp. 1209-1215.
- Zhou, P., Ang, B.W. & Poh, K. L.** (2006). Decision Analysis In Energy And Environmental Modeling: An Update. *Energy*, 31(14), pp. 2604-2622.

Url-1<<https://medium.com/@tolgahan.cepel/analitik-hiyerar%C5%9Fis%C3%BCreci-ahp-ve-uygulamas%C4%B1-792d07997650>>, erişim tarihi: 31.03.2021.

Url-2<https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf>, erişim tarihi: 24.02.2021.

Url-3
<https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105271/mod_resource/content/0/1.Temel%20Kavramlar%20ve%20Tarihce.pdf>, erişim tarihi: 24.03.2021.

Url-4
<https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105277/mod_resource/content/0/2.Karar%20Tipleri.pdf>, erişim tarihi: 24.03.2021.

Url-5
<https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105292/mod_resource/content/0/9.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-I.pdf>, erişim tarihi: 24.03.2021.

Url-6
<https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105293/mod_resource/content/0/10.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-II.pdf>, erişim tarihi: 24.03.2021.

Url-7
<https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105296/mod_resource/content/0/11.%C3%87ok%20%C3%96l%C3%A7%C3%BCtl%C3%BC%20Karar%20Verme%20Y%C3%B6ntemleri-III.pdf>, erişim tarihi: 24.03.2021.

Url-8<<https://www.mcdmsociety.org/content/short-mcdm-history-0>>, erişim tarihi: 04.07.2021.

Url-9<<https://bloksan.com.tr/category/tuglalar/>>, erişim tarihi: 27.03.2023.

Url-10<https://yukseltuglakiremit.com/urun-gruplarimiz/1013/yatay_delikli_tuglalar>, erişim tarihi: 27.03.2023.

Url-11<<http://www.dogusblok.com.tr/urunler/yataydelikli.html?cat=1>>, erişim tarihi: 27.03.2023.

Url-12<<https://www.okyap.com.tr/tr-TR/kategori/Bloklar/2>>, erişim tarihi: 07.04.2023.

Url-13<<https://www.teknobims.com.tr/kategori-detay-G-Serisi-Duvar-Bloklari>>, erişim tarihi: 07.04.2023.

EKLER

Ek A: Yapı malzemesi seçimine yönelik anket formu.

ANKET HAKKINDA BİLGİLENDİRME												
Sayın Katılımcı,												
Bu anket formu, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Doktora Programı'nda Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZCAN danışmanlığında yürütülen ve doktora öğrencisi Sena GÜNGÖR tarafından hazırlanan doktora tezi çalışması için oluşturulmuştur. Çalışma, "konutlarda duvar elemanı için yapı malzemesi seçimi"ne yöneliktir.												
Anket formunu doldururken; her bir satırda yer alan karşılıklı iki karar ölçütü arasında kıyaslama yaparak birbirlerine göre önem derecelerini 1 ile 9 aralığında değerler alan ölçekten faydalanarak işaretlemeniz istenmektedir. İlgili ölçekte , 1 (bir) değerinin solunda yer alan sayıları seçmeniz durumunda, ilgili satırdaki birinci ölçütün ikinci ölçüte göre daha öncelikli olduğunu ve seçilen sayı da önem derecesini; 1 (bir) değerinin sağında yer alan sayıları seçmeniz durumunda, ilgili satırdaki ikinci ölçütün birinci ölçüte göre daha öncelikli olduğunu ve seçilen sayı da önem derecesini; 1 (bir) değeri ise, iki ölçütün birbirlerine göre eşit derecede önemli olduğunu ifade etmektedir.												
Bu anket sonucunda elde edilecek bilgilerin geçerliliği ve araştırmanın başarılı olabilmesi için anket sorularını, bilgi ve tecrübelerimize dayanarak, objektif bir bakış açısıyla cevaplamamız büyük önem arz etmektedir. Anket formunda cevaplandırılmamış soru kalmadığından emin olunuz. Anket kapsamında vereceğiniz bilgiler gizli tutularak üçüncü şahıslarla paylaşılmayacak ve akademik çalışmadan başka hiçbir amaçla kullanılmayacaktır. Değerli vaktinizi ayırarak çalışmaya verdiğiniz destek ve katkından dolayı şimdiden teşekkür eder, saygılarımı sunarım.												
Sena GÜNGÖR												
KATILIMCI BİLGİLERİ												
1. Öğrenim düzeyiniz nedir?												
2. Mesleki ünvanınız nedir?												
3. Meslekteki uzmanlık alanınız nedir?												
4. Mesleki deneyim süreniz nedir?												
ANKET FORMU												
Yapı Malzemesi Seçimini Etkileyen Karar Ölçütleri												
Birim Hacim Ağırlığı (K1): Malzemenin ağırlığının, boşlukları dâhil olmak üzere toplam hacmine oranıdır.												
Su Buharı Geçirgenliği (K2): Malzemede, su moleküllerinin buhar basıncı fazla olan ortamdaki az olana doğru hareket etmesidir.												
Yangın Dayanımı (K3): Malzemenin yangın anında normal yapısal fonksiyonunu devam ettirebildiği zaman dilimidir.												
Basınç Dayanımı (K4): Malzeme yüzeyinden içeriye doğru etkiyen kuvvetler basıncı gerilmeleri oluşturur.												
Isıl İletkenlik (K5): Malzemenin sıcaklığı yüksek yüzeyinden düşük yüzeyine doğru oluşan ısı akımıdır.												
Ses Geçirimsizliği (K6): Malzemenin yüzeyine çarpan ses dalgasının ne kadarının geçtiği ile ilgilidir.												
Maliyet (K7): Malzemenin üretim, tedarik, nakliye, işçilik, uygulama, bakım, onarım maliyetlerini içerir.												
Karşılıklı olarak verilmiş ölçütlerin birbirlerine göre önem derecelerini, 1 ile 9 aralığındaki ölçekten uygun olan değeri (X) işareti ile belirtiniz.												
Lütfen her satırda yalnızca bir kutucuğu işaretleyiniz.												
Bu sütunda belirtilen hedefe göre ilgili satırlarda karşılıklı olarak yer alan ölçütleri karşılaştırarak birbirlerine göre önem derecelerini belirleyiniz.	KARAR ÖLÇÜTÜ A	Kesinlikle önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Orta derecede önemli	Eşit derecede önemli	Orta derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kesinlikle önemli	KARAR ÖLÇÜTÜ B	
												HEDEF
ÖRNEK	KARAR ÖLÇÜTÜ 1				X							KARAR ÖLÇÜTÜ 2
Açıklama: Karar Ölçütü 1, Karar Ölçütü 2'ye göre orta derecede önemlidir.												
ÖRNEK	KARAR ÖLÇÜTÜ 3							X				KARAR ÖLÇÜTÜ 4
Açıklama: Karar Ölçütü 4, Karar Ölçütü 3'e göre kuvvetli derecede önemlidir.												
KONUTLARDA YAPI MALZEMESİ SEÇİMİ	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Su Buharı Geçirgenliği (K2)
	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Yangın Dayanımı (K3)
	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Basınç Dayanımı (K4)
	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Isıl İletkenlik (K5)
	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Ses Geçirimsizliği (K6)
	Birim Hacim Ağırlığı (K1)											Maliyet (K7)
	Su Buharı Geçirgenliği (K2)											Yangın Dayanımı (K3)
	Su Buharı Geçirgenliği (K2)											Basınç Dayanımı (K4)
	Su Buharı Geçirgenliği (K2)											Isıl İletkenlik (K5)
	Su Buharı Geçirgenliği (K2)											Ses Geçirimsizliği (K6)
	Su Buharı Geçirgenliği (K2)											Maliyet (K7)
	Yangın Dayanımı (K3)											Basınç Dayanımı (K4)
	Yangın Dayanımı (K3)											Isıl İletkenlik (K5)
	Yangın Dayanımı (K3)											Ses Geçirimsizliği (K6)
	Yangın Dayanımı (K3)											Maliyet (K7)
	Basınç Dayanımı (K4)											Isıl İletkenlik (K5)
	Basınç Dayanımı (K4)											Ses Geçirimsizliği (K6)
	Basınç Dayanımı (K4)											Maliyet (K7)
Isıl İletkenlik (K5)											Ses Geçirimsizliği (K6)	
Isıl İletkenlik (K5)											Maliyet (K7)	
Ses Geçirimsizliği (K6)											Maliyet (K7)	

Anket formundaki tüm alanları doldurduktan sonra belgenin üzerinde çalıştığınız halini "Kaydet" (Save) butonuna basarak kaydetmeyi ve ardından belgeyi sena.gungor@su.fsm.edu.tr adresine göndermeyi unutmayınız.