



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**SABİT TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE AHP ve TOPSIS
YÖNTEMLERİ ile YAKINSAMA PROJELERİNE KARAR
VERİLMESİ**

Sait IŞIK

Enformatik Anabilim Dalı

Enformatik Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

Haziran, 2022

İSTANBUL

Bu alışma, 7.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi

Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN
İstanbul Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enformatik Ana Bilim Dalı

Prof. Dr. Hakan Ali ÇIRPAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliğı Fakültesi

Prof. Dr. K.Hüseyin KOÇ
İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa
Orman Fakülte

Doç. Dr. Çiğdem SELÇUKCAN EROL
İstanbul Üniversitesi
Enformatik Ana Bilim Dalı

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, ... numaralı projesi ile desteklenmiştir

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

--

ÖNSÖZ

Bu çalışmam sırasında sunduğu katkılar ve yönlendirmeleriyle çalışmanın her aşamasında desteklerini esirgemeyerek sürecin ilerlemesini sağlayan değerli hocam tez danışmanım Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada değerli desteklerini esirgemeyen, görüş ve önerileriyle tezin şekillenmesine katkı sunan değerli hocalarım Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN ve Prof. Dr. Hakan Ali ÇIRPAN'a teşekkür etmeyi de bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında sektörel bilgileriyle katkı sunarak uzman oldukları konularda görüşlerini paylaşarak katkı sunan telekomünikasyon sektörü uzmanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Doğduğum günden beri tüm hayatım boyunca yanımda olan emeklerinin karşılığını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, her zaman sevgi ve desteklerini hissettiğim, bu günlere gelmemdeki en büyük pay sahipleri annem Nefize IŞIK ve babam Şevket IŞIK'a ne kadar teşekkür etsem azdır.

Meşakkatli bir süreç olan doktora çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen ve yanımda olan, çalışma için harcanan uzun zamanın kendilerine ayıracağım zamandan harcanmış olması sebebiyle bu tezi eşim Ajda IŞIK, oğullarım Arda IŞIK ve Kaan IŞIK'a ithaf ediyorum.

Haziran 2022

Sait IŞIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvi
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	8
2.1. SABİT ALTYAPI.....	8
2.1.1. Bakır Altyapı	8
2.1.2. Bakır Kablolardaki Başlıca İletim Sorunları	13
2.2. FİBER OPTİK ALTYAPI	16
2.2.1. Fiber Optik Tarihçesi.....	16
2.2.2. Işıksal (Optik) İletim	17
2.2.3. Kırılma Kanunları.....	18
2.2.4. Fiber Optik Kablo.....	20
2.2.5. Tüp Yapısına Göre Fiber Kablo Türleri	21
2.2.5.1. Sıkı tüplü (buffer) fiber kablolar	21
2.2.5.2. Gevşek tüplü kablolar.....	22
2.2.6. Kullanım Yerine Göre Fiber Optik Kablolar.....	22
2.2.7. Fiber Optik Kablolarda Zayıflama	25
2.2.7.1. Fiber Optik Kablo Kayıp Nedenleri	26
2.2.8. Fiber Optik Kabloların Modlarına Göre Sınıflandırılması	30
2.2.8.1. Tekmodlu (Single mod) Fiber	30
2.2.8.2. Çok Modlu (Multi mode) Fiber.....	31
2.2.9. ITU Fiber Optik Kablo Standartları	32
2.2.10. Bakır Kablolar ve Fiber Optik Kabloların Erişim Açısından Karşılaştırılması.....	33
3. SABİT ŞEBEKELERDE YAKINSAMA.....	35
3.1. MEVCUT SABİT ALTYAPI.....	35
3.1.1. Genişbant Kavramı	37
3.1.2. Ülkemizde Genişbant Pazarı	41
3.1.3. OECD Ülkeleri Sabit Genişbant Penetrasyon Oranları	43
3.2. GENİŞBANT TEKNOLOJİLERİ	44

3.2.1.	xDSL Teknolojisi	45
3.2.2.	FTTX Erişim Türleri	49
3.2.2.1.	FTTX Sistemlerinin Erişim Üstünlükleri	51
3.2.3.	Saha Dolabına Kadar Fiber (Fiber to the Curb -FTTC)	52
3.2.3.1.	FTTC Dönüşümlerinin Şebekeye Katkısı	55
3.2.4.	Binaya Kadar Fiber (Fiber to The Building- FTTB)	56
3.2.4.1.	FTTB Alt Yapının Avantajları	58
3.2.5.	Eve Kadar Fiber (Fiber to The Home- FTTH)	59
3.2.6.	GPON Çalışma Şekli	61
3.2.7.	GPON Network Elemanları	62
3.2.7.1.	Optik Bölücü (Splitter)	62
3.2.8.	En Çok Kullanılan Konnektör Türleri	64
3.2.8.1.	ST Konnektörü	64
3.2.8.2.	SC Konnektör	65
3.2.8.3.	MU Konnektör	66
3.2.8.4.	MTP/ MPO Konnektör	66
3.2.8.5.	FC Konnektör	67
3.2.8.6.	E-2000 Konnektör	68
3.2.8.7.	MT-RJ Konnektör	68
3.2.8.8.	LC Konnektör	68
3.2.8.9.	BLINK Konnektör	69
3.2.9.	GPON Sistemlerinde Toplam Kayıplar	69
4.	SABİT ALTYAPI PROJE UYGULAMALARINDA KARAR VERME	71
4.1.	KARAR VERME ÖĞELERİ	74
4.2.	KARAR VERME SÜRECİ	76
4.3.	KARAR VERME ORTAMLARI	77
4.3.1.	Belirlilik Ortamında Karar Verme	77
4.3.2.	Risk Ortamında Karar Verme	77
4.3.3.	Belirsizlik Ortamında Karar Verme	78
4.3.4.	Kısmi Bilgi Halinde Karar Verme	79
4.4.	KARAR VERMEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	80
4.5.	KARAR VERME TURLERİ	84
4.5.1.	Ölçüt Sayısına Göre Karar Verme Türleri	84
4.5.2.	Karar Vericiler Açısından Karar Verme Türleri	84
4.5.3.	Organizasyon Hiyerarşisi Açısından Karar Verme Türleri	86

4.5.4.	Uygulama Süreleri Açısından Karar Verme Türleri.....	87
5.	MALZEME VE YÖNTEM.....	88
5.1.	ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	88
5.1.1.	Baskınlık (Dominans) Metodu	90
5.1.2.	Maksimin Metodu	90
5.1.3.	Maksimaks Metodu	90
5.1.4.	Birleştiren (Conjunctive) Metodu.....	91
5.1.5.	Ayıran (Disjunctive) Metodu.....	91
5.1.6.	Ardışık Sırasal (Lexicographic) Metodu	92
5.1.7.	Özelliklerine Göre Eleme (Elimination by Aspects) Metodu	92
5.1.8.	Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW-Simple Additive Weighting) Metodu	92
5.1.9.	Ağırlıklı Çarpım (Weighted Product) Metodu	93
5.1.10.	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Metodu	94
5.1.11.	ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) Yöntemi	107
5.1.12.	TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi	112
5.1.13.	AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve TOPSIS (Technique for OrderPreference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemlerinin Karşılaştırılması	117
5.1.14.	AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulama Alanları	119
5.2.	HİZMET KALİTESİ	120
6.	BULGULAR.....	123
6.1.	UZMAN GÖRÜŞLERİ	127
6.2.	İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ VE ÖNCELİK VEKTÖRÜ	130
6.3.	KARAR NOKTALARININ YÜZDESEL DAĞILIMI.....	139
7.	TARTIŞMA VE SONUÇ	147
	KAYNAKLAR.....	155
	EKLER.....	163
	ÖZGEÇMİŞ.....	175

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Geleneksel PSTN şebeke mimarisi (https://www.btk.gov.tr).....	11
Şekil 2.2: Telefon devresi (Shepard, 2002).....	12
Şekil 2.3: KPDF-AP (https://tr.prysmiangroup.com).	13
Şekil 2.4: Telefon devresinin elektriksel parametreleri (Zhao ve Fischer, 2016).....	14
Şekil 2.5: Gürültü- Maksimum tesis mesafesi grafiği (https://nbnmyths.files.wordpress.com).	15
Şekil 2.6: Işığın su sütunu içerisindeki yansıması (Industrial Fiber Optics, 2008).	16
Şekil 2.7: Işık ışınlarının ortamlar arası geçişi (Senior, 2009).....	18
Şekil 2.8: Snell Kanunu (Kwan ve diğ., 2002).	19
Şekil 2.9: Işığın fiber lif içerisindeki yayılması (Senior, 2009).....	19
Şekil 2.10: Frensel yansıması (Keiser, 2006).....	20
Şekil 2.11: Fiber optik iletim (Hocaoğlu ve Yücel, 2017).....	20
Şekil 2.12: Fiber optik kablo yapısı (McKinsey, 2014).	21
Şekil 2.13: Sıkı ve gevşek tüplü fiber optik kablolar (Ballı ve Dikmen, 2020).....	22
Şekil 2.14: Yeraltı kablolar (48'lik yeraltı) (Senior, 2009).....	23
Şekil 2.15: 12'lik havai fiber kablo (Senior, 2009).....	23
Şekil 2.16: Denizaltı fiber optik kablolar (Industrial Fiber Optics, 2008).....	24
Şekil 2.17: Dalga boyu-zayıflama (Keiser, 2008).....	24
Şekil 2.18: Şerit (ribbon) kablo (Smith, 2020).....	25
Şekil 2.19: Dalga boyu- zayıflama (Agrawal, 2010).	26
Şekil 2.20: Fiber hatlarda (zayıflama) kayıp nedenleri (Sineor, 2009).....	28
Şekil 2.21: Dispersion çeşitleri (Agrewal, 2010).....	29
Şekil 2.22: Fiber optik kabloların modlarına göre sınıflandırılması (https://www.ftthcouncil.eu)	30
Şekil 2.23: Tek modlu fiber (https://www.ftthcouncil.eu).....	30
Şekil 2.24: Çok modlu fiber (https://www.ftthcouncil.eu).	31

Şekil 2.25: Optik fiberlerin karakteristik özellikleri (Zhao ve Fischer, 2016).....	32
Şekil 3.1 : İlk oluşturulan sabit altyapı (Aktürk ve diğ., 2014).....	35
Şekil 3.2 : Anahtarlama merkezi irtibatlamalı sabit altyapı (Aktürk ve diğ., 2014).....	36
Şekil 3.3 : Birden fazla anahtarlama merkezli sabit altyapılar (Aktürk ve diğ., 2014).....	36
Şekil 3.4: Geleneksel PSTN şebekesi (Gelvanovska, 2009).....	37
Şekil 3.5: 2008-2021 yılları arasında Türkiye’deki genişbant kullanıcı sayısı (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).....	41
Şekil 3.6: Abonelerin hızlara ve kullanıma göre dağılımları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).	42
Şekil 3.7: Servis sağlayıcı bazında kullanıcı dağılımları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).	43
Şekil 3.8: 2020 OECD ülkelerinde sabit genişbant artış oranı (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).	44
Şekil 3.9: Bakır hatlarda kullanılan filtre (splitter) (https://elektronikdevreler.org).....	46
Şekil 3.10: PSTN ve DSL frekans spektrumu (https://www.technopat.net).	48
Şekil 3.11: Mesafeye göre ve xDSL türleri göre zayıflama (Kelly ve Rosotto, 2012).....	49
Şekil 3.12: FTTX erişim türleri (Karaçuha ve diğ. 2010).....	50
Şekil 3.13: FTTC topolojisi (Kelly ve Rosotto, 2012).....	53
Şekil 3.14: Saha dolabı (Seçgin, 2017).	54
Şekil 3.15: FTTC kabin yapısı (Seçgin, 2017).....	55
Şekil 3.16: Bina içi dağıtım kutuları (Seçgin, 2007).....	57
Şekil 3.17: FTTX altyapı (Seçgin, 2017).....	58
Şekil 3.18: GPON mimarisi (Zhao ve Fischer, 2016).....	60
Şekil 3.19: PON standartları (Keiser, 2008).	60
Şekil 3.20: PON sistemlerinde bantgenişliği yönetimi (Zhao ve Fischer, 2016).....	61
Şekil 3.21: GPON networkünün şematik diagramı (Kıycıoğlu ve Ünverdi, 2018).	62
Şekil 3.22: Optik bölücü (splitter) (Keiser, 2008).	63
Şekil 3.23: Konnektörsüz OB (https://www.ftthcouncil.eu).	63

Şekil 3.24: Kutu şeklinde OB konnektörlü optik bölücü (https://www.ftthcouncil.eu).....	64
Şekil 3.25: Duvar tipi OFDK içerisinde optik bölücü (Keiser, 2008).	64
Şekil 3.26: ST konnektör (Zhao ve Fischer, 2016).	65
Şekil 3.27: ST adaptörü (Zhao ve Fischer, 2016).	65
Şekil 3.28: SC konnektör (Senior, 2009).	66
Şekil 3.29: SC adaptörü (Senior, 2009).	66
Şekil 3.30: MPO konnektörü (https://www.ftthcouncil.eu).	67
Şekil 3.31: FC konnektör ve adaptörü (Keiser, 2008).	67
Şekil 3.32: E-2000 konnektörü ve adaptörü (Keiser, 2008).....	68
Şekil 3.33: LC Duplex konnektör ve adaptörü (https://www.ftthcouncil.eu).	69
Şekil 3.34: BLINK konnektörü ve adaptörü (https://www.ftthcouncil.eu).....	69
Şekil 3.35: Santralden son kullanıcıya kadar GPON sistem kayıpları (Zhao ve Fischer, 2016).	70
Şekil 5.1: Çok kriterli karar verme yöntemleri için bir sınıflandırma (Yoon ve Hwang, 1995).	89
Şekil 5.2: Hiyerarşik Model (Saaty, 1994).	98
Şekil 5.3: İki boyutlu uzayda pozitif-ideal ve negatif-ideal çözümler kümesi (Arshia ve diğ., 2009).....	114
Şekil 5.4: Müşterilerin teknik ve teknik olmayan beklentileri (ITU, 2017).	121
Şekil 5.5: Network performansı, servis kalitesi ve deneyim kalitesi (ITU, 2017).....	121
Şekil 6.1: Müşterilerin teknik ve teknik olmayan beklentileri (ITU, 2008).	125
Şekil 7.1: Ülkelerin 2020-2021 yılları arasında fiber kullanıcı sayısındaki artış oranları (www.oecd.org).....	150
Şekil 7.2: 2020-2021 yılları arasında OECD ülkelerinde % sabit genişbant kullanıcı değişimi (www.oecd.org).....	150
Şekil 7.3: Ülkeler bazında kullanıcıların sabit internet hız dağılımları 2020-2021 (www.oecd.org).....	151
Şekil 7.4: Avrupa ülkeleri fiberleşme oranı (FTTH-FTTB) (https://preview.redd.it)	152
Şekil 7.5: İnternet erişim imkânı olan haneler ve bireylerde İnternet kullanımı, 2011-2021 (https://data.tuik.gov.tr).	153

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1: Uygulamaların karar verme yöntemlerine göre dağılımı (Mardani ve diğ., 2015).	6
Tablo 1.2: Makalelerin uygulama alanlarına göre dağılımları (Mardani ve diğ., 2015).	6
Tablo 2.1: Tek modlu fiber ile çok modlu fiber karşılaştırması (https://www.ftthcouncil.eu).	31
Tablo 2.2: ITU Fiber optik kablo standartları (https://www.itu.int/net).	33
Tablo 2.3: Fiber optik kabloların teknik özellikleri (Keiser, 2006).	33
Tablo 3.1: Ülkelerin genişbant hedefleri ve yatırım miktarları (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017).	39
Tablo 3.2: Toplam internet abone sayıları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).	41
Tablo 3.3: DSL bağlantı türleri (Kelly ve Rosotto, 2012).	46
Tablo 3.4: En çok kullanılan ADSL türleri ve sağlayabildikleri hızlar (https://www.itu.int/net).	47
Tablo 3.5: VDSL2 türleri ve sağlayabildiği hızlar (Kelly ve Rosotto, 2012).	49
Tablo 5.1: Analitik Hiyerarşi Prosesinde kullanılan ölçek (Saaty, 1980).	100
Tablo 5.2: Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi (Vargas, 1999).	101
Tablo 5.3: Rassallık göstergeleri (RI) (Miroslaw ve Van, 2004).	104
Tablo 5.4: OSI Protokol katmanlama modeliyle eşleştirilmiş internet protokolleri (ITU, 2017).	122
Tablo 5.5: Servis kalitesi parametrelerinin uygulamalardaki etkinlikleri (ITU, 2017).	122
Tablo 6.1: Altyapı kaynaklı hız ve gecikmelerin kullanılan programlara etkisi (Anacom, 2009).	126
Tablo 6.2: Standart tercih tablosu.	127
Tablo 6.3: İkili karşılaştırma matrisi örneği (Saaty, 1980).	128
Tablo 6.4: İkili karşılaştırma matrisi uzman görüşleri.	129
Tablo 6.5: Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörü.	130
Tablo 6.6: AHP öncelik vektörü.	132
Tablo 6.7: Rassallık göstergeleri (RI) (Miroslaw ve Van, 2004).	135

Tablo 6.8: Hız – Bant genişliği kriteri için uzman görüşleri.	135
Tablo 6.9: Normalize hız- bant genişliği matrisi	137
Tablo 6.10: Karar matrisi.....	139
Tablo 6.11: Karar matrisi ve öncelik vektörü çarpımı.....	140
Tablo 6.12: Normalize karar matrisi (R).	141
Tablo 6.13: Ağırlıklandırılmış normalize matris (V).	142
Tablo 6.15: Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler.....	143
Tablo 6.16: İdeal uzaklık hesaplanması.	143
Tablo 6.17: Negatif ideal uzaklık	144

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A	: Karşılaştırma matrisi
C	: Kanal kapasitesi
G	: Alıcıdaki gürültü seviyesi
K	: Karar matrisi
KP	: Köpüklü Polietilen
L	: Devre indüktansı
n	: Kırılma indisi
P	: Polietilen
P1	: Girişteki güç
P2	: Ölçüm yapılan noktadaki güç
PVC	: Poli Vinil Klorür
R	: Devrenin Direnç Sabiti
S	: Alıcıdaki sinyal gücü
V	: Fiberdeki ışık hızı
W	: Kanalın frekans bant genişliği
α	: Zayıflama
λ	: Dalga boyu
Φ_1	: Işığın geliş açısı
Φ_c	: Işığın kritik açısı

Kısaltmalar	Açıklama
AAS	: Analitik Ağ Süreci
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line
Ber	: Bit error rate
Capex	: Capital expenditures
CD	: Chromatic Dispersion
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DWDM	: Dense Wavelength Division Multiplexing
DSLAM	: Digital Subscriber Line Access Multiplexer
FTTB	: Fiber to the Build
FTTC	: Fiber to the Curb
FTTH	: Fiber to the Home
FTTX	: Fiber to the X
GPON	: Gigabit Passive Optical Network
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GSMA	: Global System for Mobile Communications Association
ITU	: The International Telecommunication Union
ISS	: İnternet Servis Sağlayıcısı
ISP	: Internet Service Provider
Laser	: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
MAC	: Media Access Control
MD	: Modal Dispersion
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OFDÇ	: Optik Fiber Dağıtım Çatısı
OLT	: Optical Line Terminal
ONU	: Optical Network Unit
Opex	: Operational expenditures
OPWG	: Optical Ground Wire
PMD	: Polarization Mod Dispersion
PON	: Passive Optical Network
PSTN	: Public Switched Telephone Network
QoS	: Quality of Services
ROI	: Return of Investment

TDM	: Time Division Multiplexing
TDMA	: Time Division Multiple Access
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VDSL	: Very High Speed Digital Subscriber Line



ÖZET

DOKTORA TEZİ

SABİT TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNDE AHP ve TOPSIS YÖNTEMLERİ ile YAKINSAMA PROJELERİNE KARAR VERİLMESİ

Sait IŞIK

**İstanbul Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enformatik Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

Sabit telekomünikasyon altyapılarında internet kullanımının bireysel kullanıcıları da kapsayacak şekilde hızlı bir ivmeyle yaygınlaşmasının sonucunda kullanıcıların talep ve beklentilerini karşılayacak teknolojik bazı değişiklikler yapılması zorunlu hale gelmiştir. Mevcutta üzerinden sadece ses hizmeti verilmesi için kurulmuş olan sabit altyapının veri kullanımına da açılması, kullanıcıların talep ve beklentilerinin gün geçtikçe çeşitlenip artması sebebiyle yakınsama projelerinin uygulanması ihtiyacı doğmuştur.

Teknolojik gelişmeler sonucunda birden çok özelliği bir arada barındıran entegre cihaz kullanımının artması sonucu telekomünikasyon altyapısında yakınsama zorunlu hale gelmiştir. Tüketiciler açısından yakınsama, tek bir cihaz üzerinden birçok işlemin gerçekleştirilebildikleri, birden fazla platforma ulaşabildikleri, birçok farklı hizmeti alabildikleri, birçok uygulamayı tek bir cihazda kullanabilmeleridir. İşletmeciler açısından yakınsama, kullanıcılarına mevcut hizmetlerin yanı sıra ilave yeni hizmetleri de sunabilecekleri birleştirilmiş ve sadeleştirilmiş bir altyapıdır. İşletmecilerin ayrı ayrı sunduğu mevcut hizmetlerin yanı sıra yeni ilave edebileceği hizmetleri de tek bir altyapı, tek bir kablo üzerinden sağlayabiliyor olması mevcut altyapıda sadeleşmeye neden olacağı gibi kullanıcıların da tek bir cihaz üzerinden birçok hizmete ulaşmayı sağlayacaktır.

Altyapı ve cihaz sayısındaki sadeleşme işletmecilerin tek bir kablo üzerinden hizmet veriyor olması sebebiyle altyapı ve bakım giderlerini azaltacağı gibi kullanıcıların da tek cihaz üzerinden birçok hizmete ulaşması nedeniyle kullanım kolaylığı da artacaktır.

Sabit altyapı sağlayıcı şirketler açısından değerlendirildiğinde ses hizmeti için ayrı bir cihaz yerine IP (Internet Protocol) üzerinden VoiP (Voice Over Internet Protocol), IP üzerinden veri trafiğinin de sağlanarak klasik televizyon yayını yerine IPTV (Internet Protokol Television), IP üzerinden geniş bant trafiği sağlanarak internet kullanımı da tek bir altyapı üzerinden

sağlanabilmektedir. Bu kapsamda sabit altyapı üzerinden mevcut durumda verilebilen veri hizmetleri ve sabit altyapı üzerinden yatırımlar yapılarak geliştirilen yakınsama projeleri incelenmiştir. Altyapı şirketlerinin yapılacak yatırım kararlarında mevcut şebekenin ne kadarının kullanılabileceği bunun kullanıcı beklentilerini ne kadar karşılayacağı ve sektörel rekabetin göz önüne alınacağına yönelik nitel ve nicel kriterlerin neler olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada gerçekleştirilecek yatırımlar ile kullanıcıların beklentilerinin en üst seviyede örtüşürülmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Sabit telekomünikasyon yakınsama proje kararlarında kullanıcı beklentileri, altyapı şirketinin bütçesi, sektörel rekabet, servis kalitesi ve kullanıcı deneyimi kriterlerini doğrudan etkileyen kriterlerini birbiriyle karşılaştırabilmek için telekomünikasyon sektöründe uzman ve üstü unvanlarda çalışanların görüşlerine yönelik veriler toplanmıştır. Bu amaçla birden fazla sayıda ve birbiriyle rekabet eden ölçütlerde, alternatiflerin zarar ve yararlarının değerlendirerek, en doğru tercihin seçilerek kararın verilebilmesi, konunun tüm yönleriyle tanımlanması ve seçeneklerin her birinin sebep olabileceği farklı durumların irdelenebilmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır.

Birbirinden farklı nitel ve nicel verileri içeren kriterleri baz alarak uygulanacak yakınsama projeleri kararlarında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinden ikili karşılaştırma yapan AHP (Analytic Hierarchy Process) ve geometrik anlamda ideal çözüme en kısa uzaklıkta ve negatif-ideal çözümden en uzak kriteri baz alan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri kullanılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda proje türü seçiminde, sektör uzmanlarınca belirlenen öncelik oranları doğrultusunda AHP ve TOPSIS yöntemleriyle proje alternatiflerine karar verilmesinde kullanıcıların ve servis sağlayıcı şirketlerin beklentileri değerlendirildiğinden uygulanacak proje türlerinin kullanıcı memnuniyetini artıracığı gibi servis sağlayıcı şirketlerin sabit telekomünikasyon sektöründeki pazar payını da olumlu yönde etkileyebileceği değerlendirilmiştir.

Uzman görüşleri sonucunda belirlenen değerlere AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanmış elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Uygulama sonuçları gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki sabit altyapı uygulamalarıyla karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre öneriler geliştirilmiştir.

Haziran 2022, 194 sayfa.

Anahtar kelimeler: Ahp (analitik hiyerarşi prosesi), topsis (technique for order preference by similarity to ideal solution), telekomünikasyon, yakınsama, genişbant.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

DECIDING THE CONVERGENCE PROJECTS USING AHP and TOPSIS METHODS in THE FIXED TELECOMMUNICATION SECTOR

Sait IŞIK

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Informatics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

As a result of the rapid expansion of internet usage in fixed telecommunication infrastructures to include individual users, it has become mandatory to make some technological changes to meet the demands and expectations of users. Due to the fact that the fixed infrastructure, which was established to provide only voice services over the existing one, has also been opened for data use, and the demands and expectations of users have diversified and increased day by day, the need to implement convergence projects has arisen.

As a result of technological developments, convergence dec telecommunications infrastructure has become mandatory as a result of the increasing use of integrated devices that combine multiple features. The convergence from the point of view of consumers is that they can perform many operations on a single device, access multiple platforms, receive many different services, use many applications on a single device. Convergence from the point of view of operators, as well as the services available to its users it is a unified and simplified infrastructure, where they can also offer additional new services. In addition to the existing services that operators offer separately the fact that it can provide services that it can add new through a single infrastructure, a single cable it will cause a simplification in the existing infrastructure and will allow users to access many services through a single device.

Simplification of infrastructure and number of devices due to the fact that operators are providing services over a single cable, infrastructure and maintenance costs will be reduced, as well as ease of use will also increase due to the fact that users will access many services over a single device.

When evaluated from the point of view of fixed infrastructure provider companies instead of a separate device for voice service VoIP (Voice Over Internet Protocol) over IP (Internet

Protocol), IPTV (Internet Protocol Television) instead of the classic television broadcast by providing data traffic over IP, By providing broadband traffic over IP, internet usage can also be provided over a single infrastructure. In this context, convergence projects developed by investing in data services and fixed infrastructure that can be provided in the current situation through fixed infrastructure have been examined. In the investment decisions of infrastructure companies, how much of the existing infrastructure can be used, how much this will meet user expectations and it is necessary to determine what are the qualitative and quantitative criteria for considering sectoral competition. In the study, it was emphasized that the expectations of users should be overlapped at the highest level with the investments to be made.

Fixed telecommunication convergence user expectations in project decisions, the budget of the infrastructure company, sectoral competition, in order to compare the criteria that directly affect the service quality and user experience criteria with each other, data were collected on the opinions of employees with specialist and higher titles in the telecommunications sector. For this purpose, more than one number and competing criteria, evaluating the harm and benefits of alternatives, making a decision by choosing the right choice, in order to define the subject in all aspects and to examine the different situations that each of the options may cause, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods were used.

Different qualitative and quantitative criteria that contains the data to be applied based on the convergence projects in the decision Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method, the binary comparison made AHP (Analytical hierarchy process) and the shortest distance to the ideal solution and negative ideal solution in the sense of geometric farthest from the criteria based on TOPSIS (Technique for order preference by Similarity to ideal solution) methods were used.

As a result of the work done, the choice of project type, in accordance with the priority rates determined by industry experts, AHP and TOPSIS methods are used to decide on project alternatives as the expectations of users and service provider companies are evaluated. It has been evaluated that the types of projects to be implemented will increase user satisfaction and may also positively affect the Sunday share of service provider companies in the fixed telecommunications sector.

AHP and TOPSIS methods were applied to the values determined as a result of expert opinions and the results obtained were interpreted. The application results were compared with fixed infrastructure applications in developed and developing countries and recommendations were developed according to the results obtained.

June 2022, 194 pages.

Keywords: Ahp (analytic hierarchy process), topsis (technique for order preference by similarity to ideal solution), telecommunication, convergence, broadband.

1. GİRİŞ

Telekomünikasyon sektöründe ses hizmeti için kurulmuş olan sabit altyapıda teknolojik gelişmelerle birlikte sabit altyapıdaki yakınsamayla beraber ses dışında da hizmetler verilebilir hale gelmiştir (İnternet, TV, Medya v.b.) (Coşkun, 2013). Mevcut altyapı üzerinden bir kısım hizmet sorunsuz sağlanabilmesine rağmen teknolojik gelişmelerle beraber kullanıcı beklenti ve talepleri de arttığından, mevcut sabit altyapı üzerinde yatırımlar yapılarak veya farklı proje türleri uygulanıp tamamen veya kısmi yenilenerek daha verimli hale getirilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Uygulanması gereken proje kararlarında maliyet, kullanıcı beklentileri, yapılan yatırımın verimliliği v.b. birimleri birbirinden farklı birçok kriter göz önünde bulundurularak karar verilmesi gerekmektedir. Çok değişkenli ve farklı birimlerdeki bu kriterleri değerlendirip uygulanacak proje türlerine karar vermek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinde AHP (Analytic Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemlerinden yararlanılarak uygulanması gereken yakınsama proje türlerinin ihtimalleri hesaplanmıştır.

Sabit şebekede proje türlerine ve beklentilerin karşılanması etkilerine değinmeden önce, yakınsama kavramını açıklamak ve telekomünikasyon sektörüyle ilgili bilgi sahibi olmamız yararlı olacaktır.

1840'ta "Postahane-i Amirane" ismiyle Sultan Abdülmecit'in temellerini attığı Türkiye Telekomünikasyon Sektöründe 2021 yılı itibariyle faaliyetteki işletme 449'dur ve söz konusu işletmecilerin yetkilendirilme sayıları da 809 adettir (Pazar Verileri Raporu, 2021)

Türkiye'deki Telekomünikasyon Sektörü ile OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ülkelerini sabit ve mobil genişbant penetrasyon oranlarını açısından karşılaştırdığımızda Türkiye, OECD devletleri arasında 2019 ile 2020 senelerinde bir senelik dönemde "sabit internet yaygınlığı" en çok artış gösteren ülkeler içinde ilk sıradadır. Bu süreçte OECD ülkelerinin bir senelik yaygınlık artışındaki ortalama %1,4 iken, ülkemizdeki oranın %2,8 olarak gerçekleştiği görülmüştür.

OECD ülkeleri ile Türkiye'nin nüfusuna nazaran sabit ve mobil genişbant yaygınlık oranına bakıldığında Türkiye'deki genişbant yaygınlık oranının %20,8 olduğu, OECD ülkelerinin ortalamasının %33,2 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Mobil genişbant yaygınlık oranı Türkiye'de %81,7 iken OECD ortalaması %117,5'tir (Pazar Verileri Raporu, 2021).

Büyümekte olan bu pazarda telekomünikasyon şirketleri rekabette öne geçebilmek, pazar payını artırmak, müşterilerine daha iyi ve entegre çözümler sunabilmek, kendi ağları üzerindeki farklı sistemleri daha etkin ve verimli yönetebilmek, maliyetlerini azaltabilmek için yakınsama teknolojilerinden faydalanmaktadırlar.

İngilizcede “*convergence*” şeklinde ifade edilen “yakınsama” kavramının, pek çok farklı anlamda kullanıldığı, dolayısıyla farklı biçimlerde tanımlandığı görülmektedir.

1963’te Rosenberg’in Amerikan makine endüstrisiyle ilgili olan makalesinde yakınsak teknolojilere değinilerek yakınsama kavramını ilk kez kullanmıştır. (Güngör, 2009)

OECD; yakınsama kavramını, klasik altyapı tasarımından, diğer bir deyişle her bir servis için oluşturulmuş ayrı ayrı altyapılar yerine birden fazla servisin kesinti yaşanmadan alternatifli şebeke altyapıları üzerinden sağlanabildiği mimarilere doğru geçiş olarak tanımlamaktadır. Bununla beraber; OECD’nin ilgi raporlarında 20. Yy’nın sonlarında internet kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber telekomünikasyon sektöründeki sayısallaşma ve yakınsama nedeniyle mevcut uygulamalarda değişiklik yapılmasının zorunlu hale geldiği belirtmiştir (OECD, 2008).

Bu sebeple birden fazla tanımı bulunmasına rağmen, yakınsama kavramını farklı noktaların birbiriyle bütünleşmesi veya yaklaşması olarak tanımlanabilir (Güngör, 2009).

Yakınsama süreci mevcut sistemlerin dijitalleşmesiyle 1960’lı yıllarda başlamıştır (Tekin, 2009). Bilginin toplanması, işlenmesi ve iletilmesi daha kolay hale gelmesiyle özellikle haberleşme, yayıncılık başta olmak üzere bazı endüstri alanlarında kullanılmaya başlanmıştır.

Haberleşme ve Yayıncılık sektörleri ayrı sektörler olarak ortaya çıkmış ve gelişmişlerdir. Bu sektörlerin hizmetlerinden yararlanmak için farklı altyapılar kullanılmaktaydı. İnternete bağlanmak için masa üstü veya dizüstü bilgisayar kullanmak, televizyon izlemek için çanak anten vasıtasıyla veri aktarımı yapılan bir sisteme bağlanmak, radyo dinlemek için radyo kullanmak vb. gelişen altyapı teknolojileri ve elektronik cihazlardaki gelişmeler sayesinde hem altyapılarda hem de cihazlarda yakınsamanın etkileri ortaya çıkmış bu sayede günümüzde aynı cihazdan ses ve veri iletimi birlikte sağlanabildiğinden internet, TV, radyo, ses vb. birçok uygulama tek cihaz üzerinden yapılabilir hale gelmiştir (Erek, 2017).

Telekomünikasyon sektöründe teknolojinin hızlı gelişmesi ve devlet tekelinin ortadan kalkması ile rekabet hız kazanmıştır. Bu yüksek rekabet ortamında klasik yöntemlerle hizmet veren şirketlerin sektörde küçülmeleri kaçınılmazdır. Günümüzdeki hızlı teknolojik gelişmelerle

birlikte bilgi teknolojileri, telekomünikasyon ve medya sektörleri arasındaki sınırlar belirsizleşmiştir.

Şirketlerin Telekomünikasyon sektöründeki bu hızlı değişime ayak uydurabilmesi için klasik yöntemleri terk edip yakınsama kavramını kullanarak en değerli sermaye olan bilgiye ulaşma, bilgiyi kullanma ve bilgiyi güvenli bir şekilde saklayabilmeleri için her seviyede yakınsama teknolojilerini kullanmaları gerekmektedir.

Sektörler arası yakınsamanın da etkisiyle, yeni kurulan şirketler hızlıca pazarda yer edinip kısa sürede yüksek pazar payları elde edebilmektedirler (Işıklar ve Tunalı, 2016). Teknolojik gelişmelerle beraber yeni iş modelleri kurabilmekte, fiyat rekabetinde avantajlı hale gelebilmektedir. Bu durum hem yakınsamayı kullanan şirketin hızlı gelişimini sağladığı gibi ürün veya hizmeti satın alan kişiler açısından da fayda sağlamaktadır.

Teknolojik gelişmelerle beraber sadece kullanıcıların değil cihazların da birbirine bağlantısı söz konusudur. Bütün cihazların birbiriyle haberleşebildiği ağa bağlı olmak artık bir ihtiyaçtır. Gecikmelerin az olduğu kaliteli bir ağ bağlantısı, insanların yaşamlarındaki temel ihtiyaç konumuna gelmiş durumdadır. Bu teknolojik altyapıyı sağlamak için telekomünikasyon şirketlerinin teknolojik olarak herkesten önde olması gerekmektedir. Bu teknolojik altyapıda entegre sistemler kullanmak zorunluluk haline gelmiştir.

Operatörlerin kendi ağlarını işletmesiyle ilgili oluşan verileri yönetebilmek için Büyük Veri-Bulut Teknolojileri (Katmanlarda Yakınsama), Yapay Zekâ – Makine Öğrenmesi (Uygulama ve İçerikte Yakınsama), Sensörler – Robotlar – Akıllı Cihazlar (Cihazlarda Yakınsama), 5G ve FTTX Teknolojilerine (Altyapıda Yakınsama) diğer sektörlerdeki şirketlerden daha fazla ihtiyacı bulunmaktadır (Işıklar ve Tunalı, 2016).

Sabit altyapı yakınsama proje tercihlerinde kullanıcıların beklenti ve taleplerini, uygulanabilirliği, maliyet, verimliliği v.b. kriterleri göz önünde bulundurarak en uygun proje seçimi AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanarak sektördeki uzman görüşlerinden faydalanılarak önceliklendirilmiştir.

Karar vermeyi, bir süreç olarak ifade edebiliriz. Bu süreçte eldeki bütün seçeneklerden, alternatiflerden, faaliyetlerden, olasılıklardan, strajilerden hedef yahut hedeflere en uygun bir ya da birkaç tanesi seçilmektedir. Karar verilirken ana faktör, insan/insanlar olduğundan, sorun sadece neden-sonuç ilişkisi olmaktan uzaktır. Alınan kararlar, karar verici/karar vericilerin ruhsal, ekonomik, kültürel ve sosyal vb. özellikleriyle ilgilidir.

Kararlar; karar vericilerin içindeki bulundukları ruhsal durumları, bireysel istekleri ve statüleri, çevresel etkiler, mevcut imkanlar, özellikle eldeki bilgiler ve firmanın kararları geçerli olduğunda ise ekonomik durum, teknolojik ve benzer birçok etkenle ilişkilidir (Lezki, 2014). Karar verilirken, karar problemindeki kısıtlar tahmin edilir ve bir yandan en düşük maliyet ile belirlenen amaca en yüksek seviyede ulaşacak bir yöntem seçmek amaçlanmaktadır.

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), karar verme sürecinde karar vericinin/uzman kişilerin bilgi ve tecrübelerine önem verilmesinin gerekliliğini savunmaktadır (Denizhan ve Yalçınar, 2017). Bu yaklaşım reel yaşamda verilen karmaşık ve çok amaçları etkileyecek kriterler kümesi ile bu kriterlerin verilecek karardaki göreceli önceliklerini uzmanların değerlendirmelerine dayanarak belirlemektedir. Bu şekilde sistematik bir yaklaşım ile sayısal performans ölçümleri subjektif değerlendirmelerle birleştirilerek iyi neticelere ulaşılabilir.

AHP, 1968’de ilk kez Myers ile Alpert tarafından ileri sürülmüş ve 1977’de Saaty geliştirerek bir modele dönüştürmüş ve karar verme problemlerinin çözülmesinde kullanılmaya başlamıştır (Altinkaya, 2021). AHP, karışık problem çözülmesinde yaygın olarak kullanılmakta ve karar süreçlerinde nesnel ve öznel unsurları birleştirebilme imkânı veren basit ve güçlü, pek çok kriteri olan bir metottur. İki taraflı karşılaştırma neticesinde ulaşılan önceliklere dayalı bir ölçüm teorisidir. AHP yönteminde karar verme problemi mümkün olduğunca detaylı şekilde belirlenir ve hiyerarşi olarak ifade edilen ve her birisi öğelerden oluşan katmanlar şeklinde incelenmektedir (Yaralıoğlu, 2001).

AHP, karar hiyerarşilerinin tanımlanmasında kullanılmakta ve kararları etkileyen unsurlar bakımından karar nokta dağılımlarını göstermekte ve bu şekilde tahminlerde bulunarak karar verilmesini sağlayan bir yöntem olarak ifade edilmektedir (Dae-Ho, 2001). Bu yöntemde karar hiyerarşinde önceden tespit edilmiş bir karşılaştırma skalası kullanılır hem kararın etkilendiği unsurlar hem de karar noktalarının değerleri bakımından bire bir karşılaştırmalar yapılır. Neticede önem farkları, karar noktalarında yüzdesel dağılıma dönüşür (Ünal, 2011). AHP yönteminde en üstte bir hedef bulunur, hedefin altında sırası ile; kriterlerin, alt kriterlerin ve seçeneklerin bulunduğu hiyerarşik bir yapı kullanılır (Thomas, 2003).

AHP yöntemi bireysel basit sorunlardan karışık problemlere değin pek çok alandaki karar verme sürecinde kullanılmaktadır. Bu teknik basit ve güçlü bir modeli oluşturduğu için başarılı olmuştur. AHP’de bireyler ne şekilde karar vermeleri hususunda zorunlu tutulmaz, aksine karar

vericilere karar vermedeki mekanizmaları tanıma imkânı sağlayarak daha doğru karar almalarını hedeflemektedir.

TOPSIS metodunu (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yoon ile Hwang 1980’de ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) metoduna alternatif olarak geliştirmişlerdir (Akyüz ve diğ., 2011). TOPSIS çok kriterli karar alma metotları içinde en sık kullanılanlarından biridir. Yöntemin ana düzeninde, tercih edilen seçenek “ideal çözüme” en yakın uzaklıkta, “negatif ideal çözüme” en uzun mesafede olması gerekmektedir (Demireli, 2010). TOPSIS yöntemi kriterlerin her biri monoton bir biçimde artan yahut azalan yarar eğilimi olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla bu metotta ideal ve negatif ideal olan çözümlerin tanımlanması kolay olmaktadır. Öklid uzaklığı yaklaşımında alternatiflerin ideal çözüme göreceli mesafelerini değerlendirmelerini hedeflemektedir. Bu şekilde göreceli uzaklık karşılaştırılmaları bir seri aracılığı ile alternatiflerin tercih sıraları çıkarılabilmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).

Bu tez çalışmamızda sabit altyapı üzerinden hizmet alan kullanıcıların beklentilerini (QoE- Quality of Expectations – internet hızı, oyunlarda donmalar, hattın kopması vb.) aynı zamanda sabit altyapı işletmecilerinin beklentilerini göz önünde bulundurup (yatım maliyeti, yatırımın geri dönüşü vb.) sektöre çalışan uzmanlardan oluşan bir gruba bu kriterleri birbirine göre önceliklendirebildikleri anket uygulanmıştır. Anket verileri sonucunda sabit telekomünikasyon sektöründen çalışan uzman görüşleriyle oluşan veriler AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak değerlendirilmiş ve olası durumlarda uygulanması gereken yakınsama projesi kararları verilmiştir.

Yapılan çalışmada kullanılacak karar verme yöntemleri yapılan literatür çalışması sonucunda Tablo 1.1’de de görüleceği üzere en fazla kullanılan yöntem AHP yöntemidir. Yöntemler arası teorik farklar göz önüne alındığında AHP yönteminden tamamen farklı ve en fazla uygulanan yöntem TOPSIS olduğu için ikinci yöntem olarak seçilmiştir.

Tablo 1.1: Uygulamaların karar verme yöntemlerine göre dağılımı (Mardani ve diğ., 2015).

KARAR VERME YÖNTEMLERİ	MAKALE SAYISI	YÜZDE
AHP	128	32.57%
Melez ÇKKV	64	16.28%
Birleştirilmiş Karar Verme Yöntemleri	46	11.70%
TOPSIS	45	11.45%
ELECTRE	34	8.65%
ANP	29	7.38%
PROMETHEE	26	6.62%
VIKOR	14	3.56%
DEMATEL	7	1.78%

Karar verme yöntemlerinin uygulandığı alanları incelediğimizde işletme araştırmalarının yüksek bir oranla en üst sırada yer aldığını görmekteyiz. Proje kararlarında genelde İnşaat sektöründeki projeleri uygulamalarının yaygın olduğunu söylenebilir.

Tablo 1.2: Makalelerin uygulama alanlarına göre dağılımları (Mardani ve diğ., 2015).

UYGULAMA ALANLARI	MAKALE SAYISI	YÜZDE
İşletme araştırmaları ve hassas hesaplama	109	22.74%
Enerji, çevre ve sürdürülebilirlik	53	13.49%
Üretim sistemleri	32	8.14%
Bilgi teknolojisi yönetimi	25	6.36%
Tedarik zinciri yönetim	23	5.85%
Malzeme	21	5.34%
İnşaat ve proje yönetimi	18	4.58%
Üretim yönetimi	18	4.58%
Coğrafi bilgi sistemleri	14	3.56%
Güvenlik ve risk yönetimi	14	3.56%
Kalite yönetimi	12	3.05%
Turizm yönetimi	11	2.80%
Stratejik yönetim	8	2.04%
Bilgi yönetimi	5	1.27%
Diğer alanlar	30	7.63%
TOPLAM	393	100.00%

AHP ile TOPSIS metotları arasında temel farklar şu şekildedir:

1. AHP yönteminde, öz niteliklerle opsiyonlar için ikili karşılaştırma yapmaktadır. TOPSIS metodunda ise ikili karşılaştırma yapılmamaktadır (Saaty, 1980).
2. AHP metodu, öz niteliklerle alternatifler için hiyerarşi kullanmaktadır. TOPSIS metodunda bu hiyerarşi bulunmamaktadır. Çok öz nitelikli karar verme sorunlarının çözümlerinde kullanılmakta olan bu hiyerarşik yapı, AHP metoduna üstünlük sağlar (Saaty, 2003).
3. AHP yönteminde karar problemlerinde hiyerarşi ağacı kurularak problem alt kırılımlarla görünümse olarak ifade edilir. Bu şekilde karmaşık durumlar bile basit yapılara indirgenerek çözülebilmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).
4. AHP yönteminde yapılan ikili karşılaştırmalarda doğrulama testi yapılabilmektedir. Dolayısıyla herhangi bir tutarsızlık durumunda verilen karar tekrar gözden geçirilebilmektedir (Ersöz ve Kabak, 2010).
5. TOPSIS, uygun olmayan bir seçeneğin girilmesi durumunda sıralamaları en hızlı değiştiren yöntemdir (Görgülü ve diğ., 2013).
6. AHP yöntemi insanlara hiçbir şekilde öğretilmemiş olan iç güdüsel karar verme yöntemine en yakın yöntemdir. Bu sebeple AHP yönteminde insanların geçmişten gelen öngörülerini, deneyimleri ve hisleri veriler kadar değerlidir (Saaty, 1996).
7. TOPSIS yönteminin değerler arasındaki farkları sayısal olarak en iyi hesaplayan yöntemdir. Aradaki ilişkileri kolay anlaşılır matematiksel formda sunabilir (Görgülü ve diğ., 2013).
8. TOPSIS yöntemi herhangi bir dönüşüm uygulanmadan doğrudan verilere uygulanabilir ve alternatifler arasında karşılaştırma yapılmasına imkân tanıyan bir yöntemdir (Görgülü ve diğ., 2013).

2. GENEL KISIMLAR

2.1. SABİT ALTYAPI

Türkçede kullanılan “haberleşme” kelimesinin eş anlamlısı olan telekomünikasyon sözcüğü Fransızcadaki *Telecommunication* sözcüğünden gelmiştir. Telekomünikasyon, verinin kablolu (bakır/optik) veya kablosuz iletim ortamlarından hedeflenen lokasyona içeriği ve sıralaması bozulmadan iletilmesi anlamına gelir (Neoman ve Tarhan, 2018). Bu iletim ortamları telekomünikasyon altyapısı olarak ifade edilmektedir. Bu altyapılarda kullanılan kablolar, teçhizat ve cihazların tümü telekomünikasyon şebekesi olarak adlandırılmaktadır. Bu haberleşme altyapılarının temel amacı veriyi kayıpsız ve mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde karşı tarafa ulaştırmaktır. Bu bölümde altyapıdaki yakınsama ve sonuçları irdelenecektir.

2.1.1. Bakır Altyapı

Tarih boyunca birçok iletişim altyapısı kullanılmıştır. İlk yöntem bağırarak haberleşmedir ki tahmin edildiği gibi uzun mesafede yetersiz kalmıştır. Sonrasında davullar, duman ve güvercin kullanılarak veriyi daha uzaklara iletmeye çalışılmıştır. Fakat bu yöntemlerin hiçbiri 1876 yılında Alexander Graham Bell tarafından icad edilen telefon kadar etkili olmamıştır.

19. yüzyılda Alexander Graham Bell telefonu icat ederek, iletişimde büyük bir devrimi gerçekleştirmiştir. Böylece ses, elektrik sinyallerine dönüştürülmesi ve iletilebilmesi sağlanmıştır. Alexander Graham Bell’e icadını ticarileştirmesi için Gardiner Hubbard’le Thomas Sanders finansal destek vermiş ve 1877’de “Bell” telefon şirketi kurulmuştur. 1878’de ise ilk telefon santrali, New Haven’da kurulmuş ve günümüzün telekomünikasyon endüstrisinin temeli atılmıştır (Civelek, 2010).

Ülkemizde ilk telekomünikasyon altyapısını, Sultan Abdülmecit, 1840 yılında “Postahane-i Amirane” ismiyle kurdu muştur (Karınca, 2013). Kırım Savaşı’nda Sivastopol’la haberleşmenin gerçekleşmesi için, İngilizler 1854 Kasım ayında, “Varna- Balıklıova” arasında bir denizaltı kablosu kurulmuştur. Bu kablonun o senelerde Bükreş’e değin uzanacak uluslararası telgraf şebekesi “Varna – Şumnu – Ruscuk – Yerköy – Bükreş” telgraf hattı da 1855 yılının mayıs ayında hizmete açılmıştır. “Edirne – İstanbul” hattı 19 Ağustos 1855’te ve

“Edirne-Şumnu” hattı da 6 Eylül 1855’te tamamlanmış, böylece İstanbul uluslararası telgraf şebekesine bağlanarak telekomünikasyon sektöründe önemli bir adım atılmıştır (Eke, 2010).

1909 yılında Büyük Postane binasına 50 hatlık ilk Manuel Telefon santralinin kurulmasıyla Türkiye Telekomünikasyon sektörünün gelişimi için ilk adımlar atılmış oldu.

Telekomünikasyon altyapılarında kablolu ve kablosuz olmak üzere temelde iki farklı tür fiziki iletim şebekeleri bulunmaktadır (Erek, 2017). Kablolu altyapılar da metal kablo ve fiber optik kablo olmak üzere ikiye ayrılır.

Bu iletim ortamlarının trafik taşıma kapasitesi iletim ortamının elektriksel özellikleriyle yakından ilişkilidir. Bir haberleşme kanalı için kanal kapasitesi aşağıdaki formülle hesaplanır (Cover ve Thomas, 1991):

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{G} \right) \text{ bps} \quad (2.1)$$

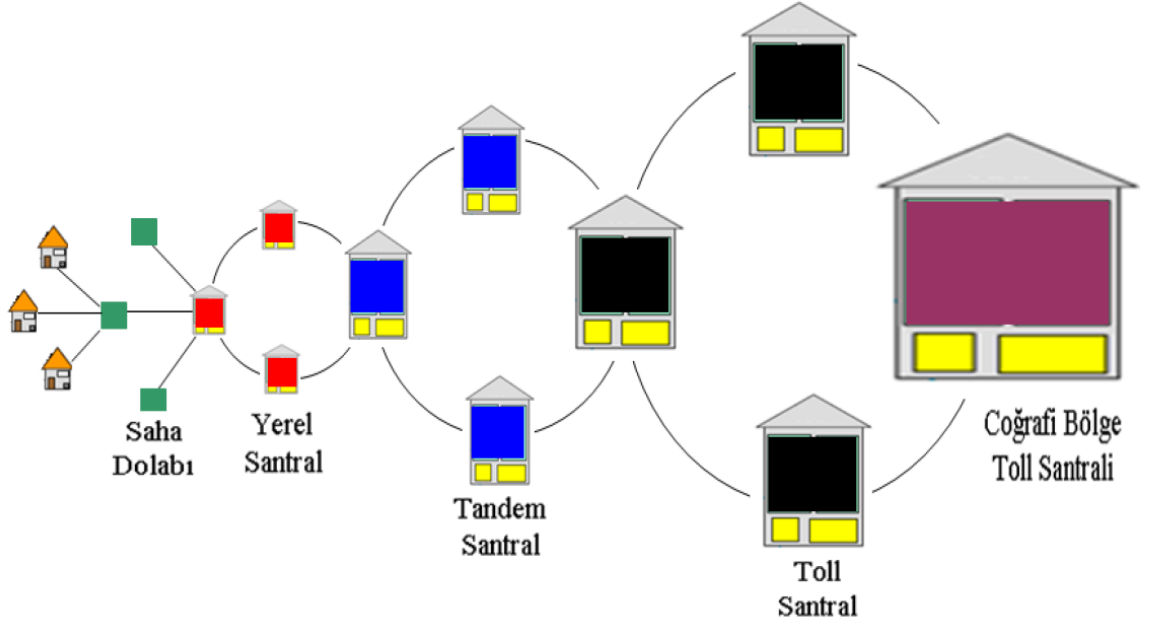
Bu denklemde; C kanal kapasitesini, W kanalın frekans bant genişliğini, S alıcıdaki sinyal gücünü ve G alıcıdaki gürültü seviyesini temsil etmektedir. S/G oranı ise sinyal-gürültü oranı olarak adlandırılır. Kablolu ve kablosuz iletim ortamlarının bant genişliği ve sinyalleri zayıflatma miktarı (dolayısıyla, sinyal gürültü oranı) farklı olduğundan, bu iletim ortamlarının veri taşıma kapasitesi de farklılık göstermektedir (Civelek, 2010).

Kablolu iletim ortamları, elektriksel ve optik sinyallerin bir kablo boyunca yayıldığı iletim ortamlarıdır. Telekomünikasyon şebekelerinde iki tür kablo kullanılmaktadır: metal kablo ve fiber optik kablo (Pishgam, 2019). PSTN şebekelerinde yerel ağda kullanılan bakır kablo veya Kablo TV şebekelerinde kullanılan koaksiyel kablo metal kablolardır. Fiber Optik kablolar ise bir ucundan giren ışık hüzmesini diğer uca doğru taşıyan, çok ince bir silindirik ayna olarak da kabul edilebilecek kablolardır. Fiber optik kablolar metal kablolara nispetle çok daha yüksek bant genişliğini destekleyebilir. Fiber optik kablolar yoğun olarak günümüz şebekelerinin omurga kısmında kullanılmakta olup birçok ülkede son kullanıcıya ulaşan yerel ağda da fiber optik kabloların kullanılması ve böylece kullanıcılara çok daha yüksek hızlarda erişim hizmeti sunulması yönündeki çalışmalar sürmektedir (Civelek, 2010).

Geleneksel telefon şebekeleri, devre anahtarlamalı ve önceden belirlenmiş yol ve kanalları kullandıkları için sabit bir transmisyon performansı sağlamaktadır. PSTN şebekeleri başlangıçta ses hizmetleri sunmak üzere kurulmuştur. Bununla birlikte, daha sonra darbant çevirmeli ağ internet erişimi için de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Coşkun, 2013).

Aşağıdaki Şekil 2.1’de geleneksel PSTN (Public Switched Telephone Network), geleneksel telefon şebeke mimarisi yer almaktadır. Şekil 1.1’den de görüldüğü, geleneksel PSTN şebekesinde başlatılan bir arama öncelikle lokal kablo ve ara yüzler üzerinden yerel santrale ulaşmakta. Yerel santralde gidilmesi istenen lokasyon bilgii sorgulandıktan sonra eğer yerel santraller içerisinde bir haberleşme talebiyse diğer yerel santrale iletilmektedir. İletilmesi gereken lokasyon yerel santraller dışında bir yer ise sırasıyla tandem ve toll santraller üzerinde ilgili lokasyona ulaşmaktadır. (Altuncu, 2016).

Şekil 2.1’de görülen şebeke mimarisinde ilk uygulamalarda tüm iletim hatları bakır kablolardan oluşmaktaydı. Bakır kablolardaki zayıflama miktarları ve kayıplar sebebiyle belli mesafelerin üzerinde sinyaller iletilememektedir. Teknolojik gelişmelerle beraber fiber optik kablolarının da gelişmesiyle öncelikle santraller arası kablolar fiber kablolarla değiştirildi, günümüzde son kullanıcıya kadar olan kablolar fiber kablolarla değiştirilmektedir.



Şekil 2.1: Geleneksel PSTN şebeke mimarisi (<https://www.btk.gov.tr>).

Bakır kablolar içerisinde birbirinden izole edilmiş tellerden oluşmaktadır. Bir sinyalin iletilebilmesi için 2 telden oluşan 1 devreler kullanılmaktadır. Telefon kablolarında tavllanmış, elektrolitik saf bakır iletken kullanılır. Bir devreyi oluşturan iki telin de çaplarının aynı ve tam silindirik olması önemlidir. Tellerin kesitleri arasında fark olması durumunda iletimde istenmeyen dengesizlikler ortaya çıkmaktadır. (Akçin ve diğ., 2013).

Denge asıl olarak kablo imalat kalitesine bağlı bir durumdur (Bertin ve diğ., 2013)

İmalat esnasında;

- İletken çaplarının birbirine eşit olmaması.
- İletkenlerin tam dairesel kesitli olmaması.
- Yalıtkan kalınlıklarının eşit olmaması.
- İletkenin tam merkezde olmaması.
- KP (köpüklü polietilen) imalatlarda polietilen hava karışımının homojen olmaması.
- Devre iletkenlerinin birbiri üzerine yeterince bükülmemesi (twisting) dengesizlik oluşmasına yol açar.



Şekil 2.2: Telefon devresi (Shepard, 2002).

Büküm (twisting) devreleri oluşturan bakır tellerin birbiri üzerine bükülmesi işlemine denir. Devreyi oluşturan iki iletken telin çevre etkilerine eşit şekilde maruz kalmasını sağlar. Çok dikkatli üretilmiş olsa bile aynı kablo içerisinde yer alan devrelerdedi teller yeterli derecede bükülmezse kabloda dengesizlik oluşmaktadır. Dengesi doğru olmayan bir devre çevre şartlarında fazlaca etkilenir ve kendi dengesizliğinden oluşacak istenmeyen sinyallerle çevresindeki devreleri de olumsuz etkiler (Shepard, 2002).

Bakır kabloları çevre etkenlerden etkilenmemesi ve devreleri birbirinden izole etmek için izolasyon maddeleri kullanılır. Bakır kablolarında kullanılan izolasyon maddeleri: Polietilen (P), Köpüklü Polietilen (KP), Poli Vinil Klorür (PVC) ve kâğıt izolesidir.

Bakır kablo kapasiteleri, 20- 30- 50- 100- 150- 200- 300- 400- 600- 900- 1200- 1500- 1800 devreden oluşmaktadır. İletken kalınlıkları da 0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm, 0,9 mm ve 1,3 mm olarak üretilmektedir.

Kabloların dış yüzeyinde, etiketlerinde, kabloların sarıldığı makaraların üzerinde ve etiketlerin üstünde yer alan PD – PAP, PD – AP-A, KPDP-AP vb. gibi kısaltmalar kablonun iç kısmında dış kısmına doğru kablonun üretim şeklini belirtmektedir. Buradaki;

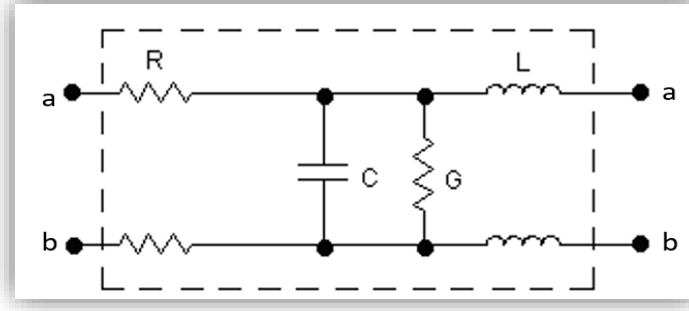
- P: Polietilen izolasyonu
- D: Dörtlü denge düzenini
- K: Köpüklü
- F: Jel dolgulu (Filled)
- A: Alüminyum ekranı
- P: Polietilen kılıfı
- A: Askı telini ifade eder



Şekil 2.3: KPDF-AP (<https://tr.prysmiangroup.com>)

2.1.2. Bakır Kablolardaki Başlıca İletim Sorunları

Bakır kabloların çevresel etkiler sebebiyle iletimde olumsuzluklarla karşılaşılabilir. Bakır kabloların iletimini etkileyen başlıca olumsuzlukları gürültü, diyafoni, zayıflama, yansıma ve distorsiyon olarak sıralanmaktadır. Oluşan bu olumsuzlukların temel sebebi bakır devrenin elektriksel değerlerinde oluşan dengesizliklerdir (Zhao ve Fischer, 2016).



Şekil 2.4: Telefon devresinin elektriksel parametreleri (Zhao ve Fischer, 2016).

Eşdeğer devrede R, C, G ve L harfleri ile gösterilen büyüklüklere hat parametreleri (sabitleri) denilmektedir. Transmisyon kalitesini ve karakterini bu sabitler belirlemektedir. Sağlam bir kabloda kablo boyunca bu değerler homojen ve sabit kalır. Herhangi bir arıza durumunda bu değerlerde değişiklik olmaktadır.

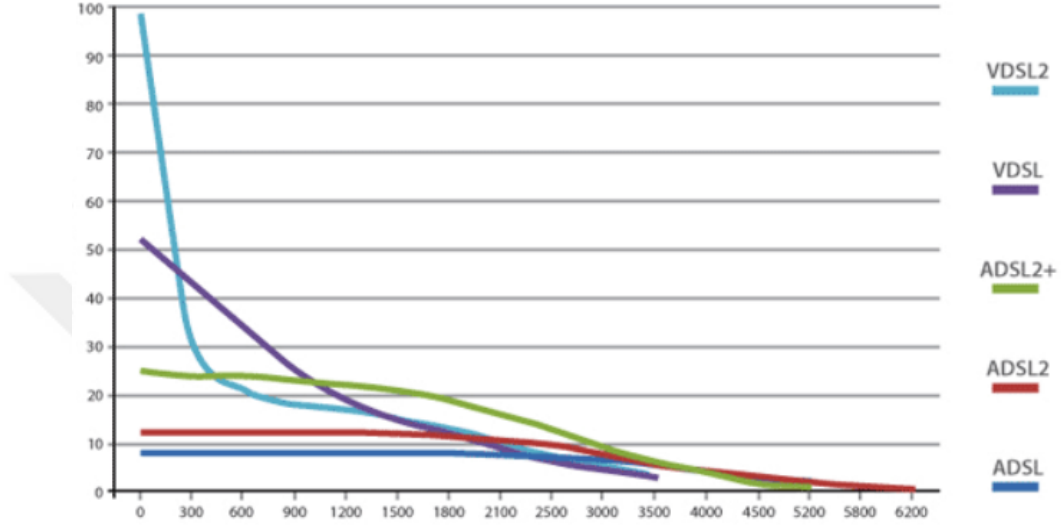
R devrenin direnç sabitidir, devrenin 1 km'lik parçasında 20° C ve 800Hz için a ve b telinin toplam direncine denilmektedir. R'ye kilometrik LOOP direnci de denilmektedir birimi Ω/km 'dir. R direncindeki değişiklikler haberleşmede zayıflama ve akım düşüklüğü problemlerine neden olmaktadır.

C devrenin kondansatör sabitidir. Devrenin 1 km'lik parçasında a ve b iletkenleri arasında oluşan kondansatör değerine denir. İki iletken yüzey arasına bir yalıtkan malzeme koyularak elde edilen devre elemanına kondansatör denir. Bir telefon devresi de yalıtılmış iki iletkenin olduğu için kondansatör özelliği gösterir. C değeri kablo imalatına bağlı bir büyüklüktür (izolasyon kalınlığı ve cinsine). C değeri büyük olan kablolarda genişbant (yüksek hız) hizmeti sağlıklı verilemez.

G devrenin kaçak elektrik sabitidir. 1 km uzunluğundaki bir devrede oluşan kaçak iletkenlik değerini ifade eder. Birimi mho / km veya siemens / km dir. İzolasyonu sağlam bir devrede kaçak iletkenlik yoktur. Yani $G = 0$ 'dır.

L devrenin indüktans sabitidir. Devrenin 1 km parçasında oluşan endüktans değerini ifade eder. Birimi $\mu\text{H}/\text{km}$ dir. (H= Henry). Düşük frekanslarda etkisi çok düşük olduğundan ses iletiminde sinyalin bozulmasına etki etmez. Yüksek frekanslarda hız arttıkça olumsuz etkisi artmaktadır. Devrenin indüktansı devreyi oluşturan tellerin çapı arttıkça azalır, büküm aralıklarında herhangi bir sorun varsa veya sıklığına göre değişkenlik gösterir.

Gürültü (Noise): İletim hatlarına haberleşmeyi etkileyecek düzeyde anlamsız sinyallerin etki etmesine gürültü denir. Günümüz bakır kablolar üzerinden sağlanan internet trafiğinin en önemli sorunlarımızdan biridir. Ber (Bit error rate) hatalarını arttırır. Şekil 1.5’te de görüldüğü üzere gürültü servis sağlayıcıların müşterilerine verebileceğimiz maksimum hızı ve maksimum tesis mesafesini olumsuz yönde etkiler.



Şekil 2.5: Gürültü- Maksimum tesis mesafesi grafiği (<https://nbnmyths.files.wordpress.com>).

Diyafofi (Cross – Talk): Bir devredeki sinyallerin diğer başka bir devreden algılanmasına diyafofi denir. Aslında diyafofi de bir çeşit gürültüdür. Bakır kablolar üzerinden sağlanan internet trafiğinde sık sık bağlantının kopmasına ve kablo içinde çalıştırılabilir maksimum kullanıcı sayısını azalmasına, bağlantı hız ve kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. (Churi, 2012).

Kablo imalatından gelen devreler arası kapasite dengesizlikleri, devrelerde yeterli büküm yapılmaması, devrelerin birbirine temas etmesi gibi imalat hataları da diyafofiye sebep olmaktadır.

Zayıflama (Attenuation): Hat girişine uygulanan sinyal gücünün hat boyunca azalarak çıkıştan daha düşük seviyede alınmasına zayıflama denir. Zayıflamanın yüksek olması, kullanıcının istenilen hızları alamamasına hatta bağlantı kuramamasına kadar varan sorunlara sebep olmaktadır.

P1: Girişteki güç,

P2: Ölçüm yapılan Noktadaki Güç

$$\text{Zayıflama} = \alpha \text{ (dB)} = 10 \log (P2 / P1) \quad (2.2)$$

Yansıma (Reflection): Hat girişine uygulanan sinyal gücünün bir bölümü veya tamamının girişe geri dönmesine yansıma denir. Yansıma alıcıya ulaşması gereken gücü daha da küçülttüğü, zayıflamayı ve tesis mesafesini azalttığı için sistemi olumsuz yönde etkiler.

Bir transmisyon sisteminden maksimum verimin alınabilmesi amacıyla, vericinin çıkış empedansı, iletim hattının karakteristik empedansı ve alıcının giriş empedansı birbirine eşit olmalıdır. Bu kurala maksimum güç teoremi de denilmektedir.

2.2. FİBER OPTİK ALTYAPI

Bakır kablolarda iletim elektriksel sinyallerle yapılmaktaydı, fiber optik kablolarda iletim cam ortamda ışığın taşınmasıyla yapılmaktadır. (Antonelli ve diğ., 2012).

2.2.1. Fiber Optik Tarihçesi

1870 yılında John Tyndall İngiltere’de ışığın bir su sütunu içerisinde tam yansıma kuralı ile iletilebildiğini gördü. Işığın su sütunu içindeki yansıması aşağıda gösterilmiştir (Industrial Fiber Optics, 2008).



Şekil 2.6: Işığın su sütunu içerisindeki yansıması (Industrial Fiber Optics, 2008).

1957 yılında Gordon Gould tarafından Laser'in (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) keşfi ve 1966 yılında Charles Kao cam fiberin ışık kılavuzu olarak kullanılabileceğini ispat etmesinden sonra, 1970 yılında Robert Maurer, Donald Keck, and Peter Schultz Corning Glass Works 633nm dalga boyunda çalışan ilk düşük zayıflama (17dB/km) değerine sahip optik fiberini üretti.

Fiber optik tarihçesi şu şekilde özetlenebilir (Keiser, 2006):

- ✓ 1972 Dereceli İndisli fiber üretildi (4 dB/km. 850 nm),
- ✓ 1975 1310 nm. Optik penceresi bulundu,
- ✓ 1983 Tek Modlu fiber kablo üretimi başladı,
- ✓ 1987 Zayıflama değerleri 0.20 dB/km değerlerine kadar indi,
- ✓ 1990 tek fiber elyaf üzerinden birden fazla dalgaboyunda iletim sağlandı,
- ✓ 1984 yılında flourin eklenerek oluşturulan G657 standart'ı oluşturularak 1383nm de water peaks etkisi yok edildi,
- ✓ 2000 Tek fiber üzerinden Tbps hızlarında iletim sağlandı,
- ✓ 2001'de DWDM'e (Dense Wavelength Division Multiplexing -Yoğun Dalgaboyu Bölmeli çoğullama) geçiş yapıldı.

2.2.2. Işıksal (Optik) İletim

“Optik iletim” temel optik kuralları uyarınca yapılmaktadır. Söz konusu kural: “Bir ışın demeti çok yoğun bir ortamdan az yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak yansıması veya kırılarak ortam dışına çıkması” temeline dayanmaktadır (Dinç, 2020). Bir ortamdan ışığı verimli iletebilmek için, ortamın kesinlikle saydam olması ve ışığın tam yansıması gerekmektedir (Toyran, 2006).

Işığın geçiş yaptığı ortamlar arasındaki yoğunluk farklılıkları ışığın kırılmasına sebep olmaktadır. Ortamlar arası geçişleri incelemeden önce ışıksal tanımlar şu şekildedir:

İndis: Bir ışık ışınının madde içerisinde ilerlemesine gösterilen zorluk katsayısıdır (ITU, 2017).

Kırılma indisi: Işığın boşluktaki hızının madde içerisindeki ışık hızına oranını ifade eder(n). (Temiz ve Ünal, 2009).

Dalga boyu: Bir dalganın ardışık iki tepe veya iki çukur noktası arasındaki mesafedir. (λ -nm) (McKinsey, 2014).

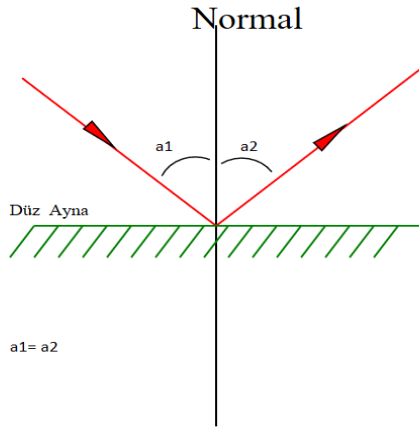
Mod: Fiber optik terminolojisinde, mod sözcüğü yol anlamına gelir (Işıklar ve Tunalı, 2016).

Işığın Kırılması (Refraction): Bir saydam ortamdan başka bir saydam ortama geçen ışık demetinin bir kısmı bu iki ortamı ayıran yüzey üzerinde yansırken, bir kısmı da doğrultusunu değiştirerek diğer ortama geçer. Işığın bir saydam ortamdan diğerine geçerken doğrultusunu değiştirmesine ışığın kırılması denir (Temiz ve Ünal, 2009).

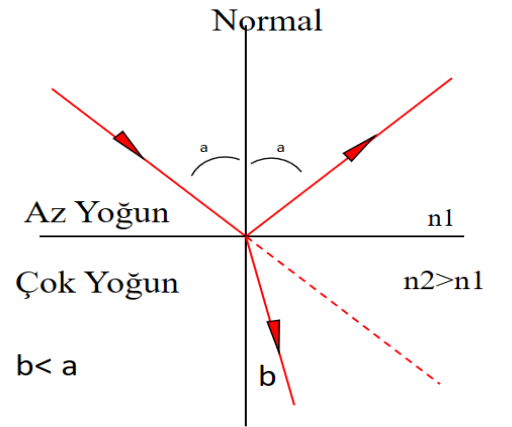
2.2.3. Kırılma Kanunları

Işık ışınları yoğunlukları farklı ortamlar arasında hareket ederken yönlerinde değişimler olur. Bu değişiklikleri ortam yoğunluklarına göre ifade eden durumlar Kırılma Kanunlarıyla açıklanmaktadır.

1. Gelen ışın, normal, kırılan ışın ve ayırma yüzeyi aynı düzlemdedir.
2. Işık ışınları az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşarak kırılır.
3. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken normalden uzaklaşarak kırılır (Senior, 2009).



Düz Aynada Yansıma

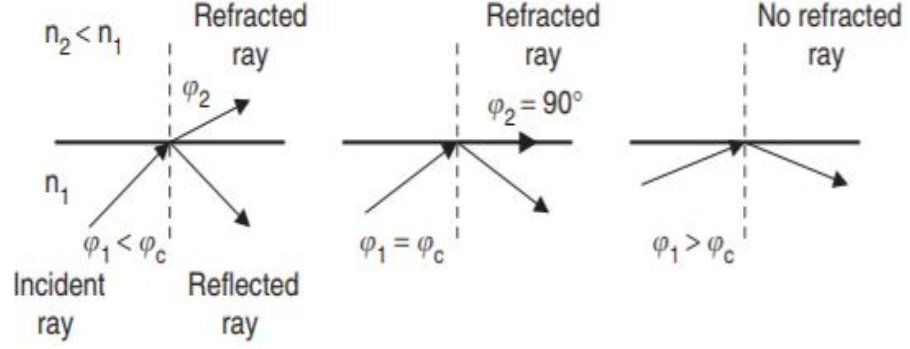


Az Yoğun Ortamdan Çok Yoğun Ortama Geçiş

(Işık Işını ,Normale YAKLAŞARAK Kırılır)

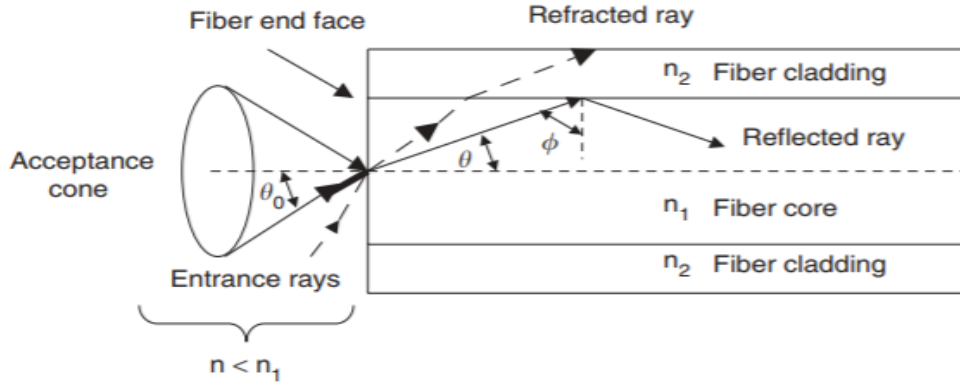
Şekil 2.7: Işık ışınlarının ortamlar arası geçişi (Senior, 2009).

Fiber optik kablolarda ışığın hareketini Snell Kanunu'yla açıklanabilir (Kwan ve diğ., 2002).



Şekil 2.8: Snell Kanunu (Kwan ve diğ., 2002).

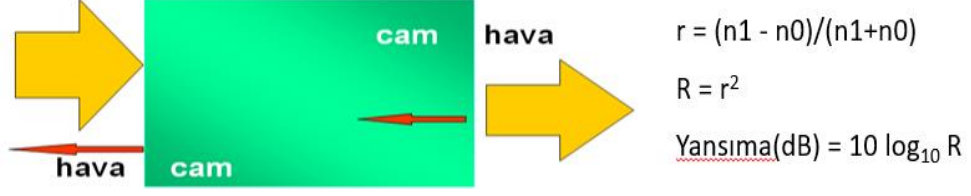
Snell Kanununa göre Şekil 2.8'de görüldüğü üzere çok yoğun ortamdan gelen ışık ($n_1 > n_2$), az yoğun ortama geçerken geliş açısı (ϕ_1), eğer kritik açıdan (ϕ_c) daha küçükse bir kısmı yansır bir kısmı da az yoğun ortama geçer. Eğer geliş açısı, kritik açıya eşitse o zaman da düz bir şekilde ilerler. Geliş açısı kritik açıdan büyükse tam olarak yansımaktadır.



Şekil 2.9: Işığın fiber lif içerisindeki yayılması (Senior, 2009).

Işığın geliş açısı, kritik açıdan küçük veya eşit olduğunda yansıma olmayacağından ışık elyaf öz içerisinde yansımaz ve kaybolur. Işık, taneciklerden dalgalar şeklinde yayılır. Frekansı çok yüksektir. Bu yüzden ölçü birimi frekans yerine dalga boyu kullanılır. Lazer ışığı, normal ışık kaynağından farklıdır. Özel yöntemlerle üretilir. Dağılmadan (tek yönde) ilerler. Normal ışık kaynağına göre daha uzun mesafe gidebilir.

Işık; kırılma indisleri farklı iki ortamdan birinden diğerine geçerken, bir bölümü geldiği ortam içine geri yansır. Bu yansıma Fresnel Yansıması denir (Keiser, 2006).



Şekil 2.10: Frensel yansıması (Keiser, 2006).

Işığın bir ortam içindeki hızı ortamın kırılma indisi ile belirlenir. Ortamın kırılma indisi; ışığın boşluktaki hızının o ortam içindeki hızına oranıdır.

n= Kırılma indisi (fiber için $n \sim 1.5$)

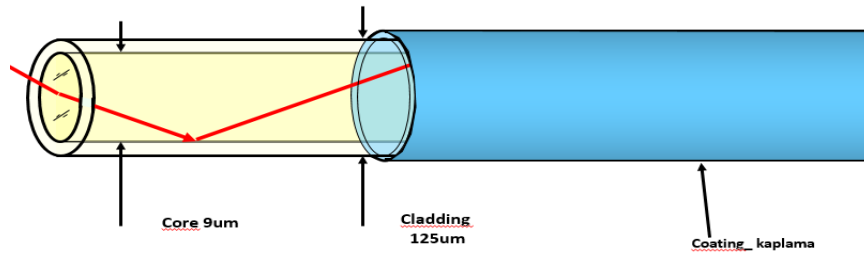
C= Işığın boşluktaki hızı= $2.99792458 \cdot 10^8$ m/s

V= Yoğunluğu camın cinsine göre değişen bir fiberdeki ışık hızı.

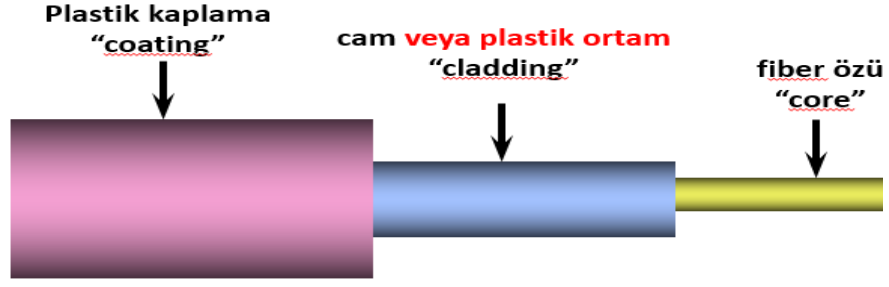
Bu durumda Fiber Kablo içerisindeki Işık Hızını $V = C/n$ $n > 1$ şeklinde ifade edebiliriz.

2.2.4. Fiber Optik Kablo

Fiber Optik kablolar içerisinde yüksek kırılma indisi bulunan cam öz ve dışında kırılma indisi daha düşük olan cam veya plastik kaplanmış iletim ortamlarıdır (Industrial Fiber Optics, 2008).



Şekil 2.11: Fiber optik iletim (Hocaoğlu ve Yücel, 2017).



Şekil 2.12: Fiber optik kablo yapısı (McKinsey, 2014).

Core (Öz): Işığın kırılarak ve yansıtılarak yolculuk ettiği, iletimin sağlandığı silindirik kısımdır (Hocaoğlu ve Yücel, 2017).

Cladding (Yansıtıcı Tabaka): Özün içindeki ışığın tam yansıma prensibi ile kırılabilmesi için gerekli olan silindirik örtü tabakasıdır (McKinsey, 2014).

Coating (Koruyucu Tabaka): En üste bulunan tabaka koruyucu görevi yapmaktadır (Msongaleli ve diğ., 2016).

Yansıtıcı tabakada oluşacak kir, kırık, çizik gibi dış etkiler ışığın tam olarak yansımalarını engelleyeceğinden kayıplara neden olabilmektedir. Dış etkilerle yansıtıcı tabakanın arasına bu tarz olumsuzlukları engellemek amacıyla koruma amaçlı plastik koruyucu tabaka konulmuştur.

2.2.5. Tüp Yapısına Göre Fiber Kablo Türleri

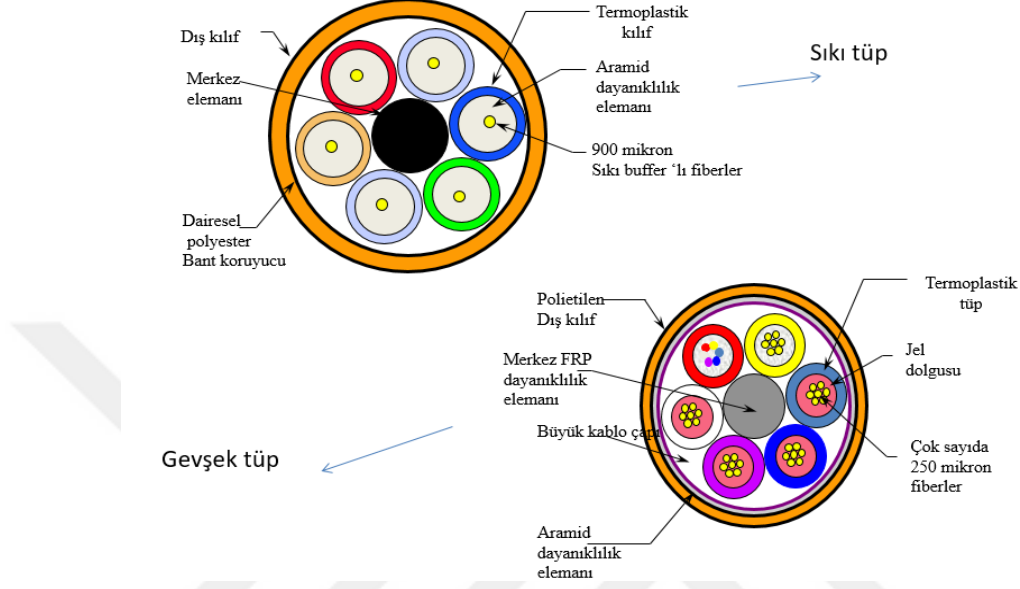
Tüp yapısına göre fiber kablo türleri sıkı tüplü fiber kablolar ve gevşek türlü kablolar olarak ikiye ayrılmaktadır (Kesen ve diğ., 2018).

2.2.5.1. Sıkı tüplü (buffer) fiber kablolar

Veri merkezleri, haberleşme şirketleri sistem salonları, dayanıklılık gerektiren alanlarda kullanılan fiber kablo türleridir.

2.2.5.2. Gevşek tüplü kablolar

Sistemler arası bağlantılarda, santral ve erişim sistemlerinde kullanılır.



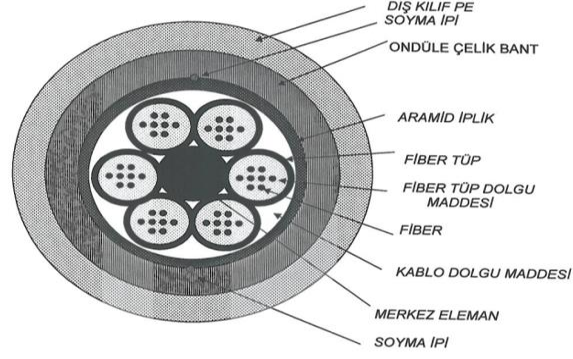
Şekil 2.13: Sıkı ve gevşek tüplü fiber optik kablolar (Ballı ve Dikmen, 2020).

“Fiber elyaf” ya da “ribbon (şerit)” fiberlerinin dış etkenlerden korunması için; daire şeklinde, esneklik katsayısının yüksek olduğu bir tüpe yerleştirilmektedir. Fiber tüplerin, asgari düzeyde “genleşme” ile “büzüşme” özelliklerinde olması gerekmektedir. Böylece tüpün içine konulacak dolgu maddesiyle, kimyasal temizlik maddesinden etkilenmemesi sağlanır, ayrıca kablo dolgu maddesinin emmesi de sağlanmaktadır (Ballı ve Dikmen, 2020).

2.2.6. Kullanım Yerine Göre Fiber Optik Kablolar

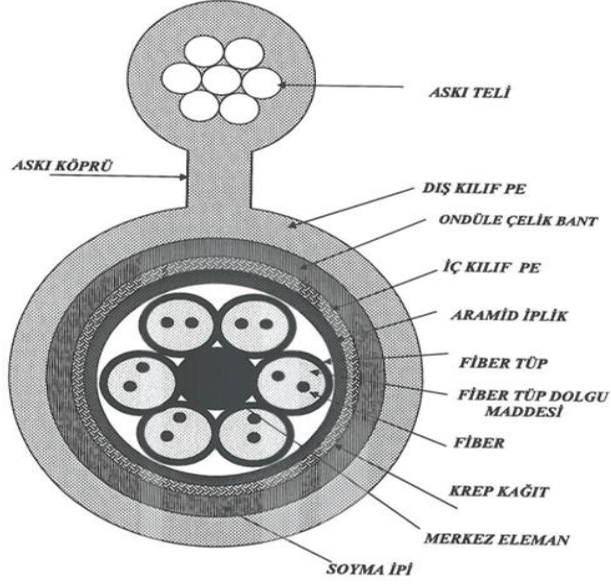
Fiber optik kablolar kullanıldıkları güzergâhlara göre sınıflandırılmaktadır. Direkli güzergâhlarda olan kablolar havai kablolar olarak adlandırılmaktadır. Direkler arası mesafede hasar görmeden uzun süre kullanılabilmeleri için genelde çelik askı telleri bulunmaktadır. Bunların dışında yer altı, enerji şebekelerinde kullanılan OPWG (Optical Ground Wire), ve deniz altı kablo türleri bulunmaktadır.

- Yeraltı kablolar (48'lik yeraltı) aşağıdaki Şekil 2.14'te gösterilmiştir.



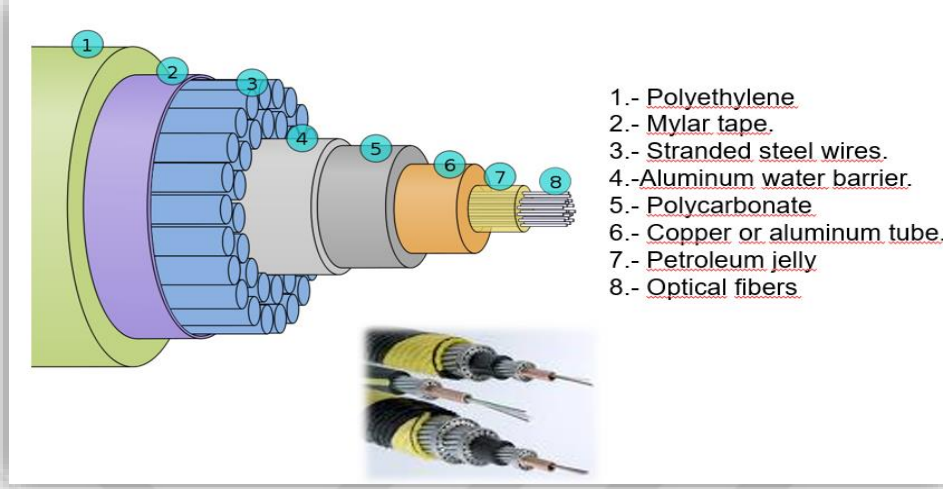
Şekil 2.14: Yeraltı kablolar (48'lik yeraltı) (Senior, 2009).

- Havai kablolar aşağıdaki Şekil 2.15'te gösterilmiştir.



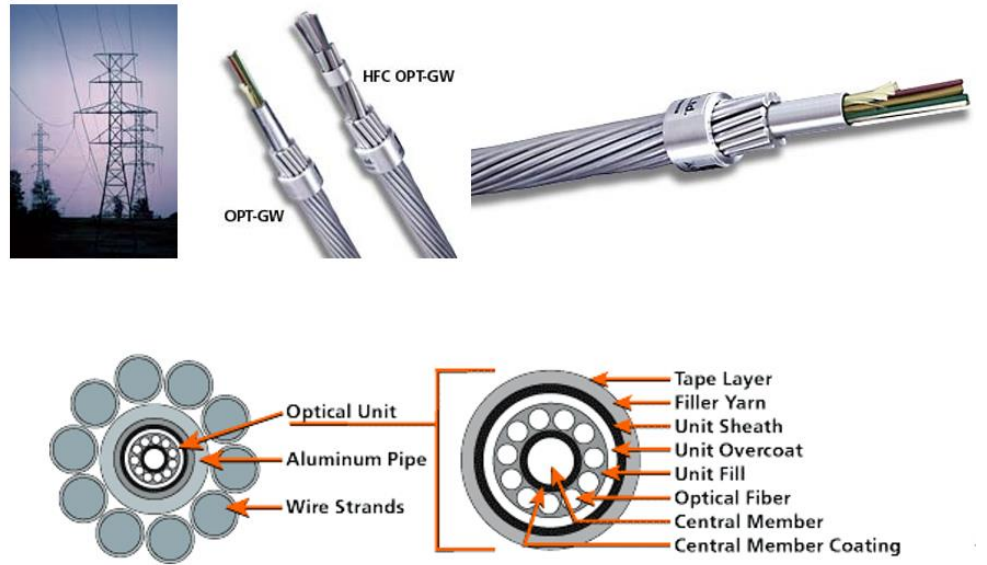
Şekil 2.15: 12'lik havai fiber kablo (Senior, 2009).

- Denizaltı fiber optik kablolar aşağıdaki Şekil 2.16’da gösterilmiştir.



Şekil 2.16: Denizaltı fiber optik kablolar (Industrial Fiber Optics, 2008).

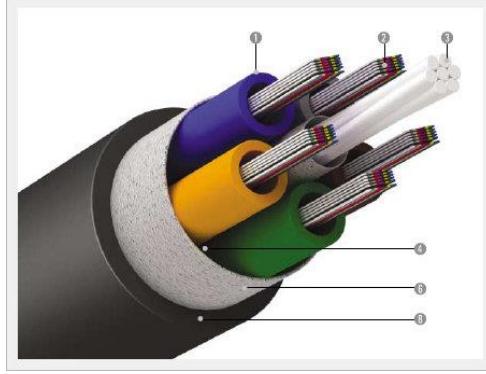
- OPGW (Optical Ground Wire) kabloları aşağıdaki Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Dalga boyu-zayıflama (Keiser, 2008).

Şerit kablolarda, iç kısımda yer alan fiberler şerit oluşturacak şekilde konumlandırılmaktadır. Yoğunluğu en yüksek olan kablo paketlemesidir. Örneğin $12 \times 12 = 144$ fiber kablo kesiti 6mm. $144 \times 6 = 864$ olarak da üretilebilmektedir. Şerit kabloların arasının jelle dolu olması sebebiyle suya karşı dayanıklıdırlar. Dış ortamda kullanıma uygun kablolardır. Sıkı bir şekilde

paketlenmiş olmaları sebebiyle herhangi bir bükülme durumunda çabuk deforme olabilirler. (Smith, 2020).



Şekil 2.18: Şerit (ribbon) kablo (Smith, 2020).

2.2.7. Fiber Optik Kablolarda Zayıflama

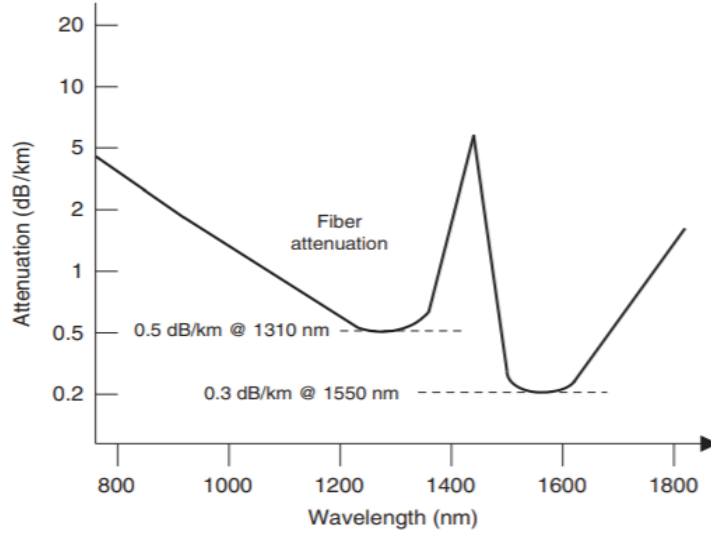
Lazer veya diğer optik kaynaklar tarafından üretilen ışık darbeleri, fiber optik kabloların içerisinde geçerek alıcı optik sensöre ulaştırılmaktadır. Bant genişliği gereksinimi sürekli artan yüksek hızlı ve uzak mesafeli uygulamaların çalıştırılması mevcut bakır şebeke teknolojisi ile sürdürülemez duruma gelmiştir.

Fiber çekirdek ışık ışınlarının nasıl hareket ettiğine göre çeşitli geometrik şekillerde dizayn edilebilir. Fiber optik çekirdeğin bu dizaynına göre ışık demetleri farklı performanslar üretmektedir.

Bir dizi parametre, ışık darbelerinin liften ne kadar verimli aktarıldığını belirlemesine rağmen ana parametreler zayıflama ve saçılma.

Zayıflama, bir sisteme verilen güç çıkışta azalmış olarak alınır. Giriş gücü ile çıkış gücü arasındaki fark zayıflama olarak adlandırılır. Zayıflama birimi dB'dir. $Zayıflama = 10 \log \left(\frac{\text{Çıkan Güç}}{\text{Giren Güç}} \right)$ formülüyle hesaplanmaktadır.

Fiber optik kablolarda uzak mesafede optik gücün azalması durumu zayıflama olarak ifade edilmektedir. Lif çekirdeği ve kaplama kısmı son derece saf bir malzemeden üretiliyor olsa bile, uzak mesafedeki saçılma ve lif içerisindeki emilim dolayısıyla güç kaybı yaşanmaktadır. Zayıflama belirli bir dalga boyunda kilometre başına desibel cinsinden ifade edilir (dB / km).



Şekil 2.19: Dalga boyu- zayıflama (Agrawal, 2010).

Fiber dalga boyları nm olarak ölçülürken zayıflama dB olarak ifade edilmektedir. Yukarıdaki şekle göre 1300-nm dalga boyundaki bir ışık 20 km mesafede $0.5 \text{ dB/km} \times 20 \text{ km} = 10 \text{ dB}$ zayıflayacaktır.

Şekil- 1.19’da yer alan grafikte de görüldüğü üzere 1550 nm dalga boyunda zayıflama en düşük değerlerde olduğundan fiber kablolarında genelde bu dalga boyu kullanılmaktadır. İkinci en fazla kullanılan dalga boyu 1310 nm’dir.

2.2.7.1. *Fiber Optik Kabloda Kayıp Nedenleri*

Fiber optik kablolardaki kayıp nedenleri şunlardır (Agrawal, 2010):

- Soğurma kayıpları
- Malzeme ya da Rayleigh saçınım kayıpları
- Bağlantı kayıpları
- Dış etkiler nedeniyle oluşan basınç (Mikro Bend Kayıpları) kayıpları
- Yayılım kayıpları (dispersion)

Fiber imalatı esnasında kaçınılmaz kayıplar oluşur. Fiber optik kablolardaki “iletim kayıpları”, fiberlerin en mühim özelliklerinden biridir. Fiberlerdeki kayıp, ışık gücünde bir azalma yaratır ve böylece sistem bant genişliği, bilgi iletim hızı, verimlili ve sistemdeki kapasitesi azaltmaktadır.

Soğurma Kayıpları: Bakır kablolardaki güç kaybının fiber kablolardaki karşılığı soğurma (yutma) kayıplarıdır. Fiberin tamamen saf üretilmemesi nedeniyle fiberin içerisinde yer alan yabancı maddeler, ışığın soğurulmasına neden olur ve ortaya ısı çıkmasına neden olur. Fiber kablo imalatında kullanılmakta olan camın saflık derecesi %99,9999'dur. Genelde 1 dB/km arasındaki soğurma kayıpları tipik değerlerdir. Fiber içerisindeki soğurma kayıplarının üç farklı türü vardır: mor ötesi soğurma, kızılaltı soğurma ve iyon rezonans soğurması (Altuncu, 2016).

İyon Rezonans Soğurması: Fiberin su ile teması fiberi olumsuz etkiler. Kablonun su alması durumunda iletkenlerin elektrolizinden ortaya çıkan OH iyonlarının fiberin yapısına (SiO_2) girmesi, yani fiberin OH yutması zayıflamaya ve fiberin ömrünün kısılmasına sebep olur (Keiser, 2008).

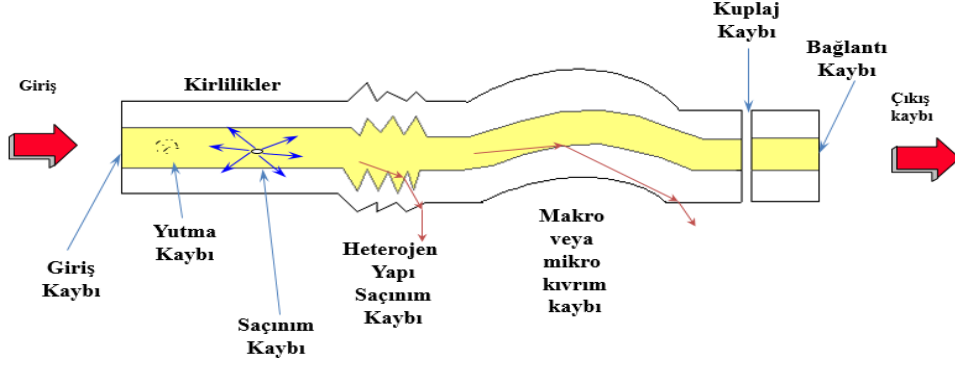
Morötesi Soğurma: Morötesi Soğurmanın kaynağı fiber imalatında kullanılan silika malzemesinin içerisinde bulunan valans elektronlarıdır. İletkenlik valans elektronlarının ışıkla iyonize olması sonucu sağlanır. Morötesi soğurma iyonizasyon sonucu oluşan kayıpların toplamıdır (Altuncu, 2016).

Kızılaltı Soğurma: Fiberin ortasında yer alan çekirdek camdan oluşmaktadır. Cam çekirdeğin moleküllerinin atomları ışığın bazı fotonlarını soğurduğundan Kızılaltı Soğurmaya neden olur. Soğurulan ışık fotonları rastgele titreşirler. (Agrewal, 2010).

Saçılma Kayıpları ve Rayleigh Dağılımı: Fiber imalatı aşamasında, cam sündürülerek çapı çok küçük uzun kıllar haline dönüştürülür. Bu aşamada sıcak cama uygulanan çekme kuvveti etkisiyle soğumaya başlayan camda mikroskop yardımıyla bile görülmesi güç olan küçük parçaların oluşmasına neden olur. Oluşan parçacıklar fiberin içerisinde kalır (Keiser, 2008). Işık, fiber içerisinden geçerken oluşan bu çok küçük parçacıklara çarpması sonucunda kırınım oluşur. Bu çarpma sonucu oluşan kırınım ışık ışınının birçok yöne dağılmasına sebep olur. Kırınım yapan ışığın bir kısmı fiberde yoluna devam eder. Bir kısmı da koruyucu zarf üzerinden dışarıya çıkar. Çarpışma sonucu yön değiştiren ışınlar, güç kaybına sebep olur. Oluşan bu kayıplara Rayleigh saçınım kaybı denir (Altuncu, 2016).

Rayleigh Saçınım Kaybı Sebepleri:

- Fiberin tamamen saf üretilmemesi
- Üretim aşamasında oluşan hataları
- Çekirdeğin çapında meydana gelen değişimler

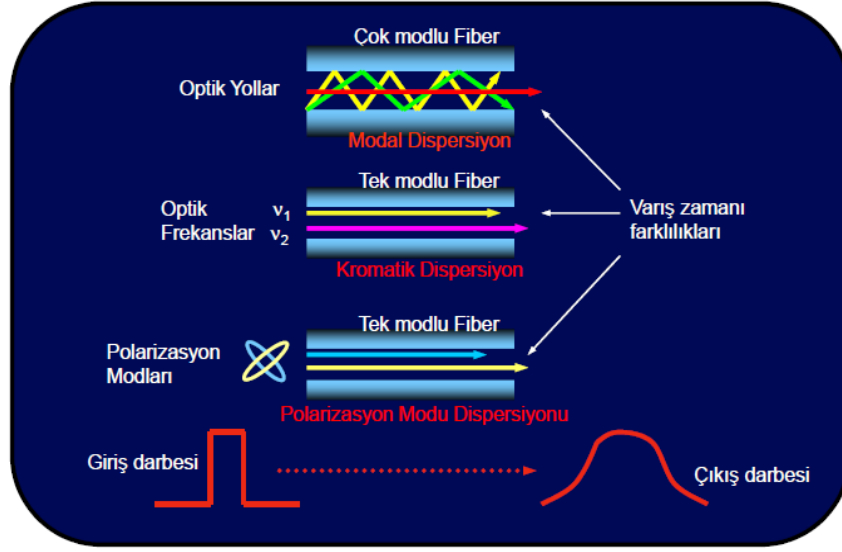


Şekil 2.20: Fiber hatlarda (zayıflama) kayıp nedenleri (Sineor, 2009).

Dağılma (Dispersiyon) Kayıpları: Genel olarak bir ışık darbesinin iletim süresi boyunca bozulma veya yayılma miktarı olarak tanımlanır. İletim hattı boyunca darbeler çok fazla yayılırsa, fiberin diğer ucundaki dedektörün oluşacak bir darbeyi diğerinden ayırt etmesi mümkün olmayacaktır.

Dispersion çeşitleri (Antonelli ve diğ., 2012):

- Modal dispersion (MD) → Multi mode fiberlerde oluşur
- Kromatik dispersion (CD) → Single mod fiberlerde oluşur.
- Polarization Mod Dispersion (PMD) → Single mod fiberlerde oluşur



Şekil 2.21: Dispersion çeşitleri (Agrewal, 2010).

Modal Dağılma (Dispersiyon), ise ışığın çeşitli renklerinin fiberde farklı hızlarda hareket etmesi sonucu oluşur. Dağılım, bilgi taşıma kapasitesini belirleyen bant genişliği ile ters orantılıdır (Antonelli ve diğ., 2012).

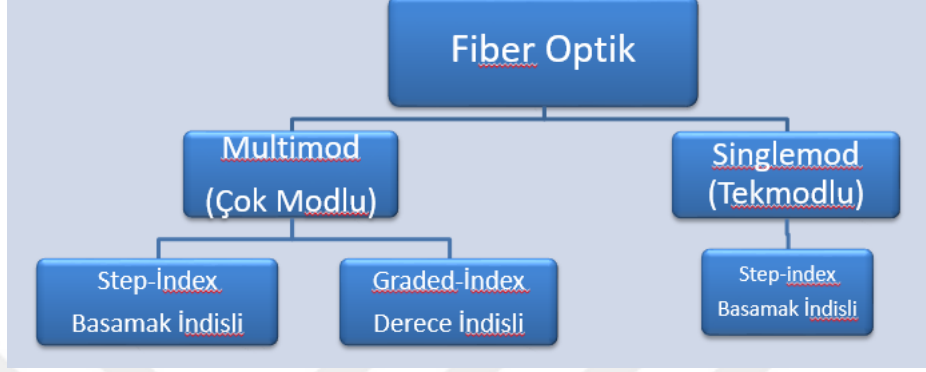
Kromatik Dağılma (Dispersiyon), Işığın fiber içinde ilerleme hızı dalga boyuna bağlıdır. Aynı fiberde ilerleyen farklı dalga boylarındaki ışık çıkışa farklı zamanlarda ulaşır. Fiber sistemlerde kullanılan ışık kaynağı saf değildir. Örn: 1550 nm dalga boyunda iletim yapan bir sistemde 1550 nm'nin altında ve üstündeki dalga boylarında da ışık yayılır. Her dalga boyu çıkışa farklı zamanlarda ulaşır. Bu durum çıkış sinyalindeki bu bozulmaya Kromatik Dağılma (Chromatic Dispersion-CD) denilir (Altuncu, 2016).

PMD (Polarization Mode Dispersion) ise Fiber optik kablolarda polarize ışık kullanıldığında Polarize ışık birbirine dik farklı bileşenden oluşur. Işığın ilerlediği ortam düzgün değilse, bu bileşenler farklı zamanlarda çıkışa ulaşır. Bu durum sinyalin bozulmasına (yayılmasına) sebep olur. Buna PMD (Polarization Mode Dispersion) denilir. Bant genişliğini (taşınacak bilgi miktarını) sınırlar (Agrewal, 2010).

Mikro Bent Kayıpları: Kabloların farklı nedenlerden bükülmesi yüzünden oluşmaktadır. Önemli boyutta bir bükülmenin varlığı söz konusu ise, ışın bütünüyle sönmülenebilir. Bu

sebeple “fiber kablolar” çoğunlukla çok sayıdaki katmandan yapılarak, korumalı imal edilmektedir. (Altuncu, 2016).

2.2.8. Fiber Optik Kabloların Modlarına Göre Sınıflandırılması

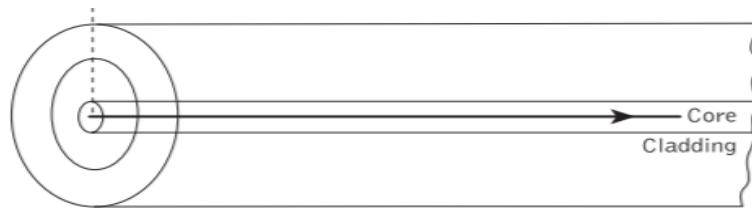


Şekil 2.22: Fiber optik kabloların modlarına göre sınıflandırılması (<https://www.ftthcouncil.eu>).

2.2.8.1. Tekmodlu (Single mod) Fiber

Tek modlu fiber küçük bir çekirdek boyutuna ($<10\mu\text{m}$) sahiptir. Sadece tek bir modu (ışın deseni) destekler. Dünyanın fiber sistemlerinin çoğunluğu bu tür fiber yapılarından oluşmaktadır. Tek Modlu fiberde saçınım düşüktür ve bunu ışık kaynağının karakteristiği tayin eder (Dinç, 2020).

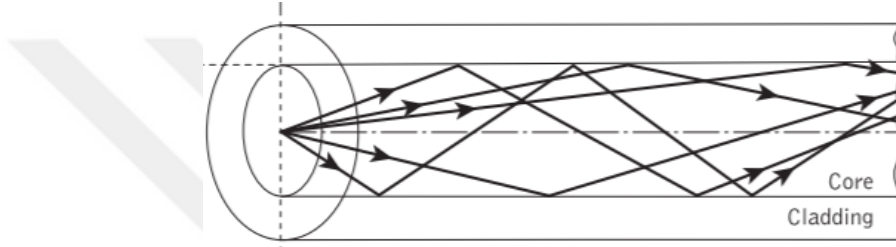
Bütün fiber optik kablo türleri arasında tek modlu fiber en düşük optik zayıflamayı sağlayan ve aynı zamanda da en yüksek bant genişliğine sahip olduğundan en yüksek kapasiteye sahiptir. Tek modlu fiberin bant genişliği tipik olarak 50-100 GHz'dir. Tek modlu fiberin core (öz) çapının küçük olması ($9\mu\text{m}$) sebebiyle ışık yoğunluğu yüksek ve pahalı olan lazer ışık kaynağı kullanma zorunluluğu olup aynı zamanda çok daha hassas bağlantı elemanları gerektirmektedir (Senior, 2009).



Şekil 2.23: Tek modlu fiber (<https://www.ftthcouncil.eu>).

2.2.8.2. Çok Modlu (Multi mode) Fiber

Çok modlu fiberler, farklı modları (ışık yolları) destekleyen daha büyük bir çekirdek boyutuna (50 veya 62.5µm) sahiptir. Fırlatma özelliklerine bağlı olarak, giriş darbesi gücü tüm veya bazı modlarda bölünür. Bireysel modların farklı yayılma hızı yeterli lif tasarımı ile minimize edilebilir (Senior, 2009). Çok modlu fiber, daha ucuz ışık kaynakları ve konektörlerle çalışabilir. Ancak lifin kendisi Tek moddan daha pahalıdır. Çok modlu bazen kampüs ağlarında kullanılmakla beraber veri merkezlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük bant genişliğine ve kısıtlı iletim mesafesine sahiptir (Zhao ve Fischer, 2016).



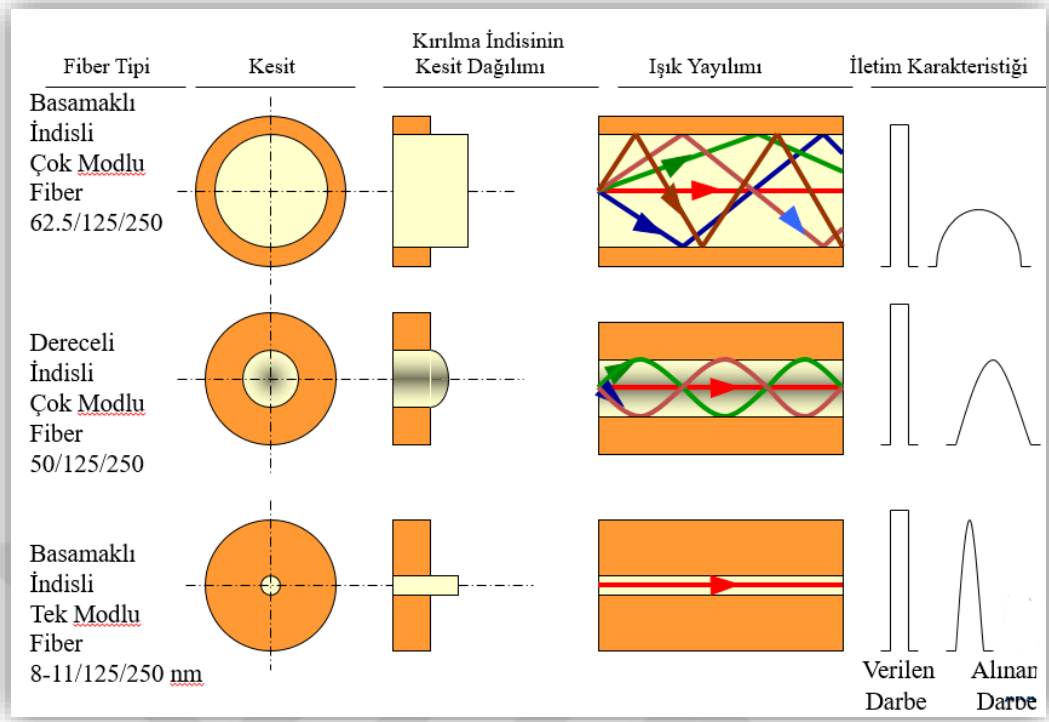
Şekil 2.24: Çok modlu fiber (<https://www.ftthcouncil.eu>).

Çekirdek içinde kırılma indisi farklı çok sayıda dairesel cam silindiri yer almaktadır. İndis değeri daha az olan camda ışık daha hızlı gitmektedir.

Tablo 2.1: Tek modlu fiber ile çok modlu fiber karşılaştırması (<https://www.ftthcouncil.eu>).

TEK MODLU (Single mod) FİBER	ÇOK MODLU (Multi mode) FİBER
Kaynak maliyeti yüksek	Kaynak maliyeti az
Konnektör maliyeti yüksek	Konnektör maliyeti düşük
Fiber elyaf ucuz	Fiber elyaf pahalı
Sistem maliyeti yüksek	Sistem maliyeti düşük
Yüksek montaj maliyeti	Düşük montaj maliyeti
Daha az kayıp	Daha yüksek kayıp
Daha yüksek band genişliği	Daha düşük band genişliği
Uzun mesafe iletim	En çok 2 km iletim

Tablo 2.3'te görüldüğü gibi tek modlu fiber ile çok modlu fiber arasındaki mevcut maliyet hesaplarına dair bilgiler bulunmaktadır.



Şekil 2.25: Optik fiberlerin karakteristik özellikleri (Zhao ve Fischer, 2016).

2.2.9. ITU Fiber Optik Kablo Standartları

- G.652 (2009-11) Characteristics of a single-mode optical fibre and cable
- G.653 (2010-07) Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable
- G.654 (2010-07) Characteristics of a cut-off shifted, single-mode optical fibre and cable
- G.655 (2009-11) Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable
- G.656 (2010-07) Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport
- G.657 (2009-11) Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network (<https://www.itu.int/net>).

Tablo 2.2: ITU Fiber optik kablo standartları (<https://www.itu.int/net>).

OPTİK GEOMETRİK ÖZELLİKLER	BİRİMİ	FİBER ELYAFTA		F/O KABLODA	
Işık dalga boyu	nm	1310	1550	1310	1550
Zayıflama	dB/km	<0,35	<0,21	≤0,36	≤0,22
Mod alan çapı	um	9,2±0,4	10,3±0,5	9,2±0,4	10,3±0,5
Kromatik saçılma	Ps/(nm×km)	≤3,5	≤17	≤3,5	≤17
Örtü tabakası çapı	um	125±0,7		125±0,7	
Core eşmerkezlik hatası	um	<0,6		<0,6	
Saçılmanın 0 noktaları	Nm	1300≤1324		1300≤1324	
Örtü tabakasının ovalliği	%	<1		<1	
Birinci kaplamanın çapı	um	250±10		250±10	
Dalga boyu kesimi	nm			<1260	
Bükülme kaybı	dB		≤0,05		
PMDq (kabloda)	Ps/ √km		≤0,15		≤0,15

Tablo 2.3: Fiber optik kabloların teknik özellikleri (Keiser, 2006).

MEKANİK ÖZELLİKLER	BİRİMİ	İSTENİLEN DEĞERLER
Deneme gerikmesi kuvveti (Proff Test)	N	8,4
Deneme gerikmesi kuvveti (Proff Test strain)	%	1.00
Depolama ve taşıma sıcaklığı	°C	-40≤ +80
Tesis sıcaklığı	°C	-5≤ +50

2.2.10. Bakır Kablolar ve Fiber Optik Kabloların Erişim Açısından Karşılaştırılması

Bakır kablolarla fiber optik kabloları erişim açısından karşılaştırıldığında şu sonuçlara ulaşmak mümkündür (Keiser, 2008):

- Bakır kablo boyutları daha büyük ve ağır olduğundan daha büyük saklama alanına ihtiyaç duyulur ve nakliye maliyetleri daha yüksektir.
- Bakır kabloların bant genişliği düşüktür. Fiber Optik kabloların bant genişliğinin yüksek olması sayesinde Triple Play gibi artan veri iletim ihtiyaçlarını karşılamada daha verimlidir.

- Fiber Optik kablolarda sinyal güç kaybı Bakır kablolara göre daha düşük olduğundan yuzak mesafe ve geniş bantlarda veri aktarımı yapılabilir.
- Fiber kablo elektomanyetik alanlardan etkilenmez, diyafoni oluşmaz.
- Fiber Optik kablolara saplama yöntemiyle girilip sinyal dönüştürülemediği için bakır kablolara göre daha güvenli erişim sunulabilmektedir.
- Fiber Optik kablolar iletken değildir, yıldırım düşmesine ve enerji hatlarına temas etmesi tehlikeli değildir.
- Boyut olarak Fiber Optik kabloların bakır kablolara göre daha az yer kaplamasından dolayı, yerlatında kullanılan gözlerden bir gözden birkaç adet kablo geçirilebilmektedir. Dolayısıyla göz sayısından tasarruf edilmektedir.
- Fiber Optik kablonun fiyat x metre maliyeti bakır kabloya göre daha ucuzdur.



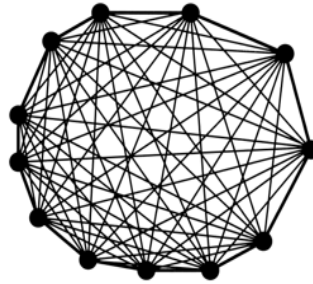
3. SABİT ŞEBEKELERDE YAKINSAMA

Yakınsama sürecine bakıldığında; 1960'lı senelerde telefon sistemlerinde bir dönüşüm gerçekleşmiş ve sayısal alt yapıya geçiş yapılmıştır. Kısaca; optik teknolojinin çıkışıyla beraber bu dönüşüm sağlanmıştır. Sayısallaşmayla bilgilerin işlenerek toplanabilmesi ve taşınması çok kolay gerçekleşmeye başlamıştır (Güngör, 2009). Dolayısıyla, 1970'li senelerden başlayarak “yakınsama kavramı” çoğunlukla telekomünikasyon, bilgi, yayıncılık ve öteki sanayilerde kullanımı başlamıştır (Tekin, 2009).

Klasik yöntemlerde; “ses”, “veri” ile “görüntü hizmetleri” ayrı altyapı ve cihazların aracılığıyla gerçekleşmektedir. Örneğin; internet bağlantısı için bireysel bilgisayar kullanımı ya da kablo şebekesine bağlanma amacıyla televizyon kullanımı gösterilmektedir. Yeni nesil şebekelere doğru devam eden geçişlerin neticesinde, şebekelerle hizmetler birbirlerine bağımlı olmaktan çıkmıştır. Böylece yakınsamayla telekomünikasyon, bilişimle Radyo-TV sektörlerinin arasında bulunan geleneksel sınırlar bulanık veya belirsiz bir hal almaya başlamıştır (OECD, 1992).

3.1. MEVCUT SABİT ALTYAPI

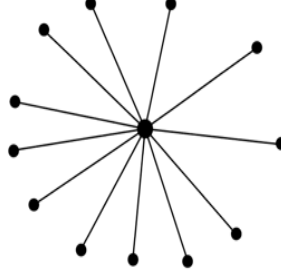
Mevcut Bakır altyapı üzerine kurulan system kurulduğu ilk yıllarda sadece ses iletişimi için tasarlanmıştır. İlk kurulduğu yıllarda iki uçtaki telefon cihazlarının haberleşebilmesi için tüm cihazlar arasına kablo çekilmesi gerekmekteydi. Bu yapıda çok fazla kablolama yapılması



Şekil 3.1 : İlk oluşturulan sabit altyapı (Aktürk ve diğ., 2014).

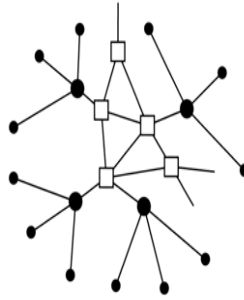
gerektiğinden ve yapı büyüdükçe yönetilemez bir hal aldığından tüm hatların bir dağıtım noktasına toplanması ve görüşme yapmak isteyen uçların bu anahtarlama merkezinde birbirine

irtibatlanarak iletişimin sağlanan bir altyapı tasarlandıysa da bu irtibat noktasının dışında kalan cihazlarla iletişim kurulamaması bu uygulamanın da geliştirilmesine neden olmuştur.



Şekil 3.2 : Anahtarlama merkezi irtibatlamalı sabit altyapı (Aktürk ve diğ., 2014).

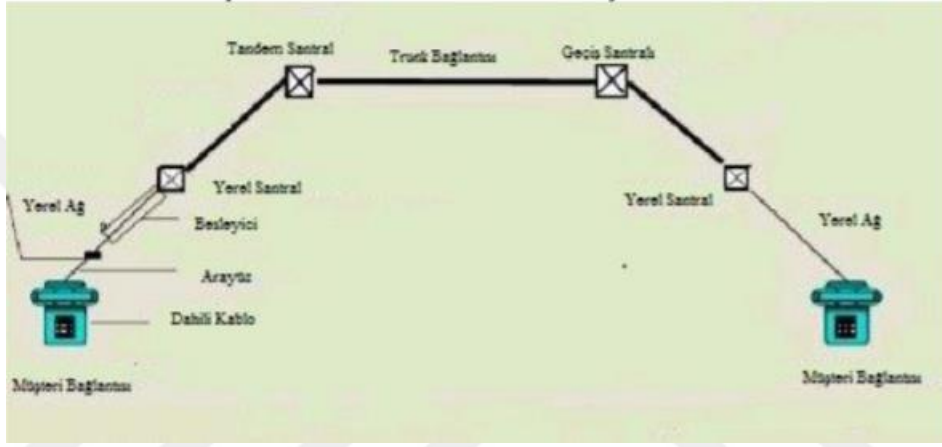
Şekil 3.3'te görülen yapıda ise, aynı anahtarlama noktasına bağlanan hatlar kendi arasında görüşme yapabiliyorken, başka bir anahtarlama noktasına bağlanmak isteyen hatlar arasında uçtan uca devre tahsis edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde maximum beş bağlantı noktası üzerinden gerçek haberleşme sağlanabiliyordu. Bu şekilde oluşturulmuş olan altyapıların birçok dezavantajı vardı. Görüşme yapmak isteyen iki uç arasında mesafe kısıtı, anahtarlama noktaları arasında el sıkışma ve hat tahsis etmelerin çok uzun sürmesi, verinin sıralı bir şekilde aynı hat üzerinde gönderilmesinden kaynaklanan kayıpların tolere edilememesi devre anahtarlama sistemlerinin yerini paket anahtarlama sistemlere bırakmasına neden oldu.



Şekil 3.3 : Birden fazla anahtarlama merkezli sabit altyapılar (Aktürk ve diğ., 2014).

1960'lı yıllarda kullanılan devre anahtarlama sisteminin yerine 1970'li yıllarda paket anahtarlama sistemleri almıştır.

Paket anahtarlama sistemlerinin, devre anahtarlama yapılarına göre birçok avantajı mevcuttu. Veriler paketlere bölünüyor ve her paketin başına kontrol amaçlı bitler ilave ediliyordu. Devre anahtarlama sistemlerinde hat kullanıldığı sürece başka bir veri iletilmiyordu. Kullanılmadığında da zamanın çoğunda boş kalıyordu. Paket anahtarlama sistemlerinde ise aynı hat üzerinde farklı konuşma paketleri de iletebiliyordu (Aktürk ve diğ., 2014).



Şekil 3.4: Geleneksel PSTN şebekesi (Gelvanovska, 2009).

Lokalde Santralle kullanıcı arası mevcut şebekede bakır hatlardan oluşmaktadır (Gelvanovska, 2009). Lokal dışındaki tüm arabağlantılar fiber optik kablolar üzerinden sağlanmaktadır. Kullanıcıların genişbant hizmetinden yararlanması için XDSL teknolojileri kullanılmaktadır.

3.1.1. Genişbant Kavramı

İçerik sağlayıcıların ve operatörlerin çok geniş bir şekilde tanıtmış olduğu genişbant kavramının malesef basit ve standart bir tanımı bulunmamaktadır. Genişbant terimi ağ ve servislerin birden fazla yönünü ifade edebilmektedir. Birçok ülke, ihtiyaçlarına, coğrafik yapısına, düzenleyici faktörler ve ülkenin kendi ihtiyaçlarına göre çok değişik genişbant tanımları oluşturmuşlardır.

Geleneksel tanımda genişbant iletim hızı olarak tanımlanmaktadır. Özellikle veri aktarım hızı kullanıcıların internet üzerinden temel veya daha gelişmiş içerik türlerine, servis ve

uygulamalara erişmesinin mümkün olup olmadığını belirlediğinden genişbant tanımını anlamada önemli bir unsur olmuştur (İlkhan, 2009).

Tanımlamalarda “hız tabanlı” yaklaşımlarda her ülkede değiştiği, aynı şekilde uluslararası organizasyonlarda bile farklılıklar görüldüğü anlaşılmaktadır. Genel olarak genişbant hız tanımlamaları; Hindistan, Güney Afrika, ITU ve OECD’de tanımlandığı şekli ile en az 256 kbit/s indirme hızları ile Kanada’da ise 1.5 Mbit/s hızından daha hızlı indirme hızları aralığında yapılmaktadır (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017).

Genişbant kullanımının sağladığı avantajlardan bilgiye hızlı ve kolay ulaşılması sayesinde ülkelerdeki üretkenliği ve ekonomik verimi olumlu yönde etki ettiğinden Gayri Safi Yurt İçi Hasıla artışlarına sebep olmaktadır. Bu doğrultuda yapılan araştırma sonuçlarına göre (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017):

Dünya Bankasının ekonomisi düşük ve orta gelir grubunda sayılan ülkeler arasında 2000 - 2006 yılları arasında yaptığı çalışmanın sonucunda genişbant penetrasyonunda %10’luk bir artışın GSYİH’da %1.38’lik bir artışa neden olduğu görülmüştür. (Kelly ve Rosotto, 2012) Aynı çalışma yüksek gelir grubunda yer alan ülkeler için tekrarlandığında genişbant penetrasyon oranında %10’luk bir artış GSYİH’da %1.21 artışa neden olmaktadır. Bu çalışma, genişbantın gelişiminin özellikle gelişmekte olan ülke ekonomilerinde ekonomisi gelişmiş ülkelere göre daha büyük etki yarattığını göstermiştir (Ülgen, 2016).

GSMA (Global System for Mobile Communications) adına hazırlanmış olan raporlarda, kimi devletlerde %10’luk bir nüfus oranının “2G” hizmetinden “3G” hizmetine geçiş yaptığı dırimlarda GSYİH’ye olan etkisi %0,15; mobil veri kullanımındaki artışın iki kat olması halinde GSYİH’ye etkisinin de %0,5 olduğu anlaşılmıştır (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017).

Booz & Company tarafından OECD ülkelerini kapsayan bir araştırma sonrasında ekonomisi gelişmiş olan ülkelerin ortalama yıllık GSYİH değerleri ile genişbant penetrasyon değerleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır (Kelly ve Rosotto, 2012).

Ülkelerin genişbant konusundaki uygulamaları incelendiği zaman tek bir yöntemin olmadığı ülkenin kendi iç dinamiklerine (ekonomik, coğrafik, eğitim vb.) göre uygulamaya koyduğu ve başarılı olduğu farklı uygulamalarla karşılaşılmaktadır (Yıldız, 2012).

Devlet katkısıyla güçlü bir bilişim ve sayısal sanayi oluşturan Güney Kore örneğinin yanısıra, Avrupa Birliği ülkelerinde genişbant hizmetlerini yaygınlaştırmak için teşvikler, rekabeti destekleyici uygulamalarla son kullanıcıların yüksek hızlı ve kaliteli genişbant hizmetinden yararlanılması amaçlanmaktadır.

Genişbant erişiminin geliştirilmesiyle ilgili Avrupa Birliği Komisyonunun “Avrupa 2020 Strateji” belgesinde, genişbant erişebilirliğini artırmak adına yapılması gereken 10 yıllık yatırımlara yer verilmiş ve 2020 yılına kadar tamamlanması planlanan 7 hedeften birini Hızlı Genişbant ve Ultra Hızlı Genişbant (Fast and Ultrafast) İnternet Erişim Teknolojileri’nin yaygınlaştırılması olarak belirlenmiştir.

Buna göre.

- 2020 yılına kadar AB’deki hanelerin %50’sine 100 Mbit/sn ve üzerinde hızlarda internet erişimi sağlanması ve
- 2020 yılına kadar vatandaşların tamamına asgari 30 Mbit/sn hızında internet hizmeti verilmesi hedeflenmiştir

Bunun yanı sıra, Avrupa ve dünyanın diğer bölgelerinde de birçok ülke ulusal genişbant stratejisini belirlemiş durumdadır. Aşağıdaki tabloda ülkelerin genişbant stratejileri kapsamında hedefleri ve yapılan yatırımlar özetlenmektedir:

Tablo 3.1: Ülkelerin genişbant hedefleri ve yatırım miktarları (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017).

ÜLKELER	HEDEF	YATIRIM MİKTARI
Fransa	•2020-Hanelerin %80'ine 100 Mbps •2025-Hanelerin %100'üne 100 Mbps	•10 yıl 20 Milyar € (3 milyar € hibe)
İngiltere	•2017-Hanelerin %95'ine 24 Mbps •2017-Tüm İngiltere'ye 2Mbps	•Kırsal alan genişbant programına 530 milyon € •Süper hızı yaygınlaştırma programına 250 milyon € •Rekabetçi genişbant sağlama fonu pilot uygulamaları 10 milyon € •Süper hızla bağlı şehirler programı 150 milyon € •Mobil altyapı projesi 150 milyon €
İspanya	•2015- Nüfusun %50'sine 100 Mbps •2015- Hanelerin %12'sine 30 Mbps •2015- Hanelerin %5'ine 100 Mbps •2015- Nüfusun %75'ine 4G	
İtalya	•2018- Hanelerin %75'ine 30 Mbps •2018- Hanelerin %40'ına 100 Mbps •2020- Hanelerin %85'ine 100 Mbps	•2020 yılına kadar 12.5 milyar €

İsveç	2020- Hanelerin %90'ına 100 Mbps	Kırsal alan için 88.4 milyon €
Hollanda	2020- Tüm hanelere 30 Mbps 2020- Hanelerin %50'sine 100 Mbps	- Ulusal seviyede devlet desteği yok - Bazı belediyelerle birlikte bölgesel destek
Güney Kore	2015- Tüm hanelere 1 Gbps	- Ulusal yüksek hızlı kamu omurga şebekesi için 24 milyar \$ 2000-2005 Devlet katkısı 7.746 milyar \$ - Özel sektör katkısı 14.5 milyar \$ - Yüksek hızlı şebeke kurulumu toplam 70 milyar \$ düşük maliyetli kredi desteği
ABD	2020-100 milyon hane 100 Mbps (indirme)/50 Mbps (gönderme) 2025-Okul, hastane ve devlet binalarına 1Gbps	Connect America Fonu 15.5 milyar \$
Kenya	Şehirler için; 2013-2017- Hanelere 30 Mbps 2018-2022 -Hanelere 300 Mbps 2023-2027- Hanelere 1024 Mbps 2028-2030- Hanelere 2048 Mbps Kırsal alanlar için; 2013-2017- Hanelere 5 Mbps 2018-2022 -Hanelere 50 Mbps 2023-2027- Hanelere 100 Mbps 2028-2030- Hanelere 500 Mbps	
Japonya	2015 yılı için; - Sabit için 1 Gbps hızlara ulaşmak - Mobil için 100 Mbps üzeri	2006 yılı için 5.3 milyar + 4.1 milyar (ilave) Japon Yeni 2007 yılı için 5.7 milyar 2008 yılı için 6.2 milyar + 10.5 milyar (ilave) Japon Yeni
Avusturya	2018- Hanelerin %70'ine 100 Mbps 2020- Hanelerin %99'ına 100 Mbps	30 milyon Avro
Almanya	2018- her haneye en az 50 Mbps	- Genişbant yatırımları için Devlet Kalkınma bankası KfW tarafından belediyelere yıllık 150 milyon avro kredi verilmektedir - Ayrıca kırsal alanlarda genişbant yatırımının desteklenmesi ve teşvik edilmesi amacıyla Landwirtschaftliche Rentenbank tarafından yıllık 10 milyon Avro kredi verilmektedir.
Avustralya	Fiberin ulaştığı hanelere 100 Mbps hız, 4G sabit kablosuz/uydu teknolojilerinin kullanıldığı yerlerde de 12 Mbps hız sağlanması 2015- Nüfusun %4'üne 4G hizmeti %3'üne de uydu hizmeti sağlamak 2021- nüfusun %93'üne fiber hizmeti	10 yıllık projenin toplam bütçesi 35.9 milyar A\$ - Bütçenin 27.5 milyar A\$'ı olan kısmi federal hükümet tarafından geri kalanı da özel yatırımlarla karşılanmaktadır
Malezya	2015-Hanelerin %75'ine genişbant - Genişbant hızı; haneler için 10 Mbps'dan 100 Mbps'a çıkarılacak ve işyerleri için 1GBps'a çıkarılacak	Devlet 688 milyon \$ Telekom Malaysia'da 2.558 milyar dolar yatırım yapmıştır.

3.1.2. Ülkemizde Genişbant Pazarı

Ülkemizdeki genişbant kullanımı ve pazarı incelediğimizde, 2008 yılında 6 milyon kullanıcısı olan pazarın 13 yılda 79,7 milyon artarak 2021 yılında 85,7 milyona ulaşmıştır. (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021). Genişbant artışının bu denli yüksek olmasının sebebi teknolojik yatkınlığı olan bir toplum olduğumuz şeklinde yorumlanabilir. Şekil 2.5'te 2008-2021 yılları arasında ülkemizdeki genişbant kullanıcı sayılarının değişimini sabit ve mobil kırılımlarıyla vermektedir.



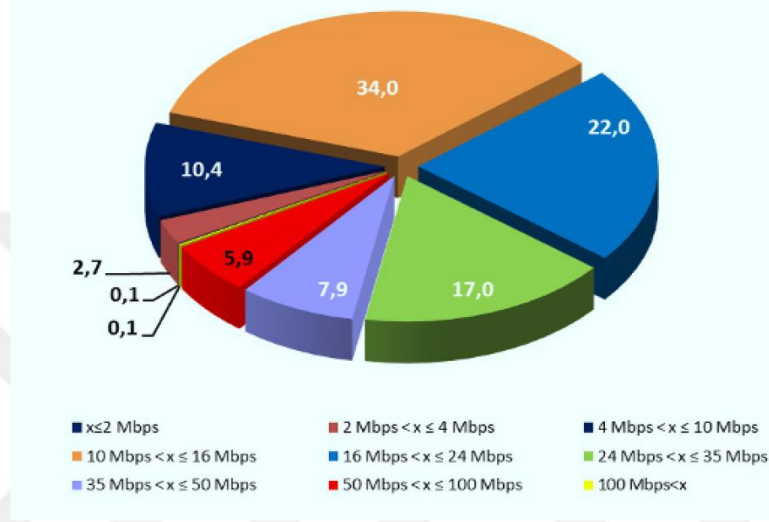
Şekil 3.5: 2008-2021 yılları arasında Türkiye'deki genişbant kullanıcı sayısı (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Sabit pazardaki kullanıcı sayısı 13 yılda 6 milyondan 17,4 milyona çıkmış durumdadır.

Tablo 3.2: Toplam internet abone sayıları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

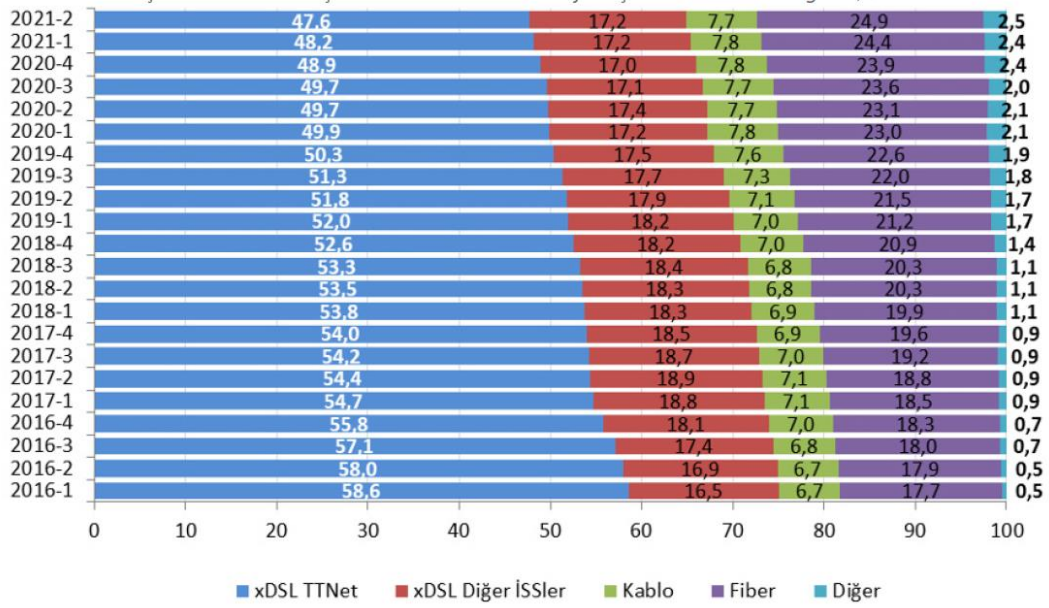
	2020-2	2021-1	2021-2	Çeyrek Dönem Büyüme Oranı (2021-1...2021-2)	Yıllık Büyüme Oranı (2020-2...2021-2)
xDSL	10.253.505	11.180.686	11.266.986	0,8%	9,9%
Mobil Bilgisayardan İnternet	492.903	468.057	459.953	-1,7%	-6,7%
Mobil Cepten İnternet	62.596.692	66.347.319	66.857.214	2,3%	8,4%
Kablo İnternet	1.178.400	1.328.094	1.338.593	0,8%	13,6%
Eve Kadar Fiber (FTTH)	2.266.996	2.867.673	2.999.238	4,6%	32,3%
Binaya Kadar Fiber (FTTH)	1.256.215	1.307.342	1.323.305	1,2%	5,3%
Fiber (Toplam)	3.523.211	4.175.015	4.322.543	3,5%	22,7%
Diğer	318.221	411.324	434.942	5,7%	36,7%
TOPLAM	78.362.932	83.910.496	85.680.231	2,1%	9,3%

Sabit pazarda teknolojik altyapılara göre incelediğimizde XDSL müşterilerinin son 1 yıl içerisinde %9,9 Eve Kadar Fiber (FTTH) müşterilerinde %32,3 “binaya kadar fiber” müşterilerinde de %5,3 artış olduğu görülmektedir. Toplam “fiber” kullanıcı sayısında da %9,3 müşteri sayısının artışı üsteki tabloda belirtilmiştir. Bu tablo üzerinden sabit genişbant taleplerinin devam ettiğinin, pazarın gelişmeye ve büyümeye devam ettiği yorumu yapılabilir.



Şekil 3.6: Abonelerin hızlara ve kullanıma göre dağılımları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

2021 yılı ikinci çeyrek itibariyle Şekil 2.6’da görüldüğü üzere sabit genişbant kullanıcılarının % 34’ü 10 Mbps ile 16 Mbps arası, %22 ‘si 16 Mbps ile 24 Mbps, %17’si 24 Mbps ile 35 Mbps arası hızları kullanmaktadır. %6 olan 50 Mbps hızı ve daha yüksek hızlardaki kullanıcı sayısının artırılması genişbant pazarı ve genişbantın etkilediği sektörlerdeki gelişmeler açısından önem arz etmektedir. Toplam genişbant müşterilerinin % 95’ü bireysel kullanıcılar olmakla birlikte % 5 ‘si Kurumsal Müşterilerdir.



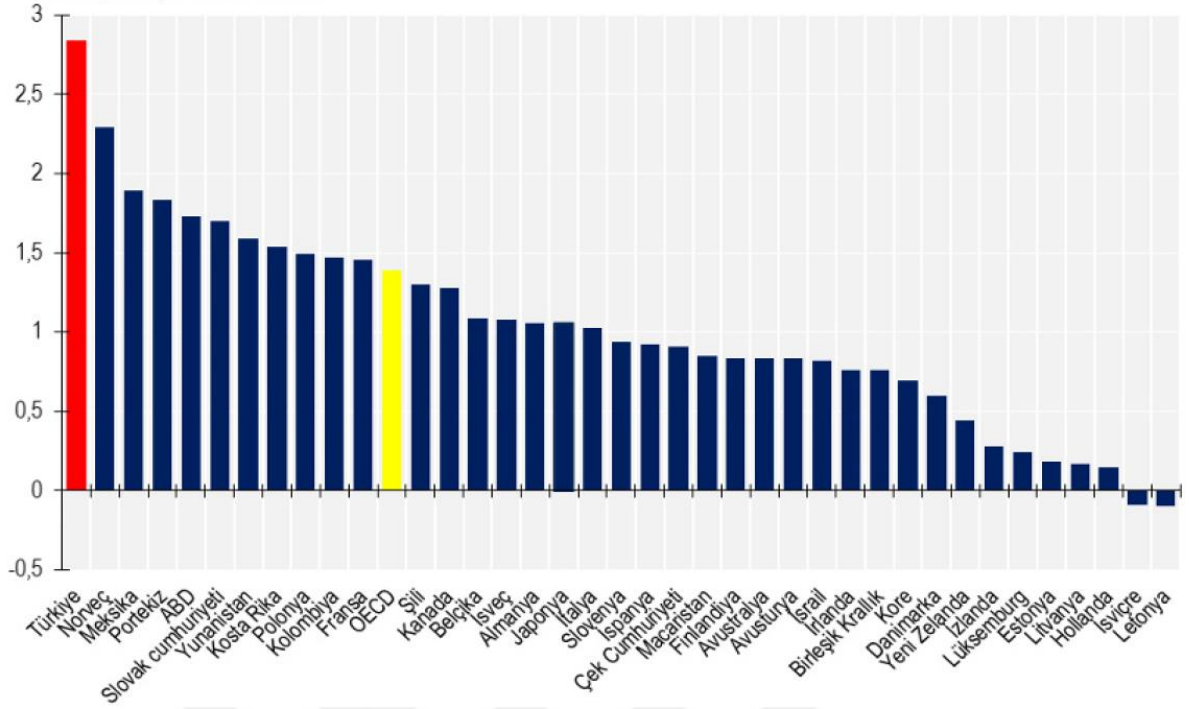
Şekil 3.7: Servis sağlayıcı bazında kullanıcı dağılımları (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Son 3 yılda sabit pazardaki genişbant kullanıcılarının işletmeci ve teknoloji bazında yüzdesel dağılımı Şekil 2.7’de gösteren grafiği incelediğimizde % 65 oranda kullanıcının xDSL teknolojisi tabanlı hizmet aldığı görülmektedir. Fiber kullanıcı sayısında artış trendi olduğu gözlemlenmektedir.

3.1.3. OECD Ülkeleri Sabit Genişbant Penetrasyon Oranları

Ülkemiz, OECD devletleri arasında 2019 ile 2020 senelerindeki bir senelik dönemde “sabit internet yaygınlığı” en fazla artış gösteren devletler içinde ilk sıradadır (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021). Söz konusu süreçte OECD’deki ülkelerin bir senelik yaygınlık artışıdaki ortalaması %1,4 iken, ülkemizdeki oran %2,8’dir.

OECD ülkeleri ile Türkiye’nin nüfusuna nazaran sabit ve mobil genişbant yaygınlık oranına bakıldığında Türkiye’deki genişbant yaygınlık oranının %20,8 olduğu, OECD ülkelerinin ortalamasının %33,2 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Mobil genişbant yaygınlık oranı Türkiye’de %81,7 iken OECD ortalaması %117,5’tir (Pazar Verileri Raporu, 2021). OECD ülkeleriyle kıyaslandığında da Türkiye pazarının gelişimini sürdürdüğünü söyleyebiliriz (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).



Şekil 3.8: 2020 OECD ülkelerinde sabit genişbant artış oranı (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

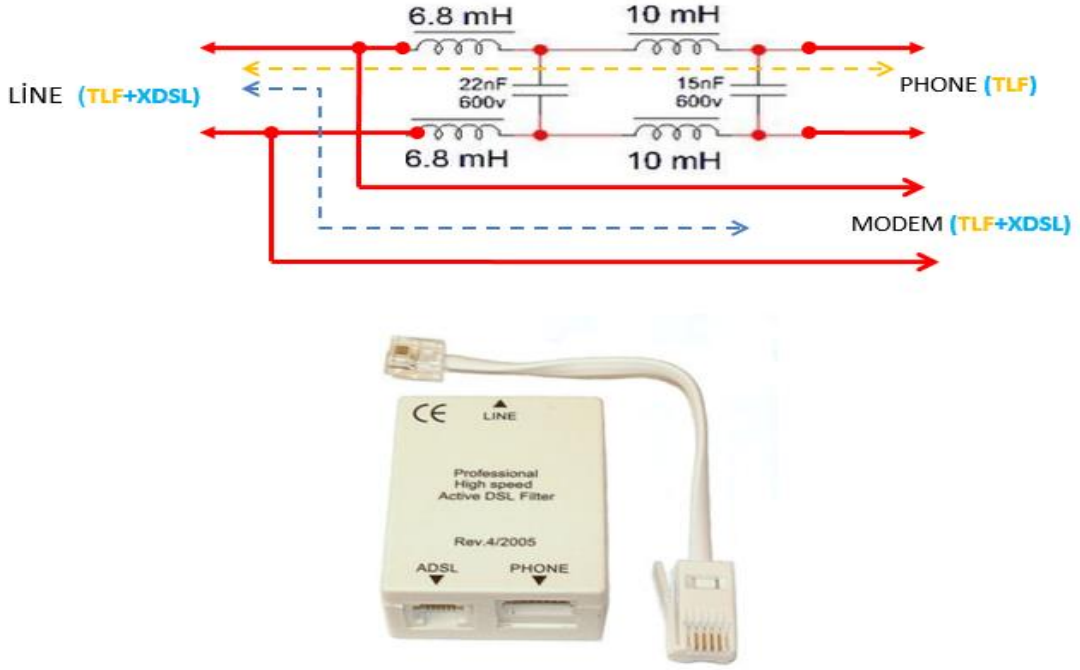
3.2. GENİŞBANT TEKNOLOJİLERİ

Gelişen teknolojilerle beraber internete ulaşma ihtiyacı artmaktadır. İnternet kullanıcılarının da genişbant ihtiyacının gün geçtikçe arttığı sürekli dile getirilmektedir. Genişbant kavramının sadece bir tanımının olmadığı, geleneksel şebeke mimarisinden yeni nesil şebekelere geçiş sonucu veri aktarım hızı daha yüksek olan bant genişliği olarak açıklanmaktadır (11.Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Şûrası, 2013). Hız kriteri temel alınarak yapılan tanımlamalar değişkenlik göstermektedir. OECD 256 kbit/s hızının üzerini, ITU, Güney Afrika ve Hindistan gibi ülkeler ise 1.5 Mbit/s hızını ve daha üstündeki hızları genişbant olarak kabul etmektedirler (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017).

3.2.1. xDSL Teknolojisi

Çift bükümlü geleneksel bakır şebeke PSTN (The Public Switched Telephone Network) haberleşmesi için kurulmuştur. Ses sinyallerini iletip alabildiği bant aralığı 3Khz ile 4 Khz arasındadır (Seçgin, 2017). Bu darbant kanalında analog taşıyıcı üzerinden telefon sinyali iletilmektedir. Çift bükümlü bakır teller, iki yönlü iletişimi sağlamak için kullanılmaktadır (gönderme ve alma). Bu darbant üzerinden çevirmeli modemlerle internet erişimi sağlanabilmektedir fakat bant genişliği düşüktür, dolayısıyla internet hızı yavaştır (Bektaş ve Ayyıldız, 2009).

DSL teknolojisinde ise aynı bakır teller üzerinden farklı bant aralıkları ve modülasyon teknikleri kullanarak genişbant erişimi sağlamaktadır. DSL hızı bakır kablolar üzerindeki zayıflamaların da etkisiyle kullanıcının servis sağlayıcının tesislerine olan uzaklığına göre değişkenlik arz etmektedir. Ses ve veri iletimi farklı frekanslarda olsa da aynı hat üzerinden yapıldığından kullanıcı tarafında sinyalleri ayırtıracak bir filtre kullanılmaktadır. Bu filtre sayesinde kullanıcı internetini kullanırken herhangi bir ses sinyali iletildiğinde iletişim kesilmeden devam eder (Krejci ve Zeman, 2012). Dar bantlı iletişimde ise bu mümkün değildir. Kullanıcılar bakır hat ile bilgisayarları arasında sinyallerin dönüşümünü sağlayan bir, gelen sinyalleri bilgisayara, bilgisayardan gelen sinyalleri de bakır hat üzerine göndereilecek bir cihaza ihtiyaç duyarlar ki bu işlemi sağlayan cihaz modemdir (Aybar ve Köklükaya, 2002). Modem tarafından hatta iletilen sinyalin de internet servis sağlayıcıları tarafında karşılayan, kullanıcıyla internet şebekesi arasında iletişimi sağlayan bir sesteme ihtiyaç duyarlar, DSL teknolojisinde bu işlemi sağlayan cihaz DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) olarak adlandırılır. Kısacası DSLAM cihazı kullanıcılardan gelen trafiği toplar yüksek hızlı trunk cihazlarına ileterek internet ortamına iletir, aynı şekilde internet ortamından gelen trafiği de ayırttırarak kullanıcılara yönlendirir.



Şekil 3.9: Bakır hatlarda kullanılan filtre (splitter) (<https://elektronikdevreler.org>).

DSL teknolojisi zaman içerisindeki geliştirmelerle türüne göre iletim mesafesi ve kullanıcılara ulaştırılabilen hızlar konusunda değişiklikler Tablo 3.3'te göstermiştir (Kelly ve Rosotto, 2012).

Tablo 3.3: DSL bağlantı türleri (Kelly ve Rosotto, 2012).

Type of line	Downstream speed	Upstream speed	ITU-T standard
Asymmetric DSL (ADSL)	6 Mbit/s	640 kbit/s	G.992.1
ADSL2	8 Mbit/s	800 kbit/s	G.992.3
ADSL2+	16 Mbit/s	800 kbit/s	G.992.5
Very high-speed DSL (VDSL)	52 Mbit/s	52 Mbit/s	G.993.1
VDSL2	100 Mbit/s	100 Mbit/s	G.993.2

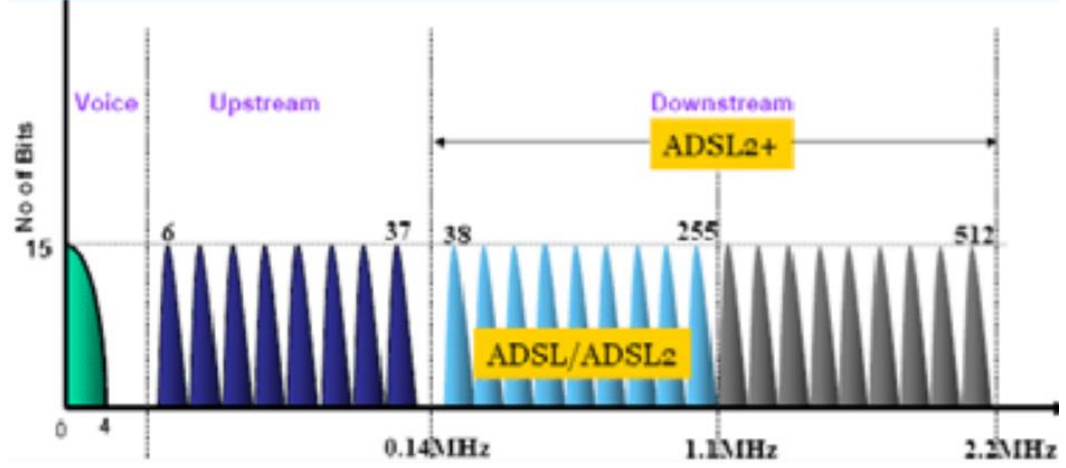
DSL teknolojilerinin standartları, Uluslar Arası Telekomünikasyon birliği ITU 'nın 15. Çalışma grubu ve ITU-T önerileri G serisi kapsamında belirlenmiştir. Genişbant diğer iki frekansta iletilir, bantlardan biri düşük hızlı bir yukarı akış kanalına (25 ila 138 kHz) tahsis edilmiştir, diğeri yüksek hızlı bir aşağı akış kanalına tahsis edilmiştir (139 khz ile 1,1MHz). Teorik olarak maksimum indirme (Download) 6 mbit/s ve maximum yükleme 640 kbit/s

standart tarafından tanımlanmıştır. Tablo 9’da XDSL teknolojilerinin indirme ve iletme hızına göre ITU tarafından belirlenmiş standartlarına yer verilmiştir. 1998 yılında kabul edilen ADSL standardına göre indirme hızı 8 Mbit/s, iletme hızı 1 Mbit/s olarak kabul edilmişken 2008 yılında kabul edilen ADSL2+ teknolojisine göre indirme hızı 24 Mbit/s, iletme hızı 3,3 Mbit/s hızlarına ulaşmıştır.

Tablo 3.4: En çok kullanılan ADSL türleri ve sağlayabildikleri hızlar (<https://www.itu.int/net>).

Version	Standart name	Common name	Downstream rate	Upstream rate	Approved in
ADSL	ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8.0 Mbit/s	1.0 Mbit/s	1998
ADSL	ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	1999-07
ADSL	ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	2001
ADSL	ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12.0 Mbit/s	1.8 Mbit/s	2005
ADSL	ITU G.992.2	ADSL Lite (G. lite) Splitterless	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s	1999-07
ADSL2	ITU G.992.3	ADSL2	12.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	2002-07
ADSL2	ITU G.992.3 AnnexJ	ADSL2	12.0 Mbit/s	3.5 Mbit/s	
ADSL2	ITU G.992.3 AnnexJ	RE-ADSL2	5.0 Mbit/s	0.8 Mbit/s	
ADSL2	ITU G.992.4	ADSL2 splitterless	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s	2002-07
ADSL2+	ITU G.992.5	ADSL2+	24.0 Mbit/s	1.3 Mbit/s	2003-05
ADSL2+	ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24.0 Mbit/s	3.3 Mbit/s	2008

ADSL2 standardında, hızı, kapsama alanını ve kalitesini iyileştirmek için daha verimli modülasyon ve kodlama teknikleri uygulanmaktadır. Standardın tanımladığı teorik hızlara göre maksimum indirme (Download) 8 mbit/s ve maximum yükleme hızı 800 kbit/s olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10: PSTN ve DSL frekans spektrumu (<https://www.technopat.net>).

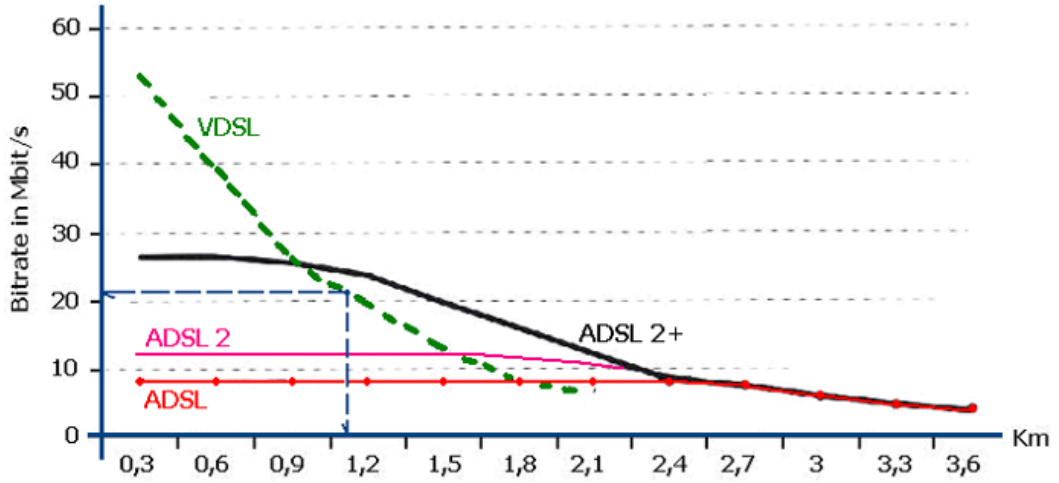
ADSL 2+ teknolojisinde 1,1 Mhz ile 2,2 Mhz bant genişliği kullanılan indirme hızları 2 katına çıkartılmıştır. İndirme hızları 16 mbit/s ve yükleme hızı 800 kbit/s olarak belirlenmiştir (Kagklis ve diğ., 2005).

Çok Yüksek Hızlı Dijital Abone Hattı (VDSL–Very-High Speed Digital Subscriber Line) teknolojisinde gelişmiş modülasyon teknikleri kullanılarak bakır kabloya daha geniş bir frekans bandı eklenerek daha yüksek ve simetrik veri hızlarının elde edilmesini sağlamıştır. Verimli kullanılabilmesi için bakır mesafesinden kaynaklanan kayıplar sebebiyle anahtar cihazın kullanıcıya yakın konumlandırılması gerekmektedir.

VDSL2 standardı, mesafeleri uzatarak ve parazitlenmeyi azaltarak bazı zorlukların üstesinden gelirken, 300 metreden kısa mesafeler için 100 Mbit /s'ye kadar bit hızlarını desteklemektedir.

Tablo 3.5: VDSL2 türleri ve sağlayabildiği hızlar (Kelly ve Rosotto, 2012).

VDSL2 TİPİ	BAND GENİŞLİĞİ (MHz)	TAŞIYICI (TON) SAYISI	DMT TAŞIYICI BAND GENİŞLİĞİ (kHz)	MAKSİMUM PORT ÇIKIŞ GÜCÜ (dBm)	MAKSİMUM TEORİK PORT DOWNLOAD HIZI (Mbps)
VDSL2-8a	8.832	2048	4.3125	+17.5	90
VDSL2-8b	8.832	2048	4.3125	+20.5	90
VDSL2-8c	8.5		4.3125	+11.5	80
VDSL2-8d	8.832	2048	4.3125	+14.5	90
VDSL2-12a	12	2783	4.3125	+14.5	120
VDSL2-12b	12	2783	4.3125	+14.5	120
VDSL2-17a	17.664	4096	4.3125	+14.5	170
VDSL2-30a	30	3479	3479	+14.5	300

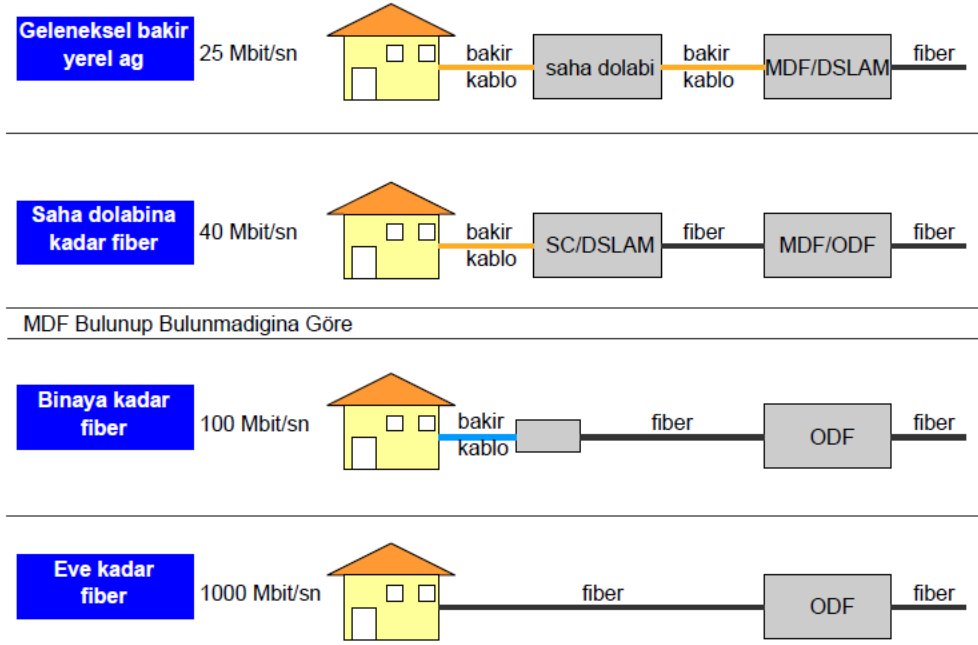
**Şekil 3.11:** Mesafeye göre ve xDSL türleri göre zayıflama (Kelly ve Rosotto, 2012).

3.2.2. FTTX Erişim Türleri

FTTX fiber erişim sistemlerinin genel adıdır. Açılımı Fiber to The ... fiberle ulaşılan noktaya göre çeşitlilik göstermektedir.

Artan genişbant ihtiyacını karşılamak için hizmet sağlayıcılar mevcut bakır altyapılarının üzerinden genişbant hizmeti verebilmek için XDSL teknolojilerini geliştirmişlerdir. Bu teknoloji hali hazırda kullanılmakta olup mevcut bakır kablo kaynaklarının verimli bir şekilde

kullanılmasını sağlamaktadır (Kıycıoğlu ve Ünverdi, 2018). Fakat bakır hatlardaki iletim kısıtları nedeniyle özellikle hizmet sağlayıcıların dağıtım noktalarına uzak kalan ve bakır kabloyla uzun mesafe iletimin sağlanması gereken kullanıcıların artan genişbant taleplerini karşılamakta sorunlarla karşılaşmaktadır. İstenilen genişbant iletimi sağlanamadığından kullanıcılara sunulabilecek hizmetlerin çeşitliliği de azalmaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için kullanıcılara yakınsayan FTTX çözümleri geliştirilmiştir (Karaçuha ve diğ. 2010).



Şekil 3.12: FTTX erişim türleri (Karaçuha ve diğ. 2010).

Bu çözümlerin adlandırılması da Fiber olarak ulaşılan noktaya göre yapılmıştır.

- Saha dolabına kadar fiber (Fiber-to-the-Curb- FTTC),
- Binaya kadar fiber (Fiber-to-the-Building -FTTB),
- Eve kadar fiber (Fiber-to-the-Home- FTTH).

Yapılan her imalat için standart bir FTTX uygulamasının uygun olması beklenemez (Hocaoğlu ve Yücel, 2017). Servis Sağlayıcılar, potansiyel kullanıcı sayısı, yatırım maliyeti, yapılan yatırımın geri dönüş süresi, mevcut altyapıları ile entegrasyonu, bakım maliyetleri, rakiplerin durumunu, müşterilerin beklentilerini, fiziki şartları ve diğer kurumlardan alınması gereken

onaylar gibi birçok durumu değerlendirerek kurulacak olan FTTX sistemine karar verilmektedir.

3.2.2.1. FTTX Sistemlerinin Erişim Üstünlükleri

Mevcut Bakır üzerinden sağlanan xDSL teknolojisine göre daha yüksek hızda iletim sağlamaktadır. (Seçgin, 2017) Optik iletim sistemlerinde taşıyıcı frekans yüksek olduğundan bakır kablolardakinden daha yüksek iletim hızlarına ve dolayısıyla daha yüksek bant genişliğine erişilebilmektedir.

1- Uzun Yineleyici (Tekrarlayıcı – Repeater) Aralığı

Bugün kullanılan teknolojiye Optik Fiberlerde yineleyici aralığı

- 1310 nm dalgaboyu ışık kullanılarak 40-50 km
- 1550 nm dalgaboylu ışıktaki ise 80-100 km
- 1625 nm dalgaboylu ışıktaki da 80-100 km

Mesafelere ulaşılabilir. Bu durumda bakırdaki mesafe kaynaklı kayıplara göre çok daha uzun mesafelere daha az kayıpla ulaşılabilir (Senior, 2009).

2- Kanal Başına Maliyetin Düşük Olması

- Fiber Optik Kabloların ucuz olması,
- Bant Genişliği x uzaklık çarpımının büyük olması,
- Yineleyici aralıklarının uzun olması,
- Fiberin ucunda yer alan donanımları değiştirerek (aynı fiberden yararlanarak) kanal sayısının kolay ve çabuk artırılabilmesi, nedenleriyle maliyet bakır kablo maliyetine göre oldukça düşüktür.

3- Bilgi çalınmasının güçlüğü,

4- Elektromanyetik etkiden bozulmama,

Manyetik alan bakırdan üretilen klasik kablolarda iletim kayıplarına ve bozulmalara sebep olurken fiber kablolarda böyle bir etkisi bulunmamaktadır. Fiber kablolarda manyetin

indüksiyonun sebep olduğu sinyaller arası diyafonu etkilerinden etkilenmez. Hammadesi cam olan Fiber kablolar camın yalıtkan olması sebebiyle elektrik akımını iletmezler. Bu nedenle fiber kablolarda elektrik akımının oluşturduğu manyetik etki bulunmaz.

5- Karışma (Diyafoni) olmaması,

Manyetik alan veya ışıksal bir kaynağın kullanılan izolasyon malzemesi sebebiyle dışarıdan fiber kila girme imkânı yoktur.

Kabloda oluşan kıvrımlar sebebiyle ışık özün dışına çıksa bile aradaki izolasyon malzemesi sebebiyle diğer damarlara giremediğinden karışma (Diyafoni) yoktur. (Senior, 2009)

6- Elektriksel yalıtım,

Fiber optik kablolar elektriksel olarak yalıtkan maddelerden yapıldığından baştan sona elektrik yalıtımı sağlarlar. Bu sayede Scada sistemlerinde, enerji tesisleri, elektrik santralleri, kapalı devre televizyon sistemleri ve haberleşme sistemleri için çok uygundur (Keiser, 2008).

7- Değişik çevre şartlarında kullanılabilir olması,

Fiber damarlar 500 C'ye kadar ısıya dayanıklı şekilde üretilmektedir. Bunun yanı sıra fiber kabloların üzerinde elektrik enerjisi olmaması sebebiyle herhangi bir hasar durumunda kıvılcım çıkmadığından çevresel herhangi bir hasara sebep olmamaktadır.

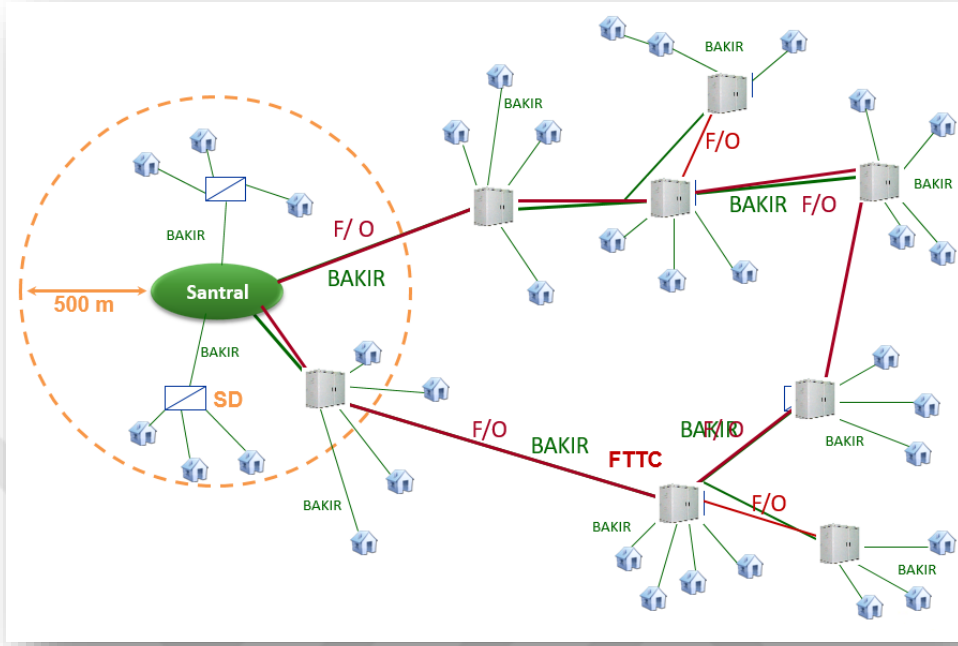
8- Tesis, işletme ve bakım kolaylığı,

Fiber optik kabloların, Bakır kabloları göre oldukça küçük ve hafif olması sebebiyle göz çoklayıcı kullanılarak tek bir gözden birden fazla kablo tesis edilebilmektedir. Fiber kabloların, metalik kablolardan daha küçük ve hafif olması daha az saklama alanı gerektirir ve daha ucuza nakledilir.

3.2.3.Saha Dolabına Kadar Fiber (Fiber to the Curb -FTTC)

Fiber to the Curb mimarisinde, ISS'lerin (İnternet Servis Sağlayıcıları) merkezlerinden kullanıcılara yakın mesafelere kadar (genelde 1 km'den daha yakın mesafeler olarak planlanır) Fiber Optik kablodan gelen Işık sinyalini, elektrik sinyaline çevirip kalan mesafeyi bakır kablo üzerinden ileten bir cihaz veya cihazlar konumlandırılmaktadır.

Aşağıdaki Şekil 3.13'te bir bölgenin FTTC topoloji örneği görünmektedir.



Şekil 3.13: FTTC topolojisi (Kelly ve Rosotto, 2012).

FTTC genelde mevcut altyapının olduğu yerlerde müşterilere yakınsamak için kurulan sistemlerdir (Rokkas ve diğ., 2010). Dönüştürücü cihazlar elektrik enerjisiyle çalıştıklarından enerji kesintisi anında akü sistemlerinden beslenirler fakat uzun süreli kesintilerde akülerin bitmesi durumunda seyar jeneratör takviyesi gerekmektedir.

Mevcut bakır şebekelerde Saha Dolabı (Curb) denilen bir dolaba kadar santralden itibaren bakır kablo çekilmektedir. Santralden saha dolabına gelen bakır kabloya prensibal kablosu, saha dolabından hanelere dağılan kablolar da lokal kabloları adı verilmiştir. Bu kablolar arasında irtibatlamaların yapılabilmesi için saha dolapları kullanılmaktadır. Saha Dolabı kullanmanın bir diğer avantajı da devre esnekliğini sağlamasıdır. Saha dolabının beslediği alanda 1500 hane olduğunu varsayarsak, normalde saha dolabı mantığı olmadığında her haneye bir bakır devre bağlantısı yapılabilmesi için santralden hanelere kadar 1500 devre kapasiteli kablo çekip dağıtmak gerekecekti. Her hanede telefon veya internetin kullanılmadığını doluluk oranının %40 olduğunu düşündüğümüzde aslında $1500 \times 0,4 = 600$ devrelik bir doluluk söz konusu.

Saha dolabı bize bu esnekliği sağlayan yapıdır. Santralden Saha Dolabına kadar 600 devrelik (prensibal) bir kablo çekilir, saha dolabından müşterilerin evlerine de daha kısa mesafede toplamda 1500 devrelik (lokal) kablolar çekilir. Lokal kablo ile prensibal kabloların irtibatlanması için ihtiyaç duyulan kutuya da Saha dolabı adı verilmiştir.

FTTC sistemlerinde genelde Saha Dolabının yerine yeni kabin monte edilip prensibal kablo devre dışı bırakılarak müşterilere yakınsama sağlanarak, daha yüksek hızlar ve bant genişliklerinden yararlanmaları, bakır kablo mesafeleri sadece lokal mesafesi olacağı için kısalan bakır kablo sebebiyle kayıpların azaldığı bağlantılar yapılabilmektedir (Seçgin, 2017).



Şekil 3.14: Saha dolabı (Seçgin, 2017).



Şekil 3.15: FTTC kabin yapısı (Seçgin, 2017).

3.2.3.1. FTTC Dönüşümlerinin Şebekeye Katkısı

Mevcut bakır şebeke üzerinden hizmet alan müşterilere Fiber ile yakınsayarak daha yüksek hızlar, daha genişbant genişlikleri ve bakır kabloda mesafeden kaynaklanan kayıpların azalması sağlanmaktadır.

Kullanıcılardaki hız düşüklükleri ve paket kayıplarının temel sebebi kullanıcı ile Servis sağlayıcının sistemleri arasındaki bakır mesafenin uzak olmasıdır. Mesafe arttıkça kayıp miktarı artmaktadır. Sahaya kurulan kabinlerle bu mesafenin kısaltılması hedeflenmektedir. Bakır kullanıcılarında 4 km'yi bulan bakır mesafesi, FTTC sistemlerinde 1 Km altına indirilmekte ortalamada 500 m olması hedeflenmektedir. Bu mesafelerde kullanılan VDSL teknolojileriyle kullanıcılara 50 Mbps hızı verilebilmektedir.

Mevcut sistemlerde yapılan dönüşümler olduğu için sahaya kurulacak bir cihazla birçok müşterinin hattında bant genişliği, hız ve kayıp anlamında iyileşmeler sağlanmaktadır. Dolayısıyla maliyet/kullanıcı sayısı olarak bakıldığında mevcut bakır kullanıcılarının her birinin evine kadar fiber kablo ile dönüşüm sağlamaktan daha uygun maliyetli bir uygulama şeklidir.

Sahaya kurulan kabin fiber dağılım noktası olarak kullanılabilir. Kabin içerisinde gelen F/O termine edilip switch veya pasif bölücü cihazlarla çoğullanabilmektedir. Bu da bireysel kullanıcılar dışında Kurumsal müşterilere ve mevcutta bakır şebekesi olmayan yeni yerleşim

yerlerine bu kabinde fiber çekilerek mesafe kısaltılabilmekte ve kabin bir nevi fiber pop noktası olarak kullanılabilmektedir.

Kabinin switch ve pasif bölücülerle fiber toplama noktası olarak kullanılabiliyor olması gelecekte her eve fiber optik kablo ile gidilmeye çalışıldığında mesafeyi kısalttığından maliyet avantajı da sağlayacaktır.

Mevcut altyapı üzerine kurulan sistemler olması sebebiyle, kurulacak harici cihazlarla sadece Servis Sağlayıcının toplama noktası arasına mevcut altyapı kullanılarak fiber kablo çekildiğinden ekonomik bir sistemdir. Yeniden maliyeti yüksek olan ve diğer kurumların iznine tabi olan altyapı imalatlarına gerek duyulmaması uygulama süresini kısalttığı gibi maliyet avantajı da sağlamaktadır.

3.2.4. Binaya Kadar Fiber (Fiber to The Building- FTTB)

Binaya kadar fiber çekilen yapılarda uygulanan proje türleri FTTB ve FTTH 'tır. FTTB projelerinin FTTH projelerinden farklı olan kısmı bina içerisinde hanelerin ankastre tesisatlarının toplandığı noktaya (Enerji odası, Data Salonu vb.) yakın bir noktaya fiberden gelen sinyali elektrik sinyaline dönüştürecek cihaz konumlandırılmasıdır (Hocaoğlu ve Yücel, 2017). FTTH projelerinde daire içerisine kadar fiber kablo ile gidildiğinden mevcut ankastre'nin (Bina içi dağıtım kabloları) hangi tür kablolardan oluştuğunun bir önemi yoktur. Bina içi bakır mesafesi FTTB cihazı ile daire içerisine kadar olan mesafedeki bakır kablodur (Seçgin, 2017).

Bina içi dağıtım kablolarında genelde 0,4 – 0,5 mm bakır çapı olan çift telli bakır kablo kullanılmaktadır. Günümüzde kabloların esnekliği ve değişen teknolojilere uyum sağlaması açısından ankastre kablosu olarak Cat-5 ve Cat-6 kablolar kullanılmaktadır.

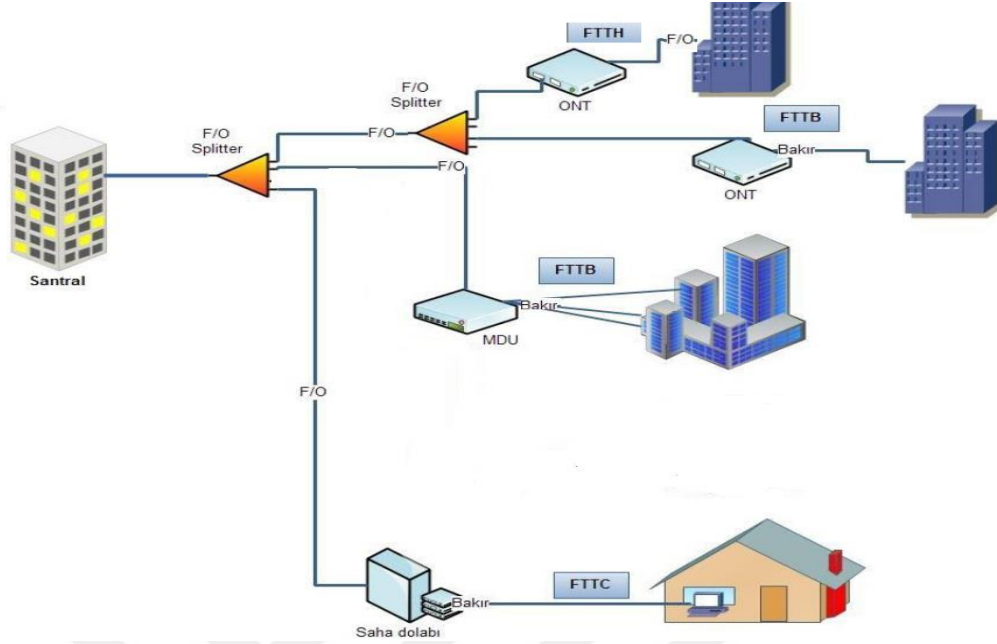
Bina içi dağıtım kabloları bir kutuda sonlandırılır. Aşağıdaki şekilde bina içi dağıtımların sonlandırıldığı kutu türleri görülmektedir.



Şekil 3.16: Bina içi dağıtım kutuları (Seçgin, 2007).

Bina içerisindeki kutular sadece kendi bulundukları binalara bağlantı noktası olarak kullanılırken, suya ve dış etkenlere daha dayanıklı olan bina dışı kutular birkaç adet binaya bağlantı noktası oluşturabilmektedirler.

Tamamen bakır altyapı ve FTTC sistemlerinde bina dağıtım kutularına servis sağlayıcıların altyapılarından bakır kablo ile irtibat sağlanmakta ama FTTB sisteminde fiber cihazı kutunun yakınına monte edilerek sistemle bağlantı fiber optik kablo üzerinden sağlanmakta böylece kayıplar minimize edilmektedir.



Şekil 3.17: FTTX altyapı (Seçgin, 2017).

3.2.4.1. FTTB Alt Yapının Avantajları

FTTB alt yapılarında binaya kadar Fiber kabloyla gelinmiş olması Bakır Şebeke ve FTTC alt yapıya göre bakır mesafesini kısalttığından kullanıcılara daha yüksek hızlarda, daha genişbant genişliği ve daha az kayıp bulunan bir internet erişimi sağlamaktadır (Keiser, 2006).

FTTB altyapıların avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Mevcut bina içerisindeki kabloların kullanılabilmesi bina içerisinde yeniden kablolama yapılmaması maliyeti azaltır.
- Cihaz maliyetinin yüksek olması sistemin kurulduğu binada kullanıcı sayısının az olması durumunda kullanıcı başına maliyeti artıracığından deavantaj olabilir.
- Enerji ile çalışan cihazlar olması ve kapladıkları alanların küçük olması sebebiyle, akü sistemleri küçüktür. Uzun süreli enerji kesintilerinde binanın jeneratör sistemine bağlantısı yoksa belli bir süre sonra kesintiye sebep olabilir.
- Binaya kadar Fiber kabloyla erişim sağlanmış olması gelecekte dönüşüm yapılacak teknolojiler için altyapının hazırlanması anlamına gelir. FTTH altyapısına geçmek için sadece bina içerisindeki kablolamayı fiber kablolarla değiştirmek yeterli olacaktır.

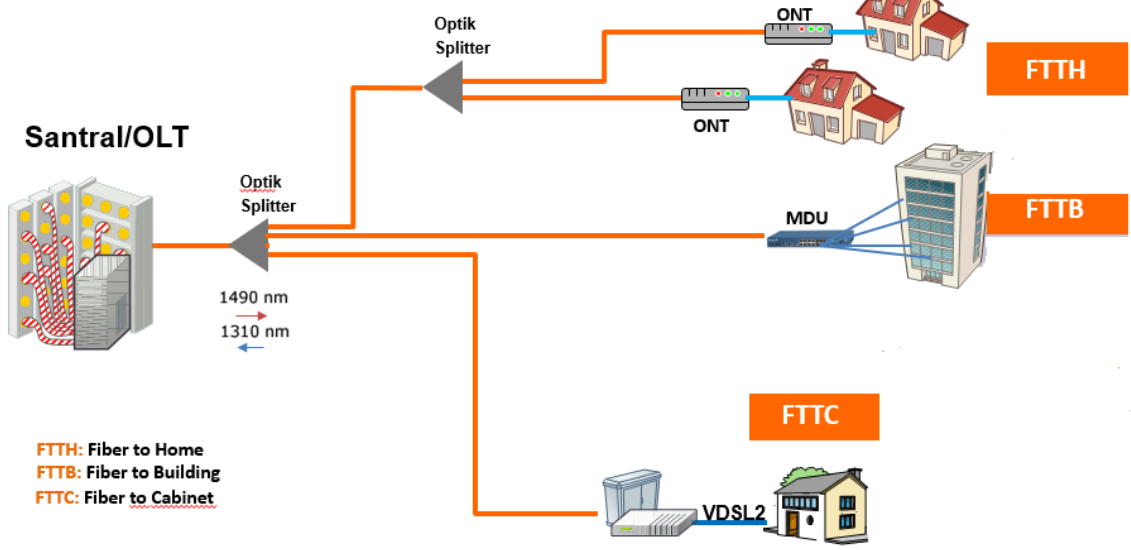
3.2.5. Eve Kadar Fiber (Fiber to The Home- FTTH)

En genel anlamıyla, optik ağlar hem aktif hemde passif elemanlar içermektedir. Aktif cihazlar merkez santralde sonlandırmanın arkasında veya kullanıcı tarafındaki cihazlardır. Aktif cihazlar trasmisyon yolunda yer alıyorsa, fiberler arası trafik aktarımı, gelen sinyali birkaç kola ayırma veya sinyal gücünü yükseltmek amacıyla kullanılmaktadır (Keiser, 2006). Aktif cihazlar elektrik enerjisine ihtiyaç duyduklarından herhangi bir arızalanma veya enerji kaynaklı sorunda kesintiye neden olmaktadır dolayısıyla servis sağlayıcıların bu noktalara tekrar personel yönlendirip sorunları gidermesi gereken birçok durum oluşabilmektedir (McKinsey, 2014).

Geleneksel ağların aksine PON (Passive Optical Network) teknolojisinde, merkez santral ile kullanıcı arasında aktif herhangi bir cihaz yer almamaktadır. Aktif bileşenleri, pasif bileşenlerle yer değiştirmek aktif bileşenlerin ihtiyacı olan enerjiden tasarruf sağladığı gibi aktif cihazların yönetilmesi ve kablo dışına tesis edilen cihazların bakımı için harcanan giderlerden de tasarruf edilmesini sağlar.

Aşağıdaki şekilde optik ağların genel mimarisinden de görüleceği üzere Eve Kadar Fiber uygulamalarındaki PON mimarisinde santral ve son kullanıcı arasında herhangi bir aktif cihaz yer almamaktadır. Santral tarafında yer alan aktif cihaz OLT (Optical Line Terminal) kullanıcı tarafında ise ONT (Optical Network Terminal) veya ONU (Optical Network Unit) olarak adlandırılmaktadır.

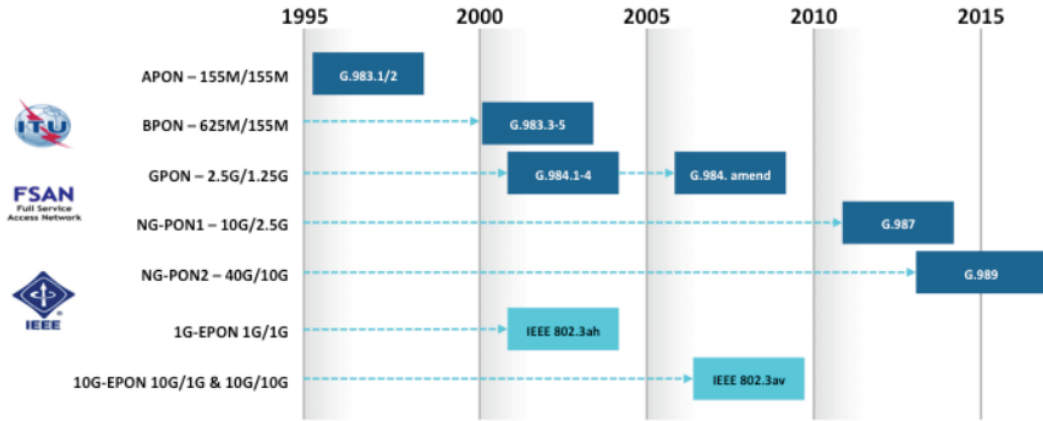
Santralden üretilen sinyal tek modlu fiber kablo üzerinden kullanıcılara yakın bir noktaya kadar iletilir, binaları yakın bir noktada optic bölücüde (Splitter) çoğullanır.



Şekil 3.18: GPON mimarisi (Zhao ve Fischer, 2016).

Ülkemizde kullanılan PON teknolojisi yaygın olarak GPON'dur. (Gigabit Passive Optical Network)

Günümüze kadar birkaç farklı PON teknolojisi geliştirilmiştir fakat ülkemizde sabit şebeke operatörlerinin uyguladığı teknoloji GPON yapısıdır.

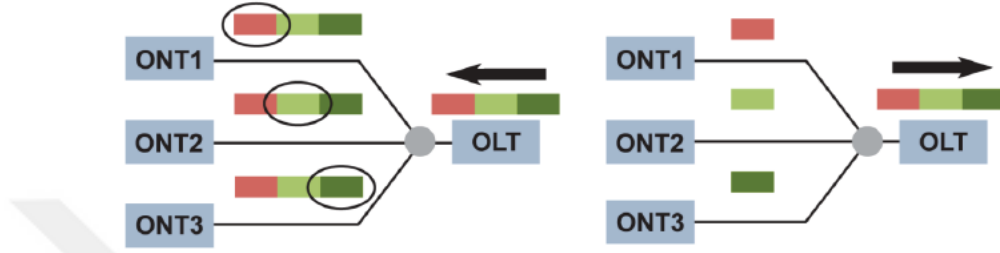


Şekil 3.19: PON standartları (Keiser, 2008).

GPON standardında her portan 128 kullanıcıya kadar 2,5 Gbps indirme hızı ve 1.25 Gbps yükleme hızı sağlanıyorken, XG-PON standartlarıyla 128 kullanıcıya kadar 10 Gbps indirme hızı ve 2,5 Gbps yükleme hızı sağlanabilmektedir (Zhao ve Fischer, 2016).

3.2.6. GPON Çalışma Şekli

OLT'den ONT 'ye doğru TDM (Time Division Multiplex), ONT'den OLT'ye doğru ise TDMA (Time Division Multiple Access) olarak iletim sağlanmaktadır.



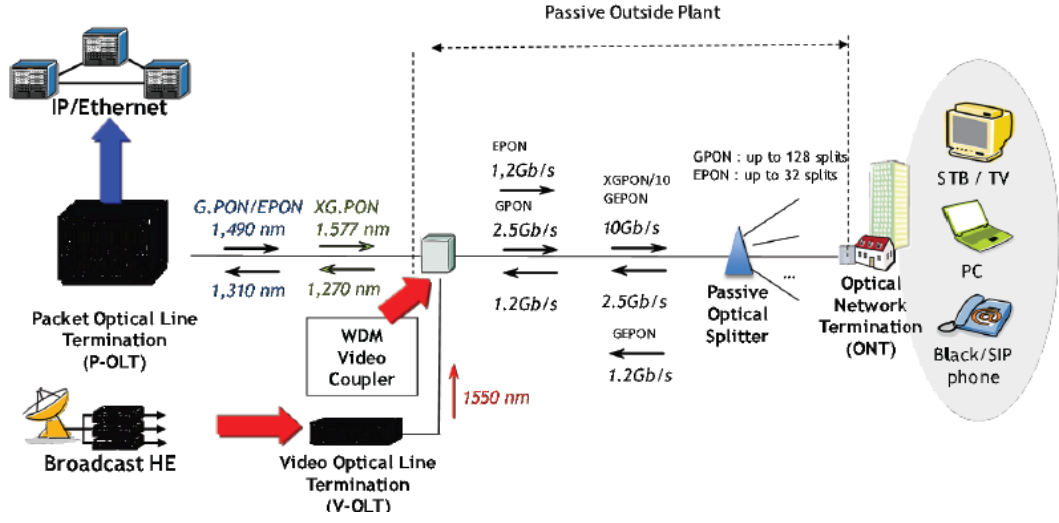
Şekil 3.20: PON sistemlerinde bantgenişliği yönetimi (Zhao ve Fischer, 2016).

Gelen sinyal tüm kollara iletilir, buradaki ayırım port ID lerine göre yapılmaktadır. OLT tarafında ise bu kontrol MAC (Media Access Control) adreslerine göre yapılmaktadır.

Downstream trafiği Optik Bölücülerde 128 kullanıcıya kadar paylaştırılabilir. Santrale (OLT'ye) doğru 1310 nm dalga boyunda 1,2 Gbps hızında, kullanıcıya doğru 1490 nm dalga boyu ve 2,5 Gbps hızında veri iletimi sağlanmaktadır.

RF Video sadece kullanıcıya doğru multicast (çoğa gönderim) olarak 1550 nm dalga boyunda sağlanır. Böylece; kullanıcıya doğru broadcast OLT'ye doğru ise TDM (Time Division Multiplex) yöntemleriyle tek bir fiber üzerinden çift yönlü iletim sağlanır.

ITU-T G.984.x standartları çerçevesinde tanımlanmış olup, sinyal güçlendirilmeden 20 km'ye kadar iletim sağlanabilmektedir (Zhao ve Fischer, 2016).

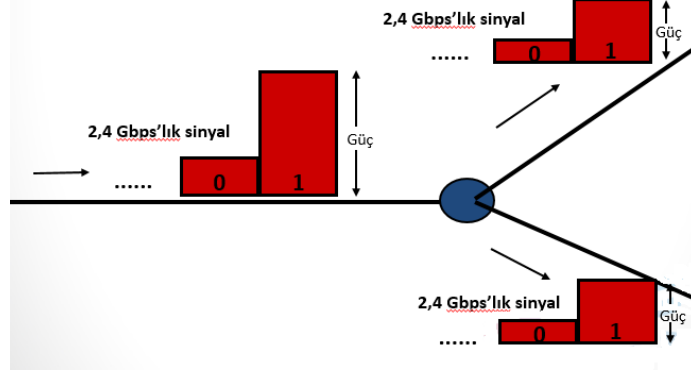


Şekil 3.21: GPON networkünün şematik diagramı (Kıycıoğlu ve Ünverdi, 2018).

3.2.7. GPON Network Elemanları

3.2.7.1. Optik Bölücü (Splitter)

Optik bölücü cihaza ulaşan lazer ışığı N adet alt yollara böldüğünde eğer optik bölücü cihaza ulaşan sinyalin gücü P ise her bir kullanıcıya yönlendirilen sinyallerin gücü P/N olacaktır. Optik bölücüler kayıpları yüksek pasif elemanlardır, girişine uygulanan optik sinyalin genliğinde ve içeriğinde değişiklik yapmaz. Girişine gelen sinyalleri bölüp kollara iletiği gibi kollardan gelen sinyalleri de birleştirerek girişe iletir.



Şekil 3.22: Optik bölücü (splitter) (Keiser, 2008).

Optik Bölücü (Splitter) pasif bir eleman olduğu için enerjiye ihtiyaç duymaması bir avantajdır. Enerji kesintilerinden etkilenmez. 1:2; 1:4; 1:8; 1:16; 1:32 portlu giriş ve çıkışları fiber olan modelleri vardır. 1:2'lik spliterin kaybı yaklaşık olarak 3-3,5 dB'dir. Bu kayıplar böldüğü kol sayısı artıkcı katlanarak devam eder.

Optik bölücüler genelde yapılan ekin içenisine, bina içenisine veya santralde kullanıldıklarından dış şartlardan etkilenmezler dolayısıyla işletme maliyetleri düşüktür. Dezavantaj olarak optik kayıplarının yüksek olması ve arıza durumunda birden fazla kullanıcının etkilenmesi söylenebilir.

Kullanım alanlarına göre 2 farklı tür Optik Bölücü vardır.

- Konnektörsüz OB, ek kasetlerinde kullanılır. 1x2 OB, 1x4 OB ve 1x8 OB



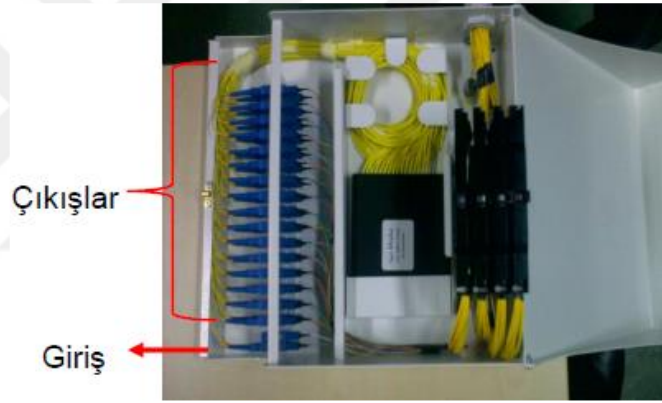
Şekil 3.23: Konnektörsüz OB (<https://www.ftthcouncil.eu>).

- K-SC OB (Kutu Şeklinde OB Konnektörlü), panel veya OFDK (Optik Fiber Dağıtım Kutusu) içerisinde kullanılır. 1x8 K-SC OB, 1x16 K-SC OB ve 1x32 K-SC OB türleri vardır.



Şekil 3.24: Kutu şeklinde OB konnektörlü optik bölücü (<https://www.ftthcouncil.eu>).

K-SC OB system salonlarında Optik Fiber Dağıtım Çatıları (OFDÇ) içerisindeki paneller içerisinde veya dış mekanlarda duvar tipi dağıtım kutularında kullanılır.



Şekil 3.25: Duvar tipi OFDK içerisinde optik bölücü (Keiser, 2008).

3.2.8. En Çok Kullanılan Konnektör Türleri

3.2.8.1. ST Konnektörü

ST konnektörü; bayonet kilitli konnektörü olarak da bilinmektedir. Aynı zamanda söz konusu konnektörler bilgisayarlarda kullanılmış olan ilk konnektör çeşididir (Saaty, 1996). Sağlam tasarıma sahip olan SN konnektörü, özellikle yerel ağlarda ve sanayi tipi firmalarda tercih edilmektedir. ST İngilizce düz (straight) kelimesinin kısaltmasıdır (FTTH Handbook V7)



Şekil 3.26: ST konnektör (Zhao ve Fischer, 2016).



Şekil 3.27: ST adaptörü (Zhao ve Fischer, 2016).

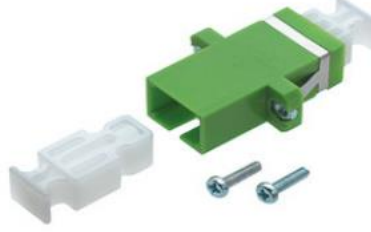
3.2.8.2. SC Konnektör

Tasarımının kareye benzemesi ve çift olarak kullanılabilmesi SC konnektörünü avantajlı kılmaktadır. Çift kullanılması, çift taraflı trafik açısından daha uygun bir kullanım sunmaktadır. SC, İngilizce ve “kare konnektör” (Square Connector) ya da “abone konnektörü” (Subscriber Connector) olarak adlandırılmaktadır (FTTH Handbook V7).

İlk konnektörlerden biri olmasına rağmen optik özellikleri çok iyi olduğu için popülerliği artmaya devam etmektedir. Geniş Alan Ağlarında (WAN) en çok tercih edilen konnektördür. Özellikle dubleks yapıdaki konnektörler, sahip oldukları özellikleri yerel ağlarda (LAN) da tercih edilmelerini sağlamaktadır.



Şekil 3.28: SC konektör (Senior, 2009).



Şekil 3.29: SC adaptörü (Senior, 2009).

3.2.8.3. MU Konektör

MU konektörünün çalışma prensipleri ve tasarımı SC konektörüne benzemektedir ama boyut olarak SC konektörünün yarısı kadardır. Dolayısıyla MU konektörün, ilk küçük tasarımı konektör olduğunu söyleyebiliriz.

3.2.8.4. MTP/MPO Konektör

MPO (Multi Patch Push –on), tek bir halkasında 72 kıl fiber kapasiteye sahip olduğu için bu şekilde adlandırılmıştır. MPO konektörü kompakt tasarımının olması ve kullanımındaki kolaylık nedeniyle tercih edilen bir konektördür (FTTH Handbook V7).



Şekil 3.30: MPO konnektörü (<https://www.ftthcouncil.eu>).

3.2.8.5. FC Konnektör

FC konnektörü, sağlamlılık ve dayanıklılık açısından güvenilirliği ispat edilmiş olan ilk geniş ağ konnektörü olarak ifade edilmektedir. Günümüzde de çok fazla sayıda sistemde kullanılmaktadır (Zhao ve Fischer, 2016).

FC konnektör bağlantı biçimi nedeniyle yer kaplamakta, dolayısıyla dar alandaki kullanımlarda tercih edilmemektedir.



Şekil 3.31: FC konnektör ve adaptörü (Keiser, 2008).

3.2.8.6. E-2000 Konnektör

E-2000 konnektöründe LSH'n önünde bulunan koruyucu kapak, konnektörü hem tozdan, hem de kullanan bireyleri lazer ışınlarından korumaktadır. Aynı zamanda bu konnektör mekanik biçimde kodlanmış ve A standardına ulaşmış ilk konnektör olma özelliğindedir (Keiser, 2008)



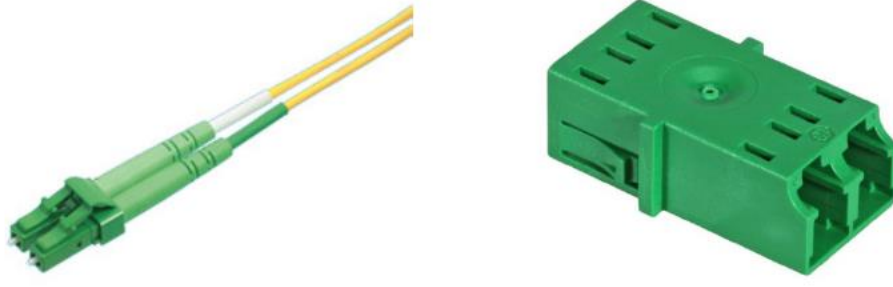
Şekil 3.32: E-2000 konnektörü ve adaptörü (Keiser, 2008).

3.2.8.7. MT-RJ Konnektör

MT-RJ konnektörü çoğunlukla yerel ağlarda kullanılmaktadır. MT-RJ, bakır yerel ağlarda kullanılmakta olan RJ45 konnektörüne benzer bir görünümündedir. MT-RJ aynı zamanda çift yönlü konnektör olarak da kullanılmaktadır (Senior, 2009).

3.2.8.8. LC Konnektör

LC (Lucent Connector) konnektörü, Lucent Şirketi tarafından geliştirilmiştir, dolayısıyla konnektörün ismi LC olarak adlandırılmıştır. LC, SC konnektörüyle benzeyen özellikler göstermektedir. LC konnektörünün yapısı duplex biçimindedir; bu özelliği nedeniyle data merkezleri ile merkez ofislerde tercih edilmektedir (Zhao ve Fischer, 2016).



Şekil 3.33: LC Duplex konnektör ve adaptörü (<https://www.ftthcouncil.eu>).

3.2.8.9. *BLINK Konnektör*

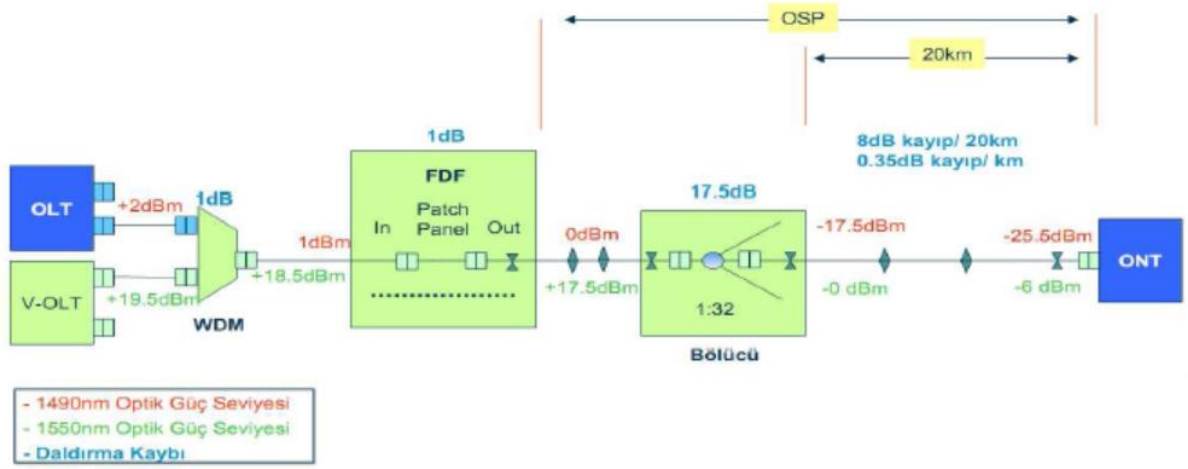
Blink konnektörü, LC konektöründe olduğu gibi küçük bir formdadır ve tasarımı iyi bir konnektördür. Blink konnektöründe bulunan OTO optik telekomünikasyon çıkışı, ONT arasındaki bağlantının sağlanması amacıyla tasarlanmıştır. Konnektörde bulunan lazer ışınlarının, tozlara ve çizilmeye karşı koruyucu panjuru bulunmaktadır. OTO ya da ONT tarafındaki “otomatik bırakma mekanizması” cihazın zarara uğramasını engeller özelliğindedir.



Şekil 3.34: BLINK konnektörü ve adaptörü (<https://www.ftthcouncil.eu>).

3.2.9. GPON Sistemlerinde Toplam Kayıplar

Santrallerden son kullanıcılara değin toplamdaki kayıp şu biçimde hesaplanır; “optik bölücülerde” 1:2 bölücü için 3.5dB, 1:32 bölücü içinse 18dB kayıp olduğu görülmektedir. Aynı şekilde fiber optik kablolar da; 1310nm sinyalde 0.42dB/km, 1490nm sinyal içinse 0.30dB/km kayıp görülmektedir. Bununla beraber ek noktalarda; 0.1dB, konnektör kaybı 0.3dB, ölçüm hatası 0.4dB olacak şekilde kabul edilirse uçtan uca hesaplanmakta olan kayıp miktarı aşağıdaki gibi görünecektir (Keiser, 2008).



Şekil 3.35: Santralden son kullanıcıya kadar GPON sistem kayıpları (Zhao ve Fischer, 2016).

4. SABİT ALTYAPI PROJE UYGULAMALARINDA KARAR VERME

Karar vermek; belli bir sorunu çözmeye ve hedeflenen gayeye ulaşma adına, birtakım kıstaslar doğrultusunda, seçeneklerden birini veya birkaç tanesini tercih etmektir (Ballı ve Dikmen, 2020). “Karar” ile “karar vermek” tanımı çoğunlukla birbirlerine karıştırılmaktadır. Karar vermek bir sürecin ifadesiyken, kararsa anlık bir durumun ifadesidir. Günlük yaşantımızda pek çok hususta seçimler yapma durumundayızdır. Bir seçim yaptığımızda; gereksinimimizi en çok gideren ve en doğru olanı tercih etmek isteriz, ancak pek çok kez bu konuda zorlanırız. Pek çok kıstas ve seçenek olan durumlarda yaşanan bu zor anlar; gereksinimimizi en çok karşılayan seçeneklerden birini seçme işine genel bir ifadeyle “karar vermek” denilmektedir (Öz, 2007).

Karar verme kavramı ile alakalı çok sayıda tanım bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Karar vermek, en uygun kriterler doğrultusunda, hareket tarzlarından birinin seçilmesidir (Nas, 2006).
- Karar verme; bütün seçenekler içinden hedef ya da hedeflere en çok uyan bir yahut birkaçının seçilmesi süreci olarak açıklanmaktadır (Evren ve Ülengin, 1992).
- Karar vermek; istenen bir neticeye ulaşmak amacıyla, alternatifler içinde şuurlu bir seçim eylemidir. Başka bir ifadeyle karar vermek; bir hedefe ulaşmak amacıyla mevcut olanaklara ve şartlara göre farklı eylemlerden en uygununu tercih etmektir (Öztürk, 2004).

Yukarıdaki ifadelerden de anlaşılacağı gibi karar vermek bir süreçtir. Bu sürecin son aşaması ise seçenekler içinden birini tercih etme işidir. Tercih edilen “seçenek” kararı ifade etmektedir ve bu da firmanın mevcut kaynağının ne biçimde kullanılacağını, hangi işlemlerin yapılacağını belirlemektedir. Ardından verilen karar uygulanmaya başlar.

Bu süreçte aşağıdaki gibi sistematik bir yaklaşım kullanılmaktadır (Hammond ve diğ., 1998):

- Doğru karar sorununun bulunabilmesi,
- Gerçek hedeflerin netleştirilmesi,
- Yaratıcı seçeneklerin geliştirilmesi,
- Karar neticelerinin alınması,
- Çatışan hedefler içinde uygun değiş-tokuşun yapılabilmesi,
- Duyarlı bir şekilde belirsizlikler ile ilgilenilmesi,

- Risk alma davranışlarının da düşünülmesi,
- Zamanla, kararla bağlantılı olacak diğer karar verme süreci için planmanın yapılması.

Karar vermek genel bir yaklaşımla bir süreçtir ve bu sürecin özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Karar verme sürecinde insan psikolojik strese maruz kalabilir. Bireyler açısından güç bir süreçtir. Karar için seçeneklerin araştırılması, bulunması ve sayısının artırılması zahmetli bir eylemdir. Aynı zamanda her seçeneğin fayda ve sakıncalarının birbiri ile karşılaştırılıp tercihin gerçekleştirilmesi zor bir işlemdir (Emhan, 2007).
- Karar verme teknik bir yaklaşımdır. Buna göre; bilgi toplamak ve bilgilerin faydalı şekilde işlenmesi gerekli kılmalıdır. Belirli bir hususta karar vermek ne aradığını ve bundan ne şekilde faydalanacağını bilmek demektir. Dolayısıyla şuurlu bir seçim için uzman olmalı, bilgileri faydalı şekle getirebilmek ve yorumlama gerekmektedir.
- Karar vermek, masraf içeren bir süreçtir. Bilginin toplanması, işlenmesi, seçeneklerden vazgeçilmesinin büyük bedeli olabilmektedir. Gereken bilginin toplanması için araştırma organizasyonları gerekir. Bilgilerin işlenmesi ve faydalı bir şekle dönüştürmek için konunun uzmanlarına gereksinim vardır. Bu bağlamda bilginin toplanmasında maliyet artar. Aynı zamanda seçeneklerin faydalarından vazgeçilmesi de ayrı bir maliyet yükü getirmektedir (Kıral, 2015).
- Karar vermede hedefe en az harcamayla ve fedakârlık ile ulaşabilmek işletme açısından önemlidir. Başka bir ifadeyle bu durum rasyonelliktir. Fakat karar verilirken rasyonel olup olunmadığı uygulamanın neticesinde ortaya çıkabilmektedir. Bununla birlikte, seçenekler elenirken; karlılık, etkinlik ve verimlilik unsurlarını dikkate alma mecburiyeti de bulunmaktadır.
- Karar vermek; insan kaynaklarıyla maddi kaynağı kullanma yetkisiyle, belirli oranda bağımsız hareket etme özgürlüğünü gerektirmektedir. Başka bir deyişle; karar verecek yöneticiler, bu karar için eleman çalıştırabilmeli, araştırmalara maddi kaynak sağlayabilmeli ve daha önemlisi firmanın geleceğini etkileyecek hususlarda karar verebilme ve uygulayabilme yetkileri olmalıdır. Aksi durumda, kararların uygulanma safhasına geçilemez ve karar bir temenniden öteye gidemez.
- Karar verilirken, gelecekle ilgili tahminin ve bilimsel araştırmanın önemi büyüktür. Bir anlamda karar vermek; gelecekte yapılması gerekenleri belirlemektir. Yukarıdaki maddede de ifade edilen karar sürecindeki aşamalarla karar alındıktan sonra karar uygulamasının arasındaki

ilişki görülür. Bu bağlamda, karar almanın, nelerin yapılması gerektiği hususunda da bir kontrol süreci oluşturduğu anlaşılmaktadır (Nas, 2010).

➤ Kararın verilmesinde ve uygulanması sırasında şartlara en uygun tarih aralığının belirlenmesi gerekir. Kararlar geleceğin tahmin edilmesi olduğu için, ne kadar zamanda karar alınacağı bilinmelidir. İkinci olarak harekete geçilecek zamanın da bilinmesi gerekmektedir. Üçüncü olarak; verilerin toplanarak işlenmesinin ne kadar zaman alacağı da belirlenmelidir. Tüm bunlar karar sürecinin de planlamayla ilgili bir eylem olduğunu ifade etmektedir.

➤ Karar vermek; hedeflere ulaşma amacıyla sorunları ve engelleri ortadan kaldırmaktır (Ballı ve Dikmen, 2020). Bu anlamda karar; karar alınmasını mecbur kılan problemlerin varlığını ve karar almanın da sorunlarla ve belirsizlikle mücadele etmek demek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla karar almak problemlerle, belirsizliklerle savaşmak ve nelerin, ne zaman, nasıl yapılacağını tespit etmektir.

Yukarıda karar verme sürecinin özellikleri aktarılmıştır. Ancak iyi kararların nitelikleri söz konusudur. İyi kararlardaki nitelikler aşağıdaki gibi beş grupta toplanmaktadır (Nas, 2010):

- 1) İyi kararlar ilk başta işletmenin hedeflerini göz önüne almalıdır ve söz konusu hedeflere ulaşabilecek şekilde oluşturulmaları gerekmektedir.
- 2) İyi kararlar alınırken maddi harcamalar kararın getirilerini geçmemelidir. Başka bir ifadeyle; minimum harcama ve fedakârlık yapılmalı, bu şekilde en iyi netice elde edilmelidir.
- 3) İyi kararlar fazla geciktirilmeden ve fırsat kaçmadan alınır, ancak aceleci davranmadan kapsamlı şekilde incelenip araştırılarak karar verilmelidir. Dolayısıyla en iyi karar zamanlaması iyi olan bir karar olarak ifade edilebilir.
- 4) İyi kararlar, firmanın ve birimlerin imkânlarına uygundur, başka bir ifadeyle gerçekçidir. Aksi takdirde kararların uygulanması mümkün olmaz ve hayal ürünü olarak kalır.
- 5) İyi kararlar vakit yitirmeden uygulanan ve netice veren kararlardır. Dolayısıyla hızlı davranan ve hızlı hareket eden fırsatları önceden değerlendirecektir.

4.1. KARAR VERME ÖĞELERİ

Karar vermek, bütünsel bir sistemdir ve istenilen hedefe ulaşabilmek amacıyla strateji seçimlerinin yapıldığı bir yapıdır. Amaçlara ulaşabilmek için takip edilmesi gerekli yollar, verilere ait kaynaklar, bilgilerin işlenme metotları gibi şartlar değiştiği sürece, her yeni duruma uyan kararların alınması için farklı yöntem ve teknikler bulunur (Dağdemir ve Güngör, 2004). Karar alma sürecinde analitik olabilmek için kararları oluşturacak ana unsurların tespit edilmesi gerekir (Gülenç ve Karabulut, 2005).

1. Karar Vericiler: Karar verici, alternatifler içinden bir seçim yapacak kişileri ya da grupları ifade etmektedir. Karar vericilerde, yapıyı değiştirme adına kendilerinde yetkinin ve sorumluluğu olan bireylerdir. Şirketlerin idari yapılarına göre, karar vericilerin sayıları, durumları, yetkilerinin sınırı değişiklik gösterebilmektedir. Karar verici, sistemden memnuniyet duymadıkları ya da tatminkâr olmadıklarında çözüm aramaya başlar ve sorunun nedenini bulmaya gayret ederler. Buradan hareketle gerekenlerin yapılabilmesi için karar alırlar (Karayalçın, 1979).

2. Amaç: Bir karar verici, amaçlarına ulaşmayı hedefler ve bunun için yaptığı seçimlerin neticesinde ortaya çıkacak faaliyetleri belirler. Pek çok durumda sorunun çözülmesindeki temel gaye, firmanın bütün amacıyla ya da yan hedefleriyle sıkı sıkıya bağlıdır. Bazı durumlarda bu hedeflerin tamamen kendisi olduğu görülmektedir (Karayalçın, 1979).

Amaçların sorunlara uygun olabilmesi için şu özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- Sorunu bütün yönleriyle içermeli,
- Analizi yapılabilmesi,
- Planlamadaki sürecin basitleştirilmesi için parçalanabilir olmalı,
- Sorun içinde bir kez kullanılmalıdır.

3. Karar Kriterleri: Karar vericilerin ya da yöneticinin seçimlerini oluştururken kullanmış oldukları değerler sistemi karar kriterleri olarak ifade edilmektedir. Karar kriterlerinden bazıları; gelir, kar, fayda maksimizasyonu veya zarar, maliyet, gider, personel, zaman minimizasyonu gibi farklı kavramlardır (Emhan, 2007).

İncelenerek ve geliştirilerek sıralanmış seçenekler içerisinde tercih neye göre yapılmalıdır? Alternatif arasından tercihleri yapmak için seçimler için kriterlere gereksinim bulunmaktadır (Lezki, 2014). Tercih kriteri, alternatiflerin özelliklerinden hangisinin, karar almada kullanılacağını göstermektedir. Bu anlamda örneğin mali kaynak bir tercih kriteri olabilmekte, düşük maliyetli seçenek tercih edilebilmektedir.

Tercih kriteri olarak “ek kaynak” baz alınır, bu durumda en az kaynağı olan seçenek tercih edilecektir. Dolayısıyla kriterle sorunun tanımı ve mevcut kaynak arasında doğrudan bir ilişkiden söz edilebilir.

Kriter, karar alınırken iki rol üstlenmektedir. İlki, başarımların ölçüleceği çalışanın doyumu, gelir vb. gibi alanları net bir şekilde ifade belirlemektir. Başarım alanı genel bir tanımla; karşılaştırma amacıyla kullanılabilecek bilgilerdir. İkincisi ise, normları sağlayacak başarım beklenti ve/veya beklentilerini net bir şekilde ortaya koymaktır. Norm; seçenekler ve kriterlerin her biri için rehber niteliğindedir.

Uygulamalarda tercih kriterleri olarak farklı kriterler kullanılmaktadır. Nesnel ve maddi hesaplamalarda tercih kriterlerini uygulama daha kolay olabilmektedir. Bazı durumlarda yöneticiler karar almada bekleme süreleri önemli bir kriter dönüşebilmektedir. Bunun yanı sıra; deneyim, insan ilişkileri, zaman unsuru, his gibi kriterlerde seçimlerde etkili olabilmektedir. Yöneticiler belirli tercih kriterlerine göre seçenekler arasından birini seçer. Bu seçim de yöneticilerin kararını ifade etmektedir. Bu bağlamda karar, birtakım çalışmaların neticesinde ortaya çıkar.

4. Seçenekler: Seçenekler, sorunların çözülmesinde kullanılmakta olan önerilerdir. Karar sürecinde seçenek kavramına bakıldığında; karar vericinin seçim yapacağı farklı imkânlar, alternatifler, seçenekler şeklinde ifade edilebilir. Alternatifler, karar vericinin kontrolündeki kaynaklarla ilişkilidir. Dolayısıyla kontrol edilebilir değişkenler olarak açıklanmaktadır. Seçenek sayılarının sınırlı olduğu, elenebileceği, öncelik haline getirileceği ve sıralanabilecekleri kabul edilmektedir (Öz, 2007).

5. Olaylar – Ortamlar: Karar vericilerin kontrolünde olmayan unsurlardır. Karar vericilerin tercihlerini etkilemekte olan çevreyi olaylar yansıtmaktadır. Ortam ise, karar almada kullanılmakta olan bütün alternatifleri tam anlamıyla içeren unsurları da ifade etmektedir (Öz, 2007).

6. Sonuç: Karar vermek; karar vericilerin belirlenmiş hedefin hayata geçirilebilmesi amacıyla iki yahut daha çok hareket tarzı içinden birisinin seçimidir. Alınan kararların bir neticesi olacaktır. Bu netice; her bir seçenekten ve olaydan meydana gelen değerleri yansıtmaktadır. Karar verici, bu sonuçların değerlerine göre yahut istenen, beklenen ve tahmin edilmiş neticelerine ulaşması ihtimali doğrultusunda karar vermektedir (Öz, 2007).

4.2. KARAR VERME SÜRECİ

Karar alınma süreci; örgütlerde davranışlara temel oluşturacak kapsamlı bir eylemdir. Karar süreci; sorunun tanımlanmasıyla başlamaktadır ve alternatiflerin orta konulmasıyla ve seçenekler arasından bir tercih yapılmasıyla son bulmaktadır.

Karar alınma süreci, ilk defa Devey (1910) ele alınmıştır. Sorun çözebilme yönteminin, bir sorunun farklı boyutları ile ele alınarak formüle edilebilmesi, sorunun çözülmesi için gereken verilerin değerlendirilmesi, mevcut olanak ve araçların sorunun çözülmesin etkin olarak kullanılabilmesi gibi süreçleri kapsayan bir metottur (Öz, 2007).

Devey'in karar süreciyle ilgili yaklaşımı ilerleyen dönemlerde "karar kuramının" oluşumunu sağlamıştır. Karar almak ve karar süreci, yazında çok farklı bakış açılarından ele alınarak ifade edilmiştir. Bu doğrultuda karar vermek sürecinde en fazla kabul görmüş olan ve en fazla kullanılmakta olan safhaları aşağıdaki gibi listelenmektedir (Nas, 2010):

- Konunun bütün yönleriyle tanımlanması,
- Problemin çözülebilmesi amacıyla gereken tüm bilgiye eksiksizce ve en doğru bir biçimde ulaşılması,
- Problemin çözülmesinde kullanılabilecek bütün metot veya metotların belirlenmesi,
- Problemin çözümünde karşılaşılabilecek maliyet tutarının her metot için hesaplanması,
- Tüm seçeneklerin her biri için sebep olabileceği farklı durumların irdelenmesi,
- Çözüm seçenekleri içinden birinin seçilmesi (karar verilmesi),
- Kararın uygulanması,
- Uygulamanın neticesinin ya da neticelerinin değerlendirilmesidir.

Karar verilirken, karar safhasının başlangıcıyla, hedefe ulaşmada, yani neticeye varma arasında, kararların çeşitlerine ve niteliklerine uyan bir zaman aralığının bulunduğu ifade edilmektedir. Karar vericiler, verdikleri kararların neticelerine ulaşırken geçen zamanda oluşacak ve neticeyi etkileyecek faaliyetleri tahmin edebilirler. Fakat zaman aralığındaki değişimler; eylemlerdeki değişimden dolayı karar vericilerin amaçladıkları sonuçlara ulaştırmayabilir.

4.3. KARAR VERME ORTAMLARI

Karar verilirken, ilk adımda ne tür bir ortamda bulunulacağının bilinmesi veya belirlenmesi gerekmektedir. Karar alma ortamı ise, karar vericinin durumlarla ve bu durumların gerçekleşebilme ihtimalleri üzerindeki bilgi düzeyiyle anlaşılabilir.

4.3.1. Belirlilik Ortamında Karar Verme

Karar verici, verdiği kararın neticesinde meydana gelecek durumu tam manasıyla biliyor ise, “belirlilik ortamı”nda karar alınmasında bahsedilmektedir. Belirlilik ortamında bir karar alınabilmesi için karar alınacak sorundaki tüm hareket şekillerinin neticeleri ve hangi durumların oluşacağının net olarak bilinmesi gerekmektedir. Karar vericinin, söz konusu seçeneklerden her birisinin hangi koşullarda gerçekleştiğini ve karar sürecine dair davranışların nasıl neticeler vereceği hususunda net ve tam bilgisi bulunmaktadır. Karar vericiler, neden sonuç yöntemlerini kullanmakta, böylece en uygun neticelere ulaşmakta ve bu sonuçlar doğrultusunda karar vermektedirler (Rençber, 2012).

4.3.2. Risk Ortamında Karar Verme

Alternatifler arasından her bir faaliyet tercihinin birden çok netice ortaya çıkarma ihtimali varsa, bu durumda “risk ortamında karar” almadan bahsedilmektedir. Risk söz konusu olduğunda ortaya çıkacak her netice, bilinmekte olan bir ihtimalle meydana gelecektir. Seçilecek her alternatifin doğuracağı neticelerin olma ihtimalinin toplamı 1’dir. “Karar Teorisi” kesin belirlilik olmadığında görülen sorunlara farklı alternatif yaklaşımlar sağlamaktadır. Bu durumlardaki yaklaşım “risk altında karar” olarak ifade edilmektedir. Risk altındaki kararlar,

pek çok sayıdaki durumun olduğunun ve karar vericilerin her doğa durumunun gerçekleşme ihtimalini bildiğinin varsayılarak oluşturulmuş karar problemi olarak açıklanmaktadır.

4.3.3. Belirsizlik Ortamında Karar Verme

Meydana gelebilecek olayların olma ihtimallerinin tespit edilemediği durumlarda, karar sorunları “belirsizlik altında karar verme” sorunları olarak açıklanmaktadır. Belirsizlik durumunda karar vericilerin neticelere verecekleri ihtimal değerleri bulunmaz. Söz konusu sorun için geçmişe dair tecrübe ve kayıt bulunmadığından hiçbir ihtimal hesabı da yapılamaz. Dolayısıyla belirsizlik içinde karar kıstaslarında olabilecek durumların ihtimalleri bilinmez, fakat hareket şekillerin neticeleri tahmin edilebilmektedir. Bu ölçüt, karar vericilerin psikolojik yapısıyla beraber değer yargısını da göstermektedir. Bunun yanı sıra belirsizlikte karar almaya dair modeller de geliştirilmiştir (Rençber, 2012):

Laplace Kriteri (Eş Olasılıklar Karar Kriteri): Bu yaklaşıma göre bütün olayların meydana gelme ihtimalinin birbirlerine eşit olduğu kabul edilmektedir (Starr, 1971). Bu kıstasa göre karar almada, mümkün olan her durumun gerçekleşmesine dair ihtimaller, yetersiz neden ilkesine göre hesaplanmaktadır. Bu ilkeye göre; olasılık dâhilindeki bir durumun gerçekleşmesi bir nedenin olmaması, daha açıkçası bir ihtimalinin, öteki olasılıkların gerçekleşmesi ihtimalinden çok olmaması halinde bu, bütün alternatiflerin eşitliğini göstermektedir. Meydana gelebilecek her duruma eşit olasılık verilir ve problem risk ortamında karar alma yöntemiyle çözülür.

Maximin Kriteri (Kötümserlik Karar Kriteri): Kötümserlik; karar kriterlerinde alternatiflerin hepsi için en kötü olayların gerçekleşeceğinin varsayılmasıdır (Savaşkan, 2020). Buna göre; karar vericiler, en kötü neticeler içerisinde en iyi kazancı seçerek karar vermektedirler.

Maximax Kriteri (İyimserlik Karar Kriteri): Karar vericiler “maximas kriteri” nde iyimserdirler. Tercih edilen stratejide en iyi neticeyi verecek olay beklenmektedir (Hammond ve diğ., 1998).

Pişmanlık ve Minimax Pişmanlık Kriteri: Bu kriter, alınacak kararın sonuç değerini esas almaz, aksine fırsat ya da pişmanlık maliyetini temel alır (Lezki, 2014). Seçeneklerin her biri açısından en kötü olayın gerçekleşeceği yaklaşımıyla, minimum pişmanlığın duyulacağı seçeneğin tercih edilmesi önerilmektedir.

Hurwicz Kriteri: Bu kriter, alternatifler içinden sadece en kötüyle en iyi olayın göz önünde bulundurulması gerektiğini anlatmaktadır (Kıral, 2015). Aynı zamanda en kötüyle en iyi değere bir ağırlık unsuru ve önem derecesinin verilmesi söz konusudur. Bir başka deyişle, en kötü ve en iyi neticelere olasılık verilir. Bu iki olasılığın toplamı 1'dir. Buna göre "A iyimserlik olasılığı ise $(1-\alpha)$ kötümserlik ihtimali"dir. Her alternatifin en iyi sonucu α , en kötü sonucu $(1-\alpha)$ ile çarpılarak elde edilen neticeler toplanmaktadır. Bu şekilde alternatiflerin beklenen değerleri bulunmaktadır. Sonrasında sorun, "risk altında karar verme" problemi olarak incelenmektedir.

4.3.4. Kısmi Bilgi Halinde Karar Verme

Kısmi bilgi halinde karar vermede; olayların meydana gelme ihtimallerinin sadece dağılımı ve standart ölçütlerinden bazıları bilinmektedir. İhtimal dağılımının "normal, poisson, binomial" gibi şeklinin bilindiği durumlarda ve dağılım parametreleriyle karakteristiklerine dair bilgiler mevcutsa (örneğin; mod, medyan ve ortalama gibi), karar sorunu yalnızca "kısmi bilgilerle karar verme"yi gerektirmektedir.

Oyun teorisinde karar sürecinde öncelikle en az iki kişi veya grup taraf olmak durumundadır ve rekabet şartlarının hâkim olduğu bir süreç söz konusudur. Taraflar, söz konusu seçeneklerden çıkarına en uygunu olanını tercih etmelidir (Karakoyunlu, 1973).

Rekabetle ilişkili sorunlar gruplarda düşünülmektedir. Günümüz koşullarında bireylerde işletmelere, yerel bir kurumdan küresel bir kuruluşa değin her seviyedeki karar verme süreci stratejik düşünme şekline dönüşmüş haldedir. Karar verici bölümler, en iyi neticelere ulaşma amacıyla rakiplerin davranışlarını yakından izleyerek, daha fazla bilginin toplanmasını sağlar ve bu bilgi birikimiyle karar verirler. Bu tür karar sürecinin bilimsel değerlendirilmesi ise "oyun teorsî"nin alanındadır (Rençber, 2012).

Ekonomik sorunların çözülmesinde de oyun teorsî kullanılan bir yaklaşım türüdür. Özellikle rekabet içeren şartlarda en doğru kararların verilmesi için, oyun teorsî başarıyla uygulanan bir konumdur. Günümüzde ekonomiyle, politikayla ve askeriyeyle ilgili karar verme sürecinde ve karşılaşılan sorunların çözülmesinde oyun teorsî sıklıkla kullanılmaktadır.

4.4. KARAR VERMEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kararlar kim veya kimler tarafından ve hangi kişiler yahut kurumlar için verilir ise verilsin bazı unsurlarla ilişkilidir. Bu çalışmada da karar almayı etkilemekte olan faktörler aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir.

İyi Karar Verememe Endişesi: Bir karar verici içinde bulunduğu imkânlar ölçüsünde, tutarlı ve iyi karar almak istemektedir (Emhan, 2007). Bu da karar verici üzerindeki baskıyı artırmakta ve “iyi karar verememe endişesine” sebep olabilmektedir. Bu türden baskıların ve endişelerin karar vericiyi etkileme düzeyi, kararların niteliklerini de etkileyebilecektir. Psikolojik anlamda karar vermek; zihinsel ve iradi çabaları gerektirmektedir (Dağdemir ve Güngör, 2004). Bir karar ne düzeyde basit ya da çapraşık olursa gösterilen çabalar da buna göre değişmekte ve karar verici için bu gayretler daima göze alınmayacak nitelik ve niceliklere de sahip olmayı mecbur kılmaktadır.

Karar Verme Ortamı: Bir karar verici doğru kararları verebilme adına hem iç çevredeki hem de dış çevredeki olaylarla gelişmelere dikkat etmek durumundadır. İç çevre; fiziksel unsurlar ve bu unsurlarla beraber örgütün yapısı, örgütün karar vermedeki davranışları, karar vericiler ile iş görenler arasındaki etkileşim oluşturmaktadır. Dış çevre ise; toplum, devlet, ulus ve dünyanın sosyal, siyasal, ekonomik ve kültürel yapıları oluşturmaktadır (Savaşkan, 2020).

Zaman: Bir karar verici, en uygun ve en doğru seçimleri yapabilme adına, alternatiflerin tamamını değerlendirmek ve bu değerlendirme sürecini sağlıklı bir biçimde yürütecek gereken zamanının olmasını istemektedir (Çelikten ve diğ., 2019). Fakat kararlar genellikle kısıtlı zamanlarda alınmaktadır. Bu da bütün alternatiflerin değerlendirilememesi veya tam manasıyla kontrol edilememesine yol açmaktadır. Böylece zaman sorunu kararların niteliklerini de etkileyebilmektedir.

Kararın Getirdiği Risk: Karar verilmesini etkileyen unsurlardan birisi de yanlış alınacak kararların meydana getireceği zararın düzeyidir (Yeşilyurt ve diğ., 2019). Bu, kararların getirmiş olduğu riskler olarak ifade edilmektedir. Bir karar verici, karar sürecinde bilinçsizce veya bilinçli olarak bu riskleri göz önünde bulundurmaktadır. Mevcut risklerin firmanın katlanacağı düzeyde olup olmayacağı da kararın verilmesini etkiler.

Psikolojik Faktörler: Karar alma faaliyetleri aslında bir düşünme sürecidir ve bu süreci etkilemekte olan pek çok psikolojik öge bulunur. Psikolojik faktör olarak ifade edilen bu

unsurlardan kimileri karar vericilerin değerlendirme yeteneklerini etkiler ve kimi ön yargıları ortaya çıkarır. Psikolojik unsurlarda birincisi; karar vericilerin fikirlerini etkilemekte olan ve karar vericinin bulunduğu toplumsal ortamlardır. Karar vericilerin ait oldukları uluslar, sosyal sınıflar veya bulundukları organizasyonlar kararlarını etkiler. İkinci bir unsur; karar vericilerin bulundukları organizasyonların normlarının haricinde, benzer saygınlığa sahip organizasyon veya grupların bilgilerinden ve değerlerinden de etkilenebilmesidir. Üçüncü psikolojik faktör de ikilemli düşünme biçimidir. Kararların verilmesinde değerlendirme becerisini etkileyen önyargılardan birisi ise kişilerin çoğunlukla gördükleri, elle tutabildikleri yakınlarındaki cisimleri ve problemleri uzaktakilere kıyasla daha net algılayabilmeleridir (Mondy ve Premeaux, 1995).

Karar Vericinin Özellikleri: Karar vericilerin bireysel özellikleri, tecrübeleri, sahip oldukları önyargılar ve kabiliyetleri karar almadaki süreci etkilemekte olan mühim unsurlardır (Evren ve Ülengin, 1992b). Örneğin; karar vericilerin fırsatçı bir yapısı olması karar alma safhasında bireysel çıkarını organizasyonun çıkarından öne çıkarmasına neden olabilecektir. Karar vericilerin yeniliklere açık olması veya tutucu yapısı veya yaratıcı olması kararlarını verirken alabileceği risklerin sınırını belirlemektedir; bu da kararın kendisini etkilemektedir. Bunun yanı sıra; tecrübeler, olayları kavrayabilme becerisi de kararların kalitesini etkileyecek faktörler arasındadır.

Eldeki Bilginin Miktarı ve Çeşidi: Karar alınacak konulara dair istenen kalitede ve yeterli düzeyde bilginin olması, tüm karar vericiler açısından tercih edilmektedir, ancak yine de karar aşamasında eldeki bilgiler ve çeşitleri genellikle yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda da alınacak kararları daha da riskli bir konuma getirmektedir (Savaşkan, 2020).

Önceki Kararlar: Kararlar çoğunlukla birbirlerinin ardı sıra verilmektedir ve önceden alınmış kararlar sonradan alınacak kararları etkilemektedir. Bu bağlamda kimi kararlar önceden üzerinde çalışılmış ve bir neticeye bağlanmış kararlar dikkatte alınarak verilir (Savaşkan, 2020).

Yazılı Kurallar: İşletmelerin bazılarında farklı durumlarda uygulanması için önceden hazırlanmış yazılı kurallarla prosedürler bulunmaktadır. Bu durumlarda karar vericiler, karar alırken bu yazılı kurallar ile sınırlandırılır.

Karar alma biçimleri ya da karar verilmesi gereken biçimleri analizleri, insanlık tarihi kadar eski olduğunu söyleyebiliriz. Yazında karşımıza çıkan bu çözümlemelerin tamamı için özenle yapılmış bilimsel yaklaşım olduğundan bahsedemeyiz. Dolayısıyla “karar verme” kavramıyla

ilgili çalışmalar devamlı şekilde artmaktadır. Bununla birlikte, rasyonel hayatta karar alınma için en iyi karar alma yönteminin geliştirilebilmesi, ulaşılabilmesi zor bir hedef olarak ifade edilmektedir (Triantaphyllou, 2000).

Karar vermek daha önceden ifade edildiği gibi bir süreçtir ve bu süreçte söz konusu bütün seçenekler içinden hedef ya da hedeflere en uygun olan bir yahut birkaç tanesini seçmektir. İnsan hayatının başlaması ile beraber ortaya çıkan bu kavram, insanın tüm ömründe çok farklı biçimlerde ve ortamlarda devam etmektedir (Evren ve Ülengin, 1992).

İnsan olmak, bir anlamda “karar verici” olmaktır. Kararlarımızı kendimiz verebilme özgürlüğüne sahip olmasaydı, yaşamın değeri azalacaktır. Günümüzde “karar verme” sürecinde faaliyetlerle işlenmektedir. Örneğin; psikolojik karar verme yardımları, “çok kriterli karar dersleri” ve bunlara uyumlu yazılımlar, kitapların sayıları çoğalmaktadır (Saaty, 1996).

Rasyonel yaşamda ve yazında “karar verme”yi ve sorun çözmeyi aynı eylem şeklinde görmek eğilimine rastlanmaktadır. Karar verme ve problem çözme aynı şeyler değildir. Karar vermek, genellikle sorunların olmadığı durumlarda verilebilirler ve başarıyla yürütülebilirler. Aynı zamanda, sorunlar kararların olmadığı durumlarda tanımlanabilirler ve çözülebilirler (Harrison, 1995).

Her şeyden önce karar vermek bir süreçtir. Bu süreçte bütün alternatiflerin, faaliyetlerin, seçeneklerin, olasılıkların, stratejilerin arasından hedeflere en uygun olanı seçilmektedir. Karar verme sürecinde ana husus insandır. Dolayısıyla, sorun sadece neden-sonuç olmaktan uzaktır. Bu bağlamda kararlar, karar vericilerin ruhsal, fiziksel, sosyolojik, ekonomik, kültürel vb. özellikleriyle de ilgilidir. Aynı zamanda geçmiş dönemin analiziyle, gelecek projeksiyonuyla “karar verme” yapıldığında zamana bağımlılıktan söz edilebilir. Kararlar, karar vericilerin içinde bulundukları psikolojiye, bireysel isteklerine ve statülerine, çevresel etkenlere, elindeki imkânlarla, özellikle bulunan teknik bilgilere ve firmanın kararları söz konusu olunca da mali kaynağa, teknolojik olanaklara ve buna benzer çok sayıdaki etkene bağlıdır.

Belirlenmiş bir hedefe ulaşabilme adına, ileri dönük bir hamle şeklinde de ifade edilebilecek karar verme sorunu, karmaşık bir yapıdır. Bu yapıdaki kısıtların tahmin edilmesinde, aynı zamanda en az maliyeti, belirlenen hedefe maksimum seviyede ulaşabilmeyi amaçlayan bir yol seçebilmek, karar vermenin bilimsel bir kavram olarak ele alınmasını ve bu hususta başvurulacak birtakım metotların geliştirilmesini sağlamıştır.

Karar vermedeki süreç aşağıdaki eylemleri kapsamaktadır (Savaşkan, 2020):

- ✓ Planlama,
- ✓ Seçeneklere ait kümelerin oluşturulması,
- ✓ Önceliklerin tespit edilmesi,
- ✓ İzlenecek en iyi yolun seçilmesi,
- ✓ Kaynakların tahsis edilmesi,
- ✓ İhtiyaçların tanımlanması,
- ✓ Sonuçların tahmin edilmesi,
- ✓ Sistemin dizayn edilmesi,
- ✓ Performansın ölçülmesi,
- ✓ Sistemin güvence altına alınması,
- ✓ Sorunun çözümü ve optimum neticenin bulunması,
- ✓ Farklılıkların tekrar çözülmesi.

Gündelik hayatta her insan “karar verme” durumuyla karşı karşıyadır. Kararlarımızın bir bölümü çok basitken, bazıları da üzerinde önemle düşünmemizi ve dikkatle incelememizi gerektirir. Bir iş teklifinin değerlendirilmesi, bir araba ya da evin satın alınması gibi mühim konularla ilgili kararların verilmesinde ortaya çıkacak sonuçları özenle gözden geçirme isteğimiz doğaldır. Genellikle bu türlü gelişmelerde izlemiş olduğumuz yol ve eylemlerimiz, kararlarımızın sonucunda beklenen yararlar doğrultusunda olacaktır. Bazı durumlarda da verilen karar yalnızca kişiyi değil yakın çevresini de etkileyecek neticeler doğurabilir. İşletmelerdeki karar vericiler, bu son grup içindedir ve aldıkları kararlar hem çalışanların hem işletmenin hem de ortakları mevcutsa onların geleceğini etkileyebilecektir (Evren ve Ülengin, 1992).

4.5. KARAR VERME TÜRLERİ

Karar vermek çeşitli unsurlara göre sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada karar verme türleri; ölçüt sayısına, karar vericilere ve bilginin niteliklerine göre ele alınmıştır.

4.5.1. Ölçüt Sayısına Göre Karar Verme Türleri

Karar vermek; göz önünde bulundurulmuş ölçüt sayısına göre ikiye ayrılmaktadır (Daft, 1991):

- Değerlendirmenin bir ölçüte göre yapıldığı tek bir ölçüt ile karar vermek
- Değerlendirmenin bir ya da birden çok ölçüte göre yapıldığı çok ölçütlü karar vermek

Tek ölçütlü karar verme: Karar vericinin tek bir kıstasa göre kararlar aldığı durumdur. Söz konusu tüm alternatifler tek bir ölçüt doğrultusunda değerlendirilir. Tek ölçüt kullanılarak yapılan karar almaya örneklerden biri “doğrusal programlama”dır.

Çok ölçütlü karar verme: Çok ölçütlü karar vermede, birden fazla sayıda ve birbiriyle rekabet eden ölçütlerde, alternatiflerin zarar ve yararlarının değerlendirilerek, en doğru tercihin seçilerek kararın verildiği yöntemdir. Bu yöntemde karar sürecini desteklemek ve rekabet içindeki çoklu ölçütlere göre oluşmuş seçeneklerden bir veya birden çok tercihin seçilmesi ya da derecelendirilmesi işleminde kullanılır. Çok ölçütlü karar vermeye örnek olarak; “TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality), AAS (Analytical Network Process)” metotları en sık kullanılmakta olan yaklaşımlardır (Demireli, 2010).

4.5.2. Karar Vericiler Açısından Karar Verme Türleri

Karar vericilere göre karar verme türleri de iki şekilde incelenmektedir (Lezki, 2014). İlki; kararları bir kişinin verdiği durumlardaki karar kişisel karardır. İkincisi; birden çok karar verici biraraya gelip birlikte karar aldığı durumlardaki karar grup karardır.

Bireysel karar verme: Bu karar alma türünde, kararlar bir kişi tarafından verilmektedir. Burada karar verici, söz konusu alternatifler içinden birini tercih etmektedir. Bireysel karar vermede, grup kararına nazaran daha hızlı karar alınabilmektedir ve yanlış kararlar fark edilirse karar

hızlıca düzeltilebilmektedir (Çelikten ve diğ., 2019). Fakat bireysel karar vermede seçeneklerin sayısı sınırlıdır ve yaratıcı fikirler de kısıtlı üretilmektedir.

Grup karar verme: Grup; ortak bir amacı olan, özdeşliğin ve sınırların bilincinde, karşılıklı olarak ilişkilerin düzenlendiği ortak değerlerin ve normların bulunduğu topluluktur. Grup kararları, karar sürecinde birden fazla insanın katılımını ve başka bireysel seçimlerin bir tek seçim haline dönüşmesini anlatmaktadır (Hammond ve diğ., 1998). Grup kararı, çoğunlukla fikirlerde birlik sağlanarak ya da farklı oylama metotlarıyla alınmaktadır. Gruplarda, seçeneklerin analizi için yeteri düzeyde bilgi sağlanabilmektedir. Karar vericinin kararında, bireysel deneyimlerin, öğrenme biçimlerinin ve psikolojik durumunun etkisi söz konusudur ve karar vericilerin seçimleri birbirine oranla büyük farklar gösterebilmektedir. Dolayısıyla karar vericilerin, karar problemlerinde, seçeneklerin her biri için karşılaştırmada seçimlerinde farklı temsil şekilleri kullanılmaktadır. Karar problemlerinde, karar vericilerin kullandığı farklı ve belirli seçme biçimi bulunmaktadır. Örneğin; seçenekler arasında tercihlerin sıralanması, fayda fonksiyonu, bulanık seçim ilişkisi ve çarpımsal tercih ilişkisidir (Saaty, 1980).

Karar verme problemlerinde genellikle şu hususlar dikkate alınmaktadır (Rençber, 2012):

- ✓ Alınan kararlar zaman baskısı altındadır ve bilgiler çoğunlukla eksiktir.
- ✓ Karar vericinin dikkati ve bilgi işleme kapasitesi sınırlıdır.
- ✓ Karar problemleri bölgelerindeki deneyimler, karar vericiden karar vericiye değişiklik göstermektedir.

Yukarıda ifade edilen unsurlardan dolayı; belli seçme şekillerinden çok karar vericilerin karar vermedeki bilgileri, klasik sözel tercih ilişkileri ve belirsiz sözel tercih ilişkileri gibi hususların kullanılması daha gerçekçi bir yaklaşım olarak görülmektedir.

Grup kararlarında birtakım avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır. Avantajları şu şekilde sıralanabilir (Harrison, 1999):

- ✓ Birden çok karar seçeneği üretilmektedir.
- ✓ Kimi karar seçeneklerine dair karar vericilerin yanlış eğilimi en aza indirgenebilir.
- ✓ Verilen kararın benimsenmesini kolaylaştırmaktadır.
- ✓ Karar verirken seçenekler daha ayrıntılı değerlendirilebilir.
- ✓ Karara katılım ortamı yaratarak, kararla bağlantılı insanların da katılımı sağlanabilir.
- ✓ Kişisel değil, organizasyona yarar getiren neticelere ulaşılmaktadır.

- ✓ Problemin tanımlanmasında ve analizinde geniş bir perspektif sağlar.
- ✓ Seçeneklerin neticelerine dair belirsizlikler azaltılabilmektedir.
- ✓ Katılımcı bir sistem, grup üyelerinin iş doyumuna imkân sağlar.

Grupla birlikte karar vermenin dezavantajları da şöyle sıralanmaktadır (Harrison, 1999):

- ✓ Karar verme sürecinin zamanı uzayabilir.
- ✓ Kararlarda oybirliğinin sağlanması güç olabilir.
- ✓ Karar sürecinde, grup üyelerinin arasında küçük gruplaşmalar olabilir.
- ✓ Grup üyelerinin bilgi düzeylerinde ve problemlere dair yaklaşımında farklılıklar olabilmektedir. Dolayısıyla üyelerden her biri sorunu farklı açıdan değerlendirebilir.

Yukarıdaki ifadelerden de anlaşılacağı üzere karar verme türlerinin her birinde avantajlar ve dezavantajlar söz konusudur. Dolayısıyla herhangi bir karar alma sürecinde karar probleminin kendisi de hangi yöntemin ya da hangi karar türünün uygulanacağına etkili olabilir.

4.5.3. Organizasyon Hiyerarşisi Açısından Karar Verme Türleri

Organizasyonların hiyerarşileri bakımından karar verme aşağıdaki gibi üç biçimde sınıflandırılmaktadır (Çelikten, 2019):

Stratejik Kararlar: Geleceğe yönelik olurlar. Stratejik kararlardaki belirsizlik yüksek düzeydedir. Bu karar verme biçimi; organizasyonların hedeflerinin belirlenmesiyle, bu hedeflere ulaşabilmek adına uzun dönemli planlama yapılması hususlarını kapsamaktadır. Örnek olarak; fabrikanın yerleşimi, sermaye kaynağı ve üretimi yapılacak ürün seçimi gibi kararlar stratejik karar olarak nitelendirilebilir.

Taktik Kararlar: Stratejik düzeyde alınmış bir kararın uygulanmasını, kaynakların etkili ve verimli şekilde kazanılıp, kullanılmasını içermektedir. Organizasyonun hedeflerine ulaşmak amacıyla yeterli kaynağın tahsis edilebilmesini ifade eder. Örnek olarak; tesisin yerleşimini, bütçe tahsisini, üretimdeki çizelgelemeyi vb. kapsar.

Operasyonel Kararlar: Taktik kararlarının uygulanabilmesi adına gereken görevlerin etkili ve verimli bir biçimde yapılmasını içermektedir. Örnek olarak; stok siparişlerinin zamanlaması,

stok miktarının tespit edilmesi, görev dağılımı verilebilir. Taktik seviyele operasyonel seviyenin arasındaki fark; taktik düzey çoğunlukla kişiler ile operasyonel düzey ise görevler ile ilgilidir.

Yukarıdaki bilgilere ek olarak organizasyon faaliyetleri açısından karar verme sürecine bakıldığında temelde dörde ayrıldığını görebiliriz. Bunlar:

- ✓ Araştırma-Geliştirme,
- ✓ Hizmet,
- ✓ Personel,
- ✓ Finansman kararlarıdır.

Buna göre yukarıdaki başlıklar da organizasyon hiyerarşine göre karar türünün kapsamında olduğunu ifade edebiliriz.

4.5.4. Uygulama Süreleri Açısından Karar Verme Türleri

Karar verme türleri uygulanma süresi bakımından üç başlıkta incelenmektedir. Bunlar aşağıda incelenmiştir:

Uzun Dönemli Kararlar: Çoğunlukla 5 yılı geçen uygulama süresi olan kararlardır.

Orta dönemli kararlar: Uygulama süresinin 1 ile 5 yıl arasında bir zamanı kapsayan kararlardır ve yeni yatırımlarla ilgili kararlar, teknik bir ifadeyle taktik kararlar bu tür kararlar kapsamındadır.

Kısa dönemli kararlar: Uygulanma süresi olarak 1 yılı aşmayacak nitelikte kararları içermektedir.

5. MALZEME VE YÖNTEM

5.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

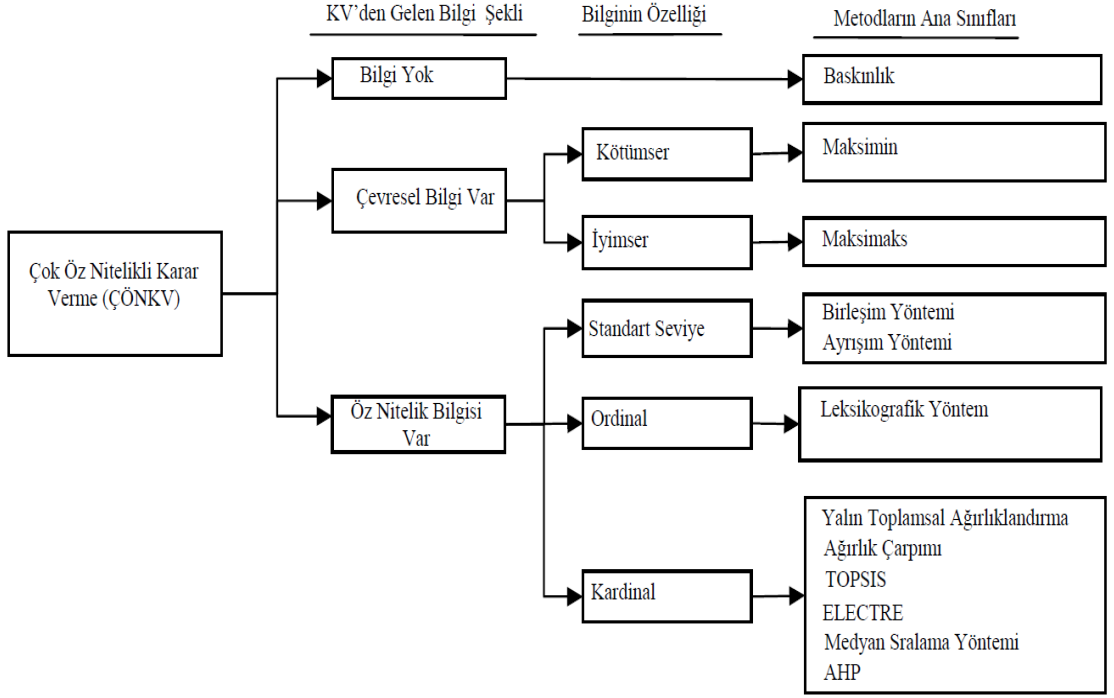
Çok kriterli karar verme yöntemlerinde; karar probleminin çözülmesi amacıyla birçok metot kullanılır (Saaty, 2000).

Her yöntemin kendine özgü bazı özellikleri bulunmaktadır. Sınıflandırma yöntemlerinden birisi kullanılmakta olan verilerin cinsine, yani belirgin, stokastik ya da bulanık veri cinsine göre yapılmaktadır (Lezki, 2014). Başka bir sınıflandırma biçimi ise karar almada karar vericilerin sayısına göre, yani tek karar verici mi yoksa grup karar vericileri mi olduğuna göre yapılır (Chen ve Hwang, 1992)

Çok kriterli karar verme yöntemi; karar vericilerden alınan bilgilerin türüne ve dikkat çekici özelliklerine göre şu şekilde sınıflandırılmıştır (Yoon ve Hwang, 1995):

1. Baskınlık,
2. Maksimin,
3. Maksimaks,
4. Birleşim yöntemi,
5. Ayrışım Yöntemi,
6. Leksikografik Yöntem,
7. Görünüme Göre Eleme Yöntemi,
8. Basit Eklenen Ağırlıklandırma Yöntemi,
9. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi,
10. TOPSIS Yöntemi,
11. ELECTRE Yöntemi,
12. Orta Değer Sıralama Yöntemi,
13. AHP Yöntemi.

Hwang ve Yoon (1981), karar vericilerden sağlanan bazı bilgilerin özellikleriyle tiplerine göre çok kriterli karar verme yöntemlerini 17 gruba ayırmıştır. Devam eden çalışmalarda bu sayı 13'e düşürülmüştür. 13'e ayrılan yöntemlerin sınıflandırılması ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Çok kriterli karar verme yöntemleri için bir sınıflandırma (Yoon ve Hwang, 1995).

Çok kriterli karar verme yöntemleri, farklı kriterle tanımlanan ve birbiriyle çatışma durumundaki seçenekler içinden en uygun olanı seçme gayesini taşır. Bu yöntemler konusunda yapılan ilk araştırma MacCrimmon'a (1968) aittir. İlerleyen süreçte farklı alanlarda çalışan araştırmacılar bu metotlar geliştirilmeye devam etmiştir (Triantaphyllou, 2000).

Yukarıdaki sınıflandırmaya bakıldığında; yöntemler ilk aşamada bilgi türlerine göre gruplara ayrılmıştır. Elde mevcut bilgi bulunmuyorsa, “baskınlık” yöntemi uygulanmaktadır. Eğer ortamlara dair kötümser ya da iyimser bilgiler iletirse, “maximin” ya da “maximax” yöntemleri uygulanmaktadır. Ayrıca kriterlere dair bilgiler verilir ise alt grupların özellikleri ve yöntemlerinin gruplaması yapılmaktadır. Bunlar ise kriterlerin her biri için standart, yani kabul edilebilir en az düzey ya da kriter ağırlıklarıyla alakalı “ordinal” ya da “kardinal” kıstaslardır (Yoon ve Hwang, 1995).

5.1.1. Baskınlık (Dominans) Metodu

Baskınlık bir örnekle şu şekilde açıklanabilir; örneğin bir araba tasarımı yapılırken, arabanın hareket yeteneğini artırma amacıyla yolcu bölümü küçültme işlemi yolcuların konforunu azaltabilir. Dolayısıyla hareket yeteneği arttırılmış arabaların konforu azalır. Yolcu bölümü geniş olan arabaların hareket kabiliyeti düşük olsa da konforu yüksektir ve bu tip arabaların tamamı alıcı bulmaktadırlar, çünkü bu arabalar minimum düzeyde bir kriterde ötekilerine göre üstünlüğe sahiptir. Başka bir deyişle, birbirine karşın baskı olduklarını söyleyebiliriz.

Bir seçenek, eğer diğer alternatifi bir ya da daha çok kritere göre geçerse ve kalan kriterler eşitse bu, baskın olmayan seçenektir. Aksi takdirde, bir seçenek eğer bütün kriterlere göre karşısındaki seçenek tarafından geçilemiyorsa, ilk seçenek baskındır diyebiliriz. Baskın seçenekler, ikili karşılaştırma yapılarak belirlenmektedir. Öncelikle, iki seçenek karşılaştırılmakta ve baskın olmayan seçenek gruptan çıkarılmaktadır. Kalan seçenek, üçüncü seçenekle karşılaştırılmaktadır ve yine baskın olmayan seçenek çıkarılmaktadır. Bu biçimde ilerleyerek ikili karşılaştırma işlemi tamamlanmaktadır.

5.1.2. Maksimin Metodu

Kriterler içinden en az değerlerin maksimumunu tercih etme işlemine maksimin ya da kötünün iyisi olarak açıklanmaktadır (Ersöz ve Kabak, 2010). Her bir seçeneğin en olumsuz kriteri tanımlanır ve en kötü kriter oranları arasındaki en iyi değerleri olan seçeneğin tercih işleminde kullanılmaktadır. Bir örnekle açıklamak gerekirse, bir zincir en zayıf halkası kadar güçlüdür. Bir seçeneğin toplamdaki performansı; seçeneğin en zayıf kriteriyle ifade edilmektedir. Böyle durumlarda, karar vericiler hangi kriterlerin toplamdaki performansı belirlediğine dair bilgileri yoksa kötümser davranışlar sergileyebilir ve kötünün iyisini tercih etmeye çalışırlar. Maksimin yönteminin karamsarlık kısmı bu metodun en güçsüz tarafıdır.

5.1.3. Maksimaks Metodu

Maksimaks yöntemi, en iyi ölçütteki oranlar arasında en iyi değerleri olan seçeneğin tercih edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Haliloğlu ve Odabaş, 2018). Burada maksimin metodunun tersine, yani güçsüz kriter yerine maksimaksda iyi seçenekler içinden en iyisi seçilmektedir. Maksimaks metodunda yalnızca bir kriter, bir seçeneği temsil etmektedir ve öteki kriterlerin

ihmal edilme durumu söz konusudur. Dolayısıyla bu metotta kriterlerin içinde karşılaştırmanın yapılması gerekir. Bunun için de ilk aşamada her seçenek için en iyi kriterin belirlenmesi sağlanır ve ardından belirlenmiş olan en iyi kriterlerin arasından maksimum değer seçilmektedir.

5.1.4. Birleştiren (Conjunctive) Metodu

Birleştiren yöntemi; karar vericilerin belirledikleri ve kriterlerin her biri için karşılanmasını istedikleri en az değerlerin tamamını karşılayan seçenekleri kabul edilebilir, ötekilerini de kabul edilemez olarak tanımlamakta ve böylece seçenekleri ikiye ayıran bir metot olarak açıklanmaktadır (Ersöz ve Kabak, 2010).

Karar vericiler, kriterlerin her birisi için kabul edilebilecek minimum kriterin değerini belirlemektedir. Belirlenmiş olan bu en az değer, seçeneklerin elenmesinde kullanılmaktadır. Eğer söz konusu değer çok yüksekse, tüm seçenekler elenebilir, eğer değer yüksek değil ise bazı seçenekler elenmez ve kalırlar (Emhan, 2007). Böylece belirlenen minimum standartlar artırılarak seçeneklerin sayısı azaltılmakta ve netice bir seçeneğe ulaşılmaktadır. En az değeri geçen seçenekler kabul edilebilecek seçeneklerdir.

5.1.5. Ayıran (Disjunctive) Metodu

Bu metotta, karar vericilerin belirlemiş olduğu ve kriterlerin her birinin karşılanmasını istedikleri alt seviyelerin minimum birisini karşılayan seçenek kabul edilebilir, öteki seçeneklerse kabul edilemez olarak tanımlanmakta ve seçenekler kümesi ikiye bölünmektedir (Figueira ve diğ., 2004).

Ayıran yönteminde de, karar vericilerin kabul edilebilir en az değeri belirlemeleri gerekir. Bir seçenek, bir ya da daha çok kriterler bakımından en az değeri ararsa “kabul edilebilir” sayılmaktadır. Eğer bir seçenek, kriterlerin herhangi birisi için iyiye tercih işlemi yapılmaktadır. Bu metotta yalnızca bir standardın geçilebilmesi yeterli olacaktır. Bu da standartların çok yüksek belirlenemediği sürece neredeyse seçeneklerin tamamının standartları geçilebileceği düşünülebilir. Seçeneklerden hiçbirisi belirlenen hiçbir standardı geçemezse, karar vericiler bir ya da birkaç kabul edilebilir değeri düşürebilir ve değerlendirmeyi yeniden yapmalıdır.

5.1.6. Ardışık Sırasal (Lexicographic) Metodu

Seçenekler en mühim kriter açısından karşılaştırılmaktadırlar (Ersöz ve Kabak, 2010). Bir seçenek, öteki seçeneklerin herhangi birisinde daha yüksek bir kriter değeri alır ise, o seçenek seçilmekte ve karar süreci tamamlanmaktadır. Eğer seçeneklerin kriter değeri birbirine eşit ise, seçenekler ikinci önem derecesindeki kriter doğrultusunda değerlendirilmektedir. Böylece karar süreci, bir seçeneğe ulaşmaya değin ya da tüm kriterler doğrultusunda değerlendirme yapılana kadar sürmektedir.

5.1.7. Özelliklerine Göre Eleme (Elimination by Aspects) Metodu

Özelliklerine göre eleme yönteminde, ardışık sıralamadaki gibi tek bir kriter doğrultusunda seçenekler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır (Haliloğlu ve Odabaş, 2018). Özelliklerine göre eleme metodunun, ardışık sıralama metodundan farkı ise kriterler önem sıralarına göre değil probalistik ayırım gücü doğrultusunda sıralanır. Bu metotta karar sürecini hızlandırabilme adına en çok seçeneği eleyebilecek kriter ilk başta kullanılmaktadır.

5.1.8. Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (SAW-Simple Additive Weighting) Metodu

Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi en fazla bilinen ve en yaygın uygulanma alanı bulunan “öz nitelikli karar” metodlarından biridir. Bu yöntemin temel özellikleri şöyledir (Hammond ve diğ., 1998):

- 1- Tüm kriterler birbirinden bağımsızdır.
- 2- Kriter ağırlıkları; her bir kriterin değer fonksiyonlarındaki birim değişikliklerinin bağlı değerleri ile orantılıdır.
- 3- Kriterlerin her birinin katkısının toplamı ile bir indeks oluşturulur.

Bu metotta, her bir kriterin katkısının toplanma işleminin yapılabilmesi için verilerin aynı birimlerinin olması gerekmektedir. Aksi takdirde “normalizasyon” işlemi yapılmaktadır. Bu metod için çoğunlukla “lineer” normalizasyonu kullanılmaktadır. Normalizasyonun ardında, seçeneklerin her birinin toplam puanı, o seçeneğin farklı kriterlerdeki normalize değerlerle ağırlıklarının çarpılarak elde edilen çarpım değerinin toplanmasıyla ortaya çıkar. Bu açıklamanın formülü şu şekildedir:

$$V(A_i) = V_i = \sum_{j=1}^n W_j V_j(X_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.1)$$

Burada; “ $V(A_i)$ ”, “ A_i ” seçeneğinin değer fonksiyonu, “ w_j ”, “ j ”inci kriterin ağırlığı, “ $v_j(x_{ij})$ ”, “ x_j ” kriterinin “ i ” seçeneğine göre değer fonksiyonudur.

“ A_i ” seçeneğinin toplam puanı, biçiminde ifade edilmektedir.

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (5.2)$$

Yukarıdaki formülde “ r_{ij} ”, “ x_{ij} ”nin karşılaştırılabilir (boyutsuz) değeri olarak karşımıza çıkar. Basit toplamli ağırlıklandırma yönteminde; kriterlerin her birinin toplamdaki puana katkısı ötekilerden bağımsızdır. Bu sebeple, karar vericilerin seçiminde, bir kriter değerinin hiçbir şekilde öteki kriterlerin değerlerinden etkilenmemesi üzerine gerçekleşir (Fishburn, 1976).

5.1.9. Ağırlıklı Çarpım (Weighted Product) Metodu

Ağırlıklı çarpım yönteminde, kriterler birbirleri ile çarpıldığından normalizasyon işlemine gerek duyulmaz (Nas, 2010). Yani basit toplamli ağırlıklandırma yönteminin tam aksidir, veriler arasındaki toplamının yapılabilmesi için normalizasyon yapmalıdır, anca ağırlıklı çarpımda buna gerek yoktur. Ağırlıklı çarpım yönteminin formülü şu şekildedir:

$$V(A_i) = V_i = \prod_{j=1}^n X_{ij}^{w_j}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (5.3)$$

Ağırlıklar ilişkileri olan kriterin üssü şeklinde ifade edilmektedir. Bu metodun kullanımında kimi kuralların göz önünde bulundurulması gerekir. Terimin üstel olması nedeniyle problemler ortaya çıkabilir. Dolayısıyla ağırlık değerinin 1’den büyük olması gereklidir. 1’den küçük değerler “ m ” gerekli herhangi bir sayı olmak üzere, “ 10^m ” ile çarpılıp, 1’den büyük hale getirilmektedir. Fayda kriterinin ağırlığı pozitifdir, maliyet kriterinin değeri ise negatiftir.

Ağırlıklı çarpım yönteminin en önemli özelliği, nicel değerlerden olmuştur karar matrisinde normalizasyon işlemi gerektirmemesidir. Bu metot; kolay ve anlaşılır bir yöntemdir.

5.1.10. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Metodu

AHP karmaşık kararlar problemlerinde, seçeneklere ve kriterlere önce göreceli değerler verilir, böylece yönetsel karar mekanizması çalıştırılarak karar verilir (Altinkaya, 2021). Bu yöntemde sayısallaştırılmış somut ya da soyut kriterler karşılaştırılıp ölçülür ve kriterlerin birbirine nazaran öncelikleri hesaplanarak önem sıraları belirlenir (Dae-Ho, 2001).

Analitik hiyerarşi prosesinde, karar vericinin ya da uzmanların bilgi ve tecrübelerine önem verilmesinin gerektiği savunulmaktadır. Bu yöntemde alınan karmaşık ve çok fonksiyonlu kararları etkileyebilecek kriterler kümesi ve söz konusu kriterlerin alınacak kararlarda göreceli öncelikleri uzmanların değerlendirmesiyle belirlenmektedir. Bu şekilde sistematik bir yaklaşım uygulanmakta ve sayısal performansların ölçümü sübjektif değerlendirmelerle birleştirilmekte ve sağlıklı sonuçlara ulaşılmaktadır (Yıldız, 2015).

Myers ve Alpert analitik hiyerarşi prosesini ilk kez 1968’de ileri sürmüşlerdir ve 1977’de de Saaty bu metotla ilgili bir model geliştirmiş ve karar problemlerinin çözülmesinde kullanılacak şekle getirmiştir.

Analitik hiyerarşi prosesi; karmaşık problemlerde sıklıkla kullanılmakta, karar verilme sürecinde objektif ve sübjektif unsurları birleştirebilme imkânı sunan kolayca anlaşılan ve güçlü, aynı zamanda pek çok kriterli bir tekniktir. Başka bir ifadeyle (Saaty, 2003) seçeneklerin ikili şekilde karşılaştırması neticesinde ulaşılan önceliklere dayanarak yapılan bir ölçüm yaklaşımıdır. Bu metotla karar probleminin mümkün olduğunca detaylı şekilde belirlenmesi ve ardından hiyerarşik olarak ifade edilen ve her birinin, bir sıra unsurdan oluşan katmanlar biçiminde irdelenmesi gerekmektedir (Alp ve Gündoğdu, 2012).

Analitik hiyerarşi prosesi, karar hiyerarşisi olduğu durumlarda kullanılarak, kararları etkileyen unsurlar bakımından karar noktaların yüzde dağılımını vermektedir. Böylece karar alınma ve tahmin yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu metotta karar hiyerarşileri üzerinden daha önce tanımlanmış karşılaştırma skalası kullanılmaktadır. Bu bağlamda hem kararı etkilemekte olan unsurlar hem de bu unsurlar bakımından karar noktasının değeri, birebir karşılaştırmaya dayanır. Neticede önemdeki farklılık, karar noktaları üzerindeki yüzde dağılımlarına dönüşür. Ayrıca bu metotta en üstte bir hedef ve bu hedefin altındaysa sırayla; kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşmuş bir hiyerarşik sistem bulunmaktadır (Saaty, 2003).

Analitik hiyerarşi prosesi; kolay bireysel sorunlardan, karışık ve hassas kararlar almayı gerektirecek pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu metodun başarısının nedeni; kolay ve güçlü bir uygulama modelinin olmasıdır. Bu yöntemde, bireyler nasıl karar almaları hususunda bir teknik kullanmaya zorunlu tutulmazlar, aksine kişilere karar alma mekanizmalarını tanıyabilme imkânı sağlanmakta ve böylece daha doğru karar almaları amacı güdülmektedir. Analitik hiyerarşi prosesinin teorik yapısı dört temel üzerinde kurulmuştur. Vargas'a (1990) göre:

1. **Karşılık Olma:** Eğer “i”inci kriterin, “j”inci kritere göre önem derecesi “x” ise, “j”inci kriterin “i”inci kritere göre önem derecesi “1/x” olacaktır. ($a_{ij}=x$ ise $a_{ji}=1/x$)
2. **Homojenlik:** Kararlar, tanımlanmış belirli bir ölçek doğrultusunda verilmektedir. İkili karşılaştırmada ise “a” ve “b” kriterinin diğerine nazaran sonsuz sayıda üstün olduğu kabul edilmemektedir.
3. **Bağımsızlık:** Kriterlerle, seçenekler kendi arasında birbirlerinden bağımsızdırlar.
4. **Beklentiler:** Hiyerarşik yapının, kararların hedeflerine uygun şekilde oluşturulması gerekmektedir.

Bir karar verici, seçeneklerinin her birinin, kriterlerin her birinde ne düzeyde başarılı olabileceğini değerlendirmektedir. İlk aşamada, kriterlerden her birinin kararın amacına ulaşabilmedeki göreceli önceliği belirlenmektedir. Bu bağlamda ilk değerlendirme ortaya çıkar ve buna göre bir sentez yapılarak alternatiflerin her birinin kararın amacına ulaşabilmedeki başarısı tespit edilir (Görgülü ve diğ.,2013) Burada hiçbir şekilde kesinleşmiş, yani belirli değerlendirmelerden irdeleme yapılmamaktadır. Değerlendirme işlemi göreceli oranlar üzerinden yapılmaktadır. Bu değerlendirme işlemi öznel ve nesnel olabilmektedir. Dolayısıyla AHP, birden fazla ölçütün gerekli olduğu karışık problem çözümlerinde kullanılmaktadır.

Bu metodta karar vericinin karmaşık problemini; temel amaç, ölçütler, alt ölçütler ve alternatiflerin aralarındaki ilişkilere dayalı hiyerarşik bir yapıda modellenir. Böylece, karmaşık problemi çok seviyeli bir hiyerarşik yapıya indirgenmesidir. Karar hiyerarşinde en tepede ana amaç yer alır. Altındaki kademeysse kararların niteliğini etkileyebilecek ölçütlerden oluşur. Ölçütlerin temel amacı etkileyecek özellikleri bulunuyorsa, hiyerarşi katmanına farklı kademeler de eklenebilir. Hiyerarşinin alttaki kademesinde de karar alternatifleri bulunmaktadır. Karar hiyerarşisi kurulurken kademelerin sayıları, karar probleminin karmaşıklığına ve ayrıntıların derecelerine bağlıdır (Gür ve diğ., 2017).

AHP'nin esas aldığı açık mantıksal analiz ile karar probleminin çözülmesinde 3 prensipten bahsedilmektedir (Saaty, 2003):

Hiyerarşinin oluşturulması prensibi: Bu ilk prensibe göre; kişiler fikirleri ve nesnelerin farkına varabilme, tanımlama ve gözlemleriyle ilişki kurabilme kabiliyetlerine sahiptirler (Altınkaya, 2021). İnsanın zihni bu yeteneklerle detaylı bilgiler için, karışık olguları kendi aralarında tutarlı parçalara ayırmak ve bu parçaların da hiyerarşik olarak parçacıklara bölmektedir. Parçacıklar 7 ile 9 arasında değişmektedir.

Önceliklerin tespit edilmesi prensibi: Bu prensibe göre; kişiler gözlemleyebildikleri nesneler arasında olan ilişkileri fark edebilmek, belli kriterlere göre aynı nesneler çiftini karşılaştırabilmek ve nesne çifti aralarında karşılaştırmalar yapma suretiyle birinin ötekine göre öncelik durum yoğunluğuyla eleyebilmek kabiliyetlerine sahiptirler (Demireli, 2010). Daha sonra adımda da ulaşılan yargıları, düş gücü ile AHP ya da yeni bir mantıksal yöntem ile sentezleme ve tüm sistemin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

Mantıksal tutarlılık prensibi: Üçüncü prensip gereği ise bireyler; nesnelerle fikirler arasında tutarlı ilişkiler kurmakta, böylece nesnelerin birbirleriyle ve ilişkileri arasında tutarlılık göstermeyi yapabilme yeteneğine sahiptir. Bu prensipte bahsedilen tutarlılık iki anlamdadır (Haliloğlu ve Odabaş, 2018). İlki benzeşen nesne ve fikirlerin ilgilerine ve homojenliğine göre gruplanmasıdır. Örneğin, üzümle, misket yuvarlaklık olarak manalı bir kriterdeyse aynı grup içinde yer alabilirler, fakat koku bir kriterse aynı grupta olamazlar. Tutarlılıkta ikinci anlamda; nesne ve fikirler arasında mevcut ilişkinin belli kriter üzerinde yoğunluğu birbirini mantıklı bir biçimde doğrulama üzerine kuruludur. Örneğin; tat bir kriterse şeker, çikolatadan 5 kat daha tatlıysa, çikolata da üzümünden 2 kat tatlıysa bu durumda şeker üzümünden 10 kat daha tatlıdır. Burada bir tutarsızlık söz konusudur ve kesin ölçüm yapılması mecburidir.

AHP, bu üç prensipten gerek nitelik gerekse niceliksel olarak faydalanmaktadır (Saaty, 1980). Ayrıca niteliksel açı problemlerinin tanımlanmasında, problemlerin hiyerarşilerinin oluşturulmasında kullanılırken, niceliksel açı da yargılamanın ve önceliklerin kısa şekilde açıklanmasında kullanılmaktadır. AHP, niteliksel ve niceliksel özelliklerin tamamlanması amacıyla tasarlanır ve daha iyi karar verilmesinde kullanılır. Bu tasarımla öncelikler belirlenmesinin ve seçimlerin yapılmasının gerektiği karışık durumlarda doğru kararların alınmasında niceliksel açının esas olduğu anlaşılmaktadır (Görgülü ve diğ.,2013).

AHP, karar analizlerinde, sayısallaştırma olanağı olan soyut ya da somut kriterlerin karşılaştırılıp ölçümünü ve kriterlerin birbirine nazaran önceliğini hesaplamakta ve böylece önem sırasını belirlemekte olan bir yaklaşımdır (Yıldız, 2015). Bu proses, karmaşık ve yapısal olmayan durumları ana parçalarına ayırarak, söz konusu parçaların veya değişkenlerin bir hiyerarşik düzene koyma ve değişkenlerin her biri için yapılan sübjektif değerlendirmeyi sayısal değere çevirmektedir. Bu şekilde değişkenlerin hangisinin sonuçları etkileyeceğini ve en yüksek önceliklerinin bulunduğunu sübjektif değerlendirme işlevlerini kapsamaktadır (Saaty, 2003).

AHP karar problemleri çözülürken aşağıda belirtilen adımlar takip edilmektedir:

- **Adım 1: Karar verme problemi tanımlanır ve hiyerarşik yapı oluşturulur.**

AHP’de ilk adım; karar vericilerin amaçlarına göre kriterlerle, alt kriterlerin belirlenerek hiyerarşik sistemin kurulduğu aşamadır (Yıldız, 2015). Başka bir ifadeyle bu adımda önce amaçlar belirlenmektedir ve amaçlara göre kriterlerin her biri ortaya konulmaktadır. Ardından kriterlerin her biri için seçenekler tespit edilir. Neticede karar açısından hiyerarşik yapı oluşturulur (Scholl ve diğ., 2005).

Bu metodta özellikle neticeyi etkileyebilecek unsurların sayılarının doğru şekilde belirlenebilmesi ve unsurların her birinin ayrıntılı tanımının yapılması; ikili karşılaştırmalarda tutarlı ve mantıklı bir neticeye ulaştıracaktır.

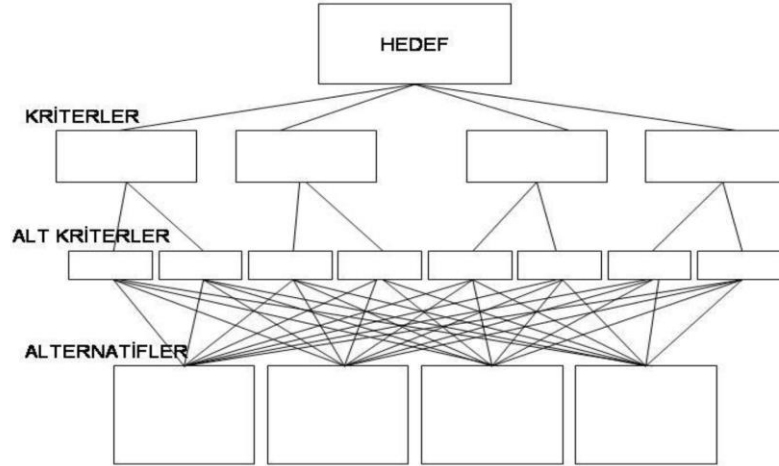
Aynı anlarda göz önünde bulundurulması gereken ve pek çok ortak özelliği olan çok sayıda varlığın bulunduğu sistemlerin incelenebilmesi, ancak bu sistemlerin alt sistemlere bölünmesiyle kolaylıkla yapılır (Yeşilyurt ve diğ., 2019). Hiyerarşi; farklı sayıda elemanın veya faktörün bulunduğu sıralı seviyelerden oluşan sistemdir. Bu sistem, tanımlanmış varlıkların belirli gruplara dâhil olanların, sadece bir grupta olanları etkilediği ve sadece tek grubun varlıklarından etkilendiği farklı kümelerle ayrılabilir teoremine dayanılarak oluşturulmaktadır.

Bu ilk adım, esas olarak karar alınma yöntemlerin her birinde kullanılan ilk safhadır. Hiyerarşik sistemin hazırlanmasından önce karar probleminin tanımlanması gerekir ve burada göz önünde bulundurulması gerekli unsur, problemin analitik hiyerarşi prosesine uygun olup olmadığıdır. Bunun önemli olmasının sebebi; bu prosesin öznel değerlendirmelerde bir ölçü birimi yaratmasıdır.

Hiyerarşi hazırlanırken, karar problemleri mümkün olduğunca temsil edecek ve konuyla alakalı detaylı belirlenir, ancak hedefleri ve kriterleri değiştirme neticesinde sonuçların duyarlılıklarını yitirmemek gerekmektedir. Karar probleminin çevresi düşünülmeli ve çözümlere katkı sunulacağına inanılan mühim noktalar ve nitelikler belirlenmelidir. Karar problemiyle ilgili katılımcılar da belirlenmelidir.

AHP'nin en mühim özellikleri; karar vericilerin karar sorunlarını birbirleriyle hiyerarşik açıdan sınıflandırmasıdır. Hiyerarşik yapının en üst noktasında karar vericilerin hedefleri bulunmaktadır (Altinkaya, 2021). Örneğin personellerin seçim kararında, söz konusu hedefler “en doğru adayların seçilmesi”dir. Hiyerarşik yapının alt katmanlarında söz konusu hedeflere ulaşabilme adına dikkat edilmesi gerekli kriterler sıralanmaktadır. Hiyerarşik yapıda aşağı katmanlara inilince kriterler belirginleşmektedir. En alt kademe ise seçenekler, yukarıdaki örnekten hareketle eleman adayları yer almaktadır (Bolo ve diğ., 2005).

Analitik hiyerarşi prosesinde ilk adımında hazırlanan hiyerarşik yapı şöyle gösterilmektedir:



Şekil 5.2: Hiyerarşik Model (Saaty, 1994).

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi hedefler, karar vericilerin gereksinimi yahut istekleri biçimde ifade edilebilir. Kriterler ise, değerlendirmeler yapılabilmesi amacıyla etkinliklerle, esasın ölçüleri ve alt kriterler de ana kriterin alt bileşeni olarak tanımlanabilir. Alternatifler de değerlendirmeye alınacak olan ve karar vericilere uygun olan farklı davranış türleri yahut nesneleridir.

- **Adım 2: Kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır.**

AHP'nin ikinci adımı; karşılaştırmalı yargı ya da ikili karşılaştırma oluşturur. İkili karşılaştırma kavramı; 2 kriterin birbirleri ile karşılaştırılması manasına gelmektedir ve karar vericilerin yargılarına dayanmaktadır. İkili karşılaştırmalarda karar kriterinin ve seçeneklerinin öncelik dağılımının kurulabilmesi amacıyla tasarlanmıştır (Denizhan ve Yalçiner, 2017). Daha net bir ifadeyle hiyerarşide bulunan kriterler bir üst kademedeki bulunan elemanlara göre önemlerinin tespit edilmesi için ikili şekilde karşılaştırılmaktadır (Bolo ve diğ., 2005).

Uysurlar arasındaki karşılaştırmalar matrisi “ $n \times n$ ” boyutlu bir kare matrisidir. Söz konusu matrisin köşegenleri üzerinde bulunan matris bileşenleri “1” değerini almaktadır. Karşılaştırma matrisi şu şekildedir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

Karşılaştırma matrisindeki köşegenler üzerinde bulunan bileşenler, yani “ $i = j$ ” olduğunda, “1” değerini almaktadır. Böylece alakalı faktörler kendileriyle karşılaştırılmaktadır. Uysurların karşılaştırılması, birbirine nazaran bulundurdıkları önem değerine göre bire bir ve karşılıklı yapılmaktadır. Uysurların bire bir karşılaştırılmasında Tablo 5.1’de gösterilen önem skalası kullanılmaktadır.

Tablo 5.1: Analitik Hiyerarşi Prosesinde kullanılan ölçek (Saaty, 1980).

ÖNEM DERECESESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit Önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.
3	Birinin Diğerine Göre Çok Az Önemli Olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettirir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Aşırı Derecede Önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtları çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara Değerler	Ortalama değerler uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler.

Örneğin; 1. faktör, 3. faktöre kıyasla karşılaştırmayı yapanlar açısından daha mühim görülüyorsa, karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ($i = 1, j = 3$), 3 değerini alır. Aksi takdirde, yani 1. faktörün 3. Faktör ile karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi 3. faktörden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni $1/3$ değerini alır. Aynı karşılaştırmada 1. faktör ile üçüncü faktörün karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

Bu formülde yapılan karşılaştırma, karşılaştırmalar matrisinin bütün değerleri “1” olan köşegenin üstündeki kalan değerleri için yapılmalıdır.

Köşegenin altında kalan bileşenler içinse doğal olarak aşağıda gösterilen formül kullanılmalıdır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (5.5)$$

Hedef için “n” kadar kriter/faktör olursa “nxn” boyutunda bir “A” matrisi oluşturulmaktadır. Bu matristeki “i” dizi faktörünün “j” sütunundaki faktörüne göre ne denli önemli olduklarını gösteren değerler bulunmaktadır. Söz konusu değerler Tablo 11’de görüldüğü gibi 1-9 arasındaki tek sayılardan oluşan önem skalası değerleridir. Farklı kriterlerin Tablo 12’de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmalar yapıma suretiyle bir matris oluşturulmaktadır. Eğer

hiyerarşinin, seviyeleri karşılaştırılarak “n” elemanı kapsıyorsa toplam “ $n(n-1) / 2$ ” adet ikili karşılaştırılma yapılması gerekmektedir. Bu karşılaştırmalar, matrisler biçiminde düzenlenmektedir (Vargas, 1999).

Tablo 5.2: Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi (Vargas, 1999).

	Kriter 1	Kriter 2		Kriter n
Kriter 1	w1 /w1	w1/w2	w1/w....	w1/wn
Kriter 2	w2/w1	w2/w2	w2/w....	w2/wn
.....	w..../w1	w.../w2	w..../w....	w..../wn
Kriter n	wn/w1	wn/w2	wn/w....	wn/wn

Tablo 5.2’de görüldüğü gibi “ w_i/w_j ” kavramı, hedefe ulaşabilme amacıyla “i” kriterinin “j” kriterinden ne kadar çok mühim olabildiği anlaşılmaktadır. Buna göre Tablo 12’deki ölçek kullanılır. Örnek olarak; söz konusu değer 7’se “i” kriterinin “j” kriterine nazaran güçlü seviyede mühim olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumlarda benzer şekil “j” kriteri “i” kriterine nazaran 1/7 seviyesinde önemli olabilmektedir.

- **Adım 3: Faktörlerin önem dağılımları belirlenir.**

Bu adımda ikili karşılaştırılma matrisleri geliştirilmesinin ardından, karşılaştırılmış her unsurun göreceli önceliği hesaplanmaktadır. Fakat bu denklem sisteminde öz değer ve öz vektörleri hesaplama özellikle büyük boyutlu matrislerde ($n>5$) zaman alıcı durumundadır. Öncelikle vektörlerin kurulurken lineer cebir yöntemlerinden yararlanılmaktadır. En büyük öz değer ve söz konusu öz değere karşılık gelen öz vektörlerin hesaplanmasında ve normalize edilmesinde kullanılmaktadır. Bunun için kullanılmakta olan farklı metotlar vardır. Fakat yazında sıklıkla kullanılan normalizasyon yönteminde; her sütundaki elemanlar ilgili sütunun toplamına bölünmektedir. Ulaşılan değerlerin de satır toplamaları alınarak, söz konusu toplamalar satırlardaki elemanların sayısına bölünmektedir. Böylece kriterlerin her biri için öncelik vektörü bulunmaktadır.

Karşılaştırılma matrisinde elemanların birbirine kıyasla önem düzeylerini belli bir mantık içinde göstermektedir. Bu unsurların bütün içindeki ağırlığını, yani yüzdelerin önem dağılımı; başka bir ifadeyle göreceli önlem vektörlerinin bulunmasına dair 4 metod vardır (Saaty, 2003):

- a) Satırların her birinin toplamı alınarak, her toplam mevcut toplama bölünmektedir. Bu şekilde yanıtların toplamı 1'e eşitlenmektedir, yani normalize edilmektedir. Ulaşılan vektörün birinci faktör birinci faaliyetteki göreceli önemi; ikincisiyse ikinci faaliyetteki göreceli önemi vb. göstermektedir.
- b) Sütunların her birindeki unsurların toplamı alınmaktadır ve bu toplamın eşlenikleri bulunmaktadır (1/sütun toplamı). Bu değerlerden elde edilen toplamın 1'e eşitlemek amacıyla eşleniklerin her birinin toplamına bölünmektedir.
- c) Sütunlardaki her bir eleman, o sütundaki toplamına bölünmektedir. Ulaşılan değerlerde satır toplamı da alınmaktadır ve toplam elemanların sayısına bölünmektedir. Burada elle yapılmakta olan hesaplar gerek öz vektör tahminindeki doğruluğunun çok yakın olması, gerekse kolaylıkla yapıldığında tercih edilir.
- d) Satırların her birindeki "n" elemanları birbiriyle çarpılarak n'inci kökü bulunmaktadır. Ulaşılan değerler "normalize" edilmektedir. Karşılaştırma matrisinin olduğu sütun vektörlerinden yararlanılmaktadır ve "n adet" ve "n bileşenli" B sütunun vektörü aşağıdaki formülde gösterilmektedir. B sütunundaki vektör hesaplaması yapılırken aşağıda gösterilen formülde yararlanılmaktadır:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5.6)$$

Yukarıdaki adımlar öteki değerlendirmedeki faktörler için tekrarlanırsa faktör sayısı kadar B sütununun vektörüne ulaşılabacaktır. "n" kadar B sütunun vektörü matriste biraraya getirilirse aşağıdaki C matrisi oluşur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdot & \cdot & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdot & \cdot & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdot & \cdot & \vdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdot & \cdot & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

“C” matrisinden faydalanarak unsurların birbirine nazaran önem değerini ifade eden yüzdelerin dağılımlarına ulaşılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için aşağıda ifade edilen formüldeki gibi “C” matrisinin satırlarındaki bileşenlerin aritmetik ortalamaları alınmaktadır. Böylece “öncelik vektörü” denilen “W” sütun vektörünün sonucuna ulaşılmaktadır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

- **Adım 4: Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık ölçülmektedir.**

Nihai kararların niteliği açısından mühim bir husus; ikili karşılaştırılma sürecinde karar vericilerin formüle ettikleri yargıların tutarlılığı diyebiliriz. Tutarlılık rasyonel düşünme biçiminin ön şartı olarak ifade edilir. Fakat uygulamalarda tam olarak tutarlılık sergilemenin olanaksız olduğunu söyleyebiliriz. Yeni bilgilerin öğrenilmesi, biraz da olsa tutarsız davranışla olanaklı hale gelmektedir. AHP’de tam tutarlılık beklemez (Miroslaw ve Van, 2004). Bu bağlamda tutarsızlığa imkân verir ancak, yargılamanın her birinde tutarsızlık ölçümü sağlamaktadır.

Tutarlılıkla ilgili analizde gaye yalnızca; X, Y’den değerlidir, Y de Z’den değerliyse, X, Z’den değerlidir biçiminde bir tutarlılığı ifade etmekle kalmaz. Bununla birlikte A, Y’den beş kat Y de Z’den dört kat değerliyse X; Z’den yirmi kat değerlidir biçiminde oran olarak tutarlılık sağlar (Saaty ve Özdemir, 2003).

Analitik hiyerarşi prosesinin tutarlı bir sistematığı vardır ancak neticelerin gerçekliği, karar vericilerin unsurlar arasından yapacağı karşılaştırmalardaki tutarlılıkla ilgilidir. Analitik hiyerarşi prosesi söz konusu karşılaştırmalar için ölçülebilir bir tutarlılık önerir. Sonuçlardan ulaşılan tutarlılık oranıyla, elde edilen öncelik vektörüyle, unsurlar arasındaki bire bir karşılaştırmaların tutarlılıkları test edilebilmektedir.

Analitik hiyerarşi prosesinde tutarlılık oranının (CR- Consistency Ratio) hesaplamasındaki temel, unsur sayısıyla “temel değer” olarak ifade edilen (λ) bir katsayısının karşılaştırılmasını dayanmaktadır. λ ’nın hesaplanabilmesi amacıyla ilk olarak “A” karşılaştırma matrisiyle “W” öncelik vektöründeki matris çarpımının “D” sütun vektörüne ulaşılmaktadır.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Aşağıda yer alan formüllerde gösterildiği şekliyle, “D” sütunun vektörüyle “W” sütunun vektörünün karşılıklı eleman bölünmesinden değerlendirmenin her bir faktörüne dair “temel değer” E elde edilmektedir. Söz konusu değerlerin aritmetik ortalamasıyla karşılaştırmanın ana değerini (λ) vermektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (5.9)$$

“Tutarlılık göstergesi” (CI) (Consistency Index) aşağıda gösterilen formüldeki gibi hesaplanmaktadır. En son olaraksa CI, “rassal gösterge”sinin (RI- Random Index) standart düzeltme değerlerine bölünüp, “tutarlılık oranı” (CR- Consistency Ratio) bulunur.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.10)$$

Tablo 5.3: Rassallık göstergeleri (RI) (Miroslaw ve Van, 2004).

N (Matris Boyutu)	RI (Rassallık Göstergesi)
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Elde edilen CR değeri, yani tutarlılık oranı 0.10'dan küçükse karar vericilerin yaptıkları karşılaştırmanın tutarlılığını göstermektedir. CR'nin 0.10'dan büyük olması da Analitik hiyerarşi prosesindeki hesaplamalardan birindeki hatayı yahut karar vericilerin yaptıkları karşılaştırmadaki tutarsızlıkları göstermektedir. Karar problemlerindeki kriterlerin çokluğu, bütün kriterlerin beraber değerlendirilmesine yol açmakta, dolayısıyla neticedeki tutarlılığı zayıflatabilmektedir.

- **Adım 5: Her bir faktör için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.**

Beşinci adımda yukarıda ifade edilen biçimde ancak bu defa faktörlerin her biri bakımından karar noktasının yüzde önemlerinin dağılımı belirlenmektedir (Saaty, 1996). Başka bir ifadeyle bire bir karşılaştırma yapılırken ve matristeki işlemler faktörlerin sayıları kadar “n kez” tekrarlanmaktadır. Fakat bu defa faktörlerin her biri açısından karar noktasında kullanılacak, “G” karşılaştırma matris boyutları “mxm” olacaktır. Karşılaştırmalardaki her bir işlemin ardından “mx1” boyutlu ve değerlendirilmiş faktörlerin karar noktaları açısından yüzdelerin dağılımını ifade eden “S” sütunu vektörlerine ulaşılmaktadır. Bu sütunun vektörleri aşağıdaki gibidir:

$$S_i = \begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \vdots \\ S_{m1} \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

- **Adım 6: Karar matrisi oluşturulur.**

Altıncı adımda önce, yukarıdaki “n” tane “mx1” boyutlu vektörlerinden oluşan ve “mxn” boyutlu “K” karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisi aşağıda ifade edilmiştir:

$$K = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

• **Adım 7: Karar noktalarındaki önem sırası bulunur.**

Neticede karar matrisinin “W” sütunun vektörüyle aşağıda görüldüğü şekilde çarpılırsa “m” elemanlı “L” sütunun vektörüne ulaşılır (Denizhan ve Yalçiner, 2017). “L” sütunun vektör karar noktasının yüzde dağılımları elde edilir. Başka bir ifadeyle vektör elemanın toplamı 1’dir. Söz konusu dağılım, karar noktasının da önem sırlarını göstermektedir.

$$L = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{21} \\ \vdots \\ I_{m1} \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

Analitik hiyerarşi prosesi metodunun katkıları şu şekildedir:

- ✓ Bu proste karar vericilerin amaca dair seçimlerini en iyi biçimde belirlemelerine imkân tanıyan bu uygulama, kolay karar verebilme metodolojisi sağlamaktadır.
- ✓ Karışık karar problemlerini kolaylaştıran bir yapısı/süreci bulunmaktadır.
- ✓ Bir karar vericinin, karar problemlerini tanımlanması ve faktörlerine dair anlayışlarını artırmaktadır.
- ✓ Karar problemlerine dair gerek objektif gerek sübjektif düşünceler ile nitel ve nicel bilgilerin karar verilme süreçlerine dahil edilmesine imkân tanımaktadır.
- ✓ Karar vericilerin, duyarlılık analizleri yapmak suretiyle, kararların esnekliğini analiz etmeleri bulunmaktadır.
- ✓ Karar vericilerin bulundukları yargının tutarlılık düzeyinin ölçülmesine olanak tanımaktadır.
- ✓ Grup kararlarının verilmesinde uygun bir prosestir.

5.1.11. ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) Yöntemi

ELECTRE yöntemi; İngilizce “Elimination and Choice Translating Reality” sözcüklerinin kısaltmasından oluşmaktadır. ELECTRE, genel bir ifadeyle; dizin prensiplerine göre seçenekleri değerlendiren bir yöntemdir.

ELECTRE ilk defa 1966’da Benayoun’un ileri sürdüğü çoklu karar verme metodudur. 1971 yılında ise Roy, Nijkamp ve 1977’de van Delft, 1983’te ise Voogd ELECTRE metoddu geliştirilmeye devam etmiştir. Bu metodta, seçenekler sıralamaya göre birbirleri ile karşılaştırılarak tercih yapılmaktadır ve yöntemin esası bu temele dayanmaktadır.

ELECTRE metodu, optimizasyon için kullanılan matematik temelli bir programlamadır. ELECTRE literatürde I, II, III ve IV yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler birbirinden küçük farklarla ayrılır. Bahsi geçen bu yöntemler aracılığıyla karar vericiler nicel ve nitel kriterleri kararların verilme süreçlerine katabilmekte ve herhangi bir kriteri hedeflerine göre ağırlıklandırabilmektedir. Aynı zamanda karar vericiler bu yöntemler herhangi bir kriterin verimliliğinin ölçüsünü seçebilmektedir ve ağırlıkları toplayıp en uygun seçeneği tespit edebilmektedir (Evren ve Ülengin, 1992b).

ELECTRE yönteminin temelini, Avrupa’da bulunan SEMA firmasındaki mühendislerin çalışmalarında atılmıştır. Bu firmada ilk olarak, işletmelerin yeni faaliyetlerinde birçok kriterli kararların alınmasında teknik kullanılmıştır. İlk aşamada problemin çözümü için birçok kriterli yöntem MARSAN (Methode d’Analyse, de Recherche, et de Selection d’Activites Nouvelles) hazırlanmıştır. Mühendisler, ilk yöntemdeki önemli sorunları fark edince B. Roy ELECTRE adında yeni bir metod hazırlamıştır. İlk metod ELECTRE-1 olarak anılmaktadır. Metod ilerleyen dönemde gelişmeye devam etmiştir.

Red Eşiği (Veto Eşik) kavramı, ELECTRE II metodunun oluşturulmasında etkilidir. 1960’lı senelerin sonunda medya planlamalarında özellikle yayın sırlamaları amacıyla en iyiyle en kötü sıralamanın yapılabilmesini için ELECTRE II geliştirilir. Ardından; eksik, kusurlu ya da belirsiz verilerin bulunduğu durumlar için “bulanık sıralı ilişki modellemesi” amacıyla ELECTRE Esse ve ELECTRE III yöntemleri geliştirilir (Soner ve Önüt, 2006).

Dünyanın gerçek bir karar probleminin çözümde, yani Paris’in metro ağına dair problem çözümünde kullanılmak amacıyla ELECTRE IV geliştirilmiştir. Bu teknikte, göreceli kriterlerde önem katsayıları kullanılmaz ve bu şekilde eylemlerin sıralanması yapılabilir. Bu

aşamaya değin hazırlanan ELECTRE tekniklerinin tamamı seçmek ve sıralamak faaliyetlerin yardım etme amacıyla geliştirilmiştir. Fakat 1970’li senelerin sonlarında bankacılık sektöründe işletmelerin bankalardan istedikleri kredilerin değerlendirebilme sorunu için, “karar ağacı”nı temel alan bir yaklaşım ELECTRE TRI (Electre Tree) geliştirilir. Günümüzde ise ELECTRE teknikleri halen geliştirilmektedir. (Soner ve Önüt, 2006).

ELECTRE tekniğı genel bir ifadeyle kararların verilme sürecinde şöyle safhalar bulunmaktadır; metodun esasını üstünlük ilişkisiyle Kernel (çekirdek) oluşturmaktadır. ELECTRE metodunda üstünlük ilişkisi kurulması amacıyla uyumsuzlukla uyum dizinleri oluşturulmaktadır. Bu dizinler, seçeneklerden hangisinin daha baskın olduğunun belirlenmesini sağlamakta ya da tatmin kârlıkla tatminsizlik ölçülerini göstermektedirler.

Aşağıda ELECTRE metodunun adımlarına yer verilmiştir (Yoon ve Hwang, 1995):

- **Adım 1: Karar matrisinin (A) oluşturulması**

Karar matris satırları için üstünlükleri sıralanması istenilen karar noktalarıyla, sütunlarda da kararların verilmesine kullanılacak olan değerlendirmenin unsurları bulunmaktadır. “A” matrisleri karar vericilerin oluşturdukları başlangıç matrisleridir. Karar matrisleri şu şekilde gösterilmektedir:

“A” matrisleri karar vericilerin oluşturduğu başlangıç matrisleridir. Karar matrisleri şu şekilde gösterilmektedir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & K & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & K & a_{2n} \\ M & M & M & M \\ a_{m1} & a_{m2} & K & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

Matris A_{ij} ’de “m” karar noktaları sayılarını, “n” değerlendirme unsur sayılarını vermektedir.

- **Adım 2: Standart (Normalize) karar matrisinin (X) oluşturulması**

Standart karar matrislerinde “A” matris elemanları kullanılarak, aşağıda gösterilen formüle göre hesaplanmaktadır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (\text{Fayda için}) \quad (i=1,2, K, m) \quad (j=1, 2, K, n) \quad (5.15)$$

$$x_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (1/a_{kj})^2}} \quad (\text{Maliyet için}) \quad (i=1, 2, K, m) \quad (j=1,2,K,n) \quad (5.16)$$

Örnek olarak; “X” matrisinde bulunan x_{11} elemanının hesaplanması amacıyla “A” matrisindeki a_{11} elemanı matristeki “1” sütunun elemanlarının karelerinin toplamının kareköklerine bölünüp elde edilmektedir. Burada gaye; bir karar noktasıyla alakalı değerlendirme faktörleriyle ilişkilendirme yapılırken, öteki karar noktalarının ağırlıklandırılmasıdır. Hesaplama neticesinde “X” matrisi şu şekilde elde edilmektedir:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & K & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & K & x_{2n} \\ M & M & M & M \\ x_{m1} & x_{m2} & K & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.17)$$

- **Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin (Y) oluşturulması**

Karar vericiler, değerlendirmedeki faktörlere farklı derece önem verebilirler. Söz konusu önem farklılıkları, ELECTRE tekniğiyle çözüm bulabilme adına “Y” matrisi hesaplanmaktadır. Dolayısıyla karar vericiler önce değerlendirmede kullanılacak faktör ağırlığını (w_i) belirlemek durumundadır.

$$(\sum_{i=1}^n w_i = 1) \quad (5.18)$$

Yukarıdaki işlemin ardından “X” matrisinde bulunan sütunlardan her birinin elemanlarıyla alakalı w_i değeriyle çarpılıp “Y” matrisi oluşturulmaktadır. Buna göre “Y” matrisi şu şekildedir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & K & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & K & w_n x_{2n} \\ M & M & M & K \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & K & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.19)$$

- **Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi**

Dördüncü adımda uyum ve uyumsuzluk setleri belirlenir. Uyum setinin belirlenmesi amacıyla “Y” matrisinden faydalanılmaktadır. Bu şekilde karar noktaları birbirleri ile değerlendirmelerin unsurları bakımından kıyaslanmaktadır.

$$C_{(p,q)} = \{j, v_{pj} \geq v_{qj}\} \quad (Uyum Seti) \quad (5.20)$$

$$D_{(p,q)} = \{j, v_{pj} < v_{qj}\} \quad (Uyumsuzluk seti) \quad (p \neq q) \quad (j = 1, 2, K, n) \quad (5.21)$$

Yukarıdaki formülün temeli; satırdaki elemanların birbirine göre büyüklüğünün karşılaştırmasıdır. Formüldeki sütunlar alternatifler (n), satırlardaki kriterler (m) şeklinde ifade edilmiştir. ELECTRE tekniğinde uyum setlerinden her birine, uyumsuzluk setlerinden biri karşılık gelmektedir. Başka bir ifadeyle uyum setleri sayıları kadar, uyumsuzluk setleri bulunmaktadır. Uyumsuzluk setinin elemanları alakalı uyum setlerine ait olmayan “j” değerlerinden oluşmaktadır.

- **Adım 5: Uyum ve Uyumsuzluk matrislerinin hesaplanması**

Beşinci adımda uyumla uyumsuzluk matrisleri hesaplanmaktadır. Öncelikle uyumsuzluk ve uyum matrisleri oluşturulur. Bunun için uyumsuzlukla uyum setlerinde yararlanılmaktadır. Uyum matrisleri “C” elemanlarıysa aşağıdaki formülün yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$C_{pq} = \sum_{j \in C_{pq}} W_j \quad (5.22)$$

Uyumsuzluk matrisleri “D” elemanlarıysa aşağıdaki formülün yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$d_{pq} = \frac{\max |v_{pj} - v_{qj}|_{j \in D_{pq}}}{\max |v_{pj} - v_{qj}|_j} \quad (5.23)$$

$$d_{pq} = \frac{\sum |v_{pj} - v_{qj}|_{j \in D_{pq}}}{\sum |v_{pj} - v_{qj}|_j} \quad (5.24)$$

Yukarıdaki formül kimi kaynaklara göre hem “max” alınmasıyla hem de toplamlar alınarak yapılır. Fakat çoğunlukla “max” tercih edilen bir yöntemdir (Yoon ve Hwang, 1995).

Yukarıdaki formüllerin kullanımıyla ulaşılan uyumla uyumsuzluk elamanları “C” ve “D” matrisi aşağıdaki adımlarda gösterildiği gibi oluşturulmaktadır.

- **Adım 6: Üstünlük Karşılaştırmasının Yapılması**

Altıncı adımda üstünlük karşılaştırması yapılır. Buna göre; uyum eşik değeri “ c ” ve uyumsuzluk eşik değeri “ d ”; C ve D matrislerindeki elemanların “ c_{pq} ” ile “ d_{pq} ” değerinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Uyumların üstünlük matrisi “F”nin matris elemanları “ f_{pq} ” ya “1” veya “0” değerlerini almaktadır. Matrislerin köşegenleri üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiği için söz konusu elemanların değerleri bulunmamaktadır. Üstünlük karşılaştırmasıysa şöyle yapılmaktadır:

$$Eğer \ c_{pq} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{pq} = 1, \text{ eğer } c_{pq} < \underline{c} \Rightarrow f_{pq} = 0 \text{ dır.} \quad (5.25)$$

Uyumsuzluk üstünlüğün matrisleri “G” matris elemanları ise “ g_{pq} ”, ya “1 veya “0” değerlerini almaktadır. Matrisin köşegenleri üzerindeki aynı karar noktalarını gösterdiğinden söz konusu elemanların değerleri bulunmaz. Üstünlük karşılaştırmalarıysa şöyle yapılmaktadır:

$$Eğer \ d_{pq} \leq \underline{d} \Rightarrow g_{pq} = 1, \text{ eğer } d_{pq} > \underline{d} \Rightarrow g_{pq} = 0 \text{ dır.} \quad (5.26)$$

Uyumsuzluk üstünlüğüyle uyum üstünlüğü matrislerinden faydalanılarak toplam baskınlık matrisi “E” oluşturulmaktadır. Söz konusu matris elemanları “ e_{pq} ”; üstünlük matrisi “ f_{pq} ” ile “ g_{pq} ” elemanının çarpımlarına eşittir. Baskınlık matrisi olan “E” karar noktasını gösterir. Baskınlık matrisinden faydalanılarak bir çekirdeğin oluşturulması gerçekleşir (Soner ve Önüt, 2006). Fakat çekirdekte yapılan bu karşılaştırma, sonucu çoğunlukla göstermeyebilir.

Dolayısıyla yedinci adımda kesin uyumsuzlukla uyumluluk dizinlerinin bulunabilmesi gerekmektedir.

- **Adım 7: Net Uyum ve Uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması ve sıralamanın oluşturulması**

Yedinci adımda net uyumla uyumsuzluğun indeksi hesaplanarak, sıralamalar oluşturulur. Bunun için öncelikle “C_p” ile “D_p” değerleri aşağıda gösterilen formüllerle hesaplanmaktadır:

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq P}}^m C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq P}}^m C_{kp} \quad (5.27)$$

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq P}}^m D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq P}}^m D_{kp} \quad (5.28)$$

Bu hesaplanan değerlerden net uyum indeksleri (C)’ler büyükten küçüğe, net uyumsuzluk indeksleri (D)’ler ise küçükten büyüğe doğru sıralanarak nihai önem sırası belirlenir.

5.1.12. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi

TOPSIS İngilizce “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution” kelimelerinin kısaltmasından oluşmaktadır ve 1980’de Yoon ve Hwang’ın ELECRTE’ye karşı bir alternatif olarak geliştirdiği bir yöntemdir. TOPSIS çok ölçütlü karar verilme metotları içinde en sık kullanılanlardan biridir (Hwang ve Yoon, 1981).

TOPSIS yönteminin sistemi; tercih edilmiş seçenekler, ideal çözümlere en yakın mesafede ve negatif ideal çözümlerden ise en uzak mesafede olması gerekmektedir. Bu metot, her bir kıstasın tek düze biçimde artan yahut azalan yarar eğilimi olduğunu varsayar. Dolayısıyla ideal olan ve negatif ideal çözümlerin tanımlanması basittir. “Öklid uzaklığı” yaklaşımıyla alternatiflerin ideal çözümlere göreceli yakınlığının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde göreceli uzaklıklar karşılaştırılarak bir seri çıkarılmakta ve alternatifler sıralanabilmektedir. Bu metodun düşüncesini Zeleny (1982) ve Hall (1989) da çalışmalarında uygulamışlardır (Zeleny, 1982). Metot tam olarak Yoon (1987) ve Hwang, Lai ve Liu tarafından geliştirilmiştir (Young ve diğ., 1994).

Pozitif- İdeal ve Negatif-İdeal Çözümler: İdeal çözümler bütün kıstaslar dikkatte alınır, tercih edilen seçeneklerin bu kıstasları ideal düzeyde gerçekleştirmesidir. Bununla beraber ideal çözümler uygulanamayabilir ya da ulaşamaz olabilirler. Bu yüzden nihai karar için ideale en yakındaki noktanın seçilmesi gerekir.

Pozitif-ideal çözüm:

$$A^* = (x_1^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*) \quad (5.29)$$

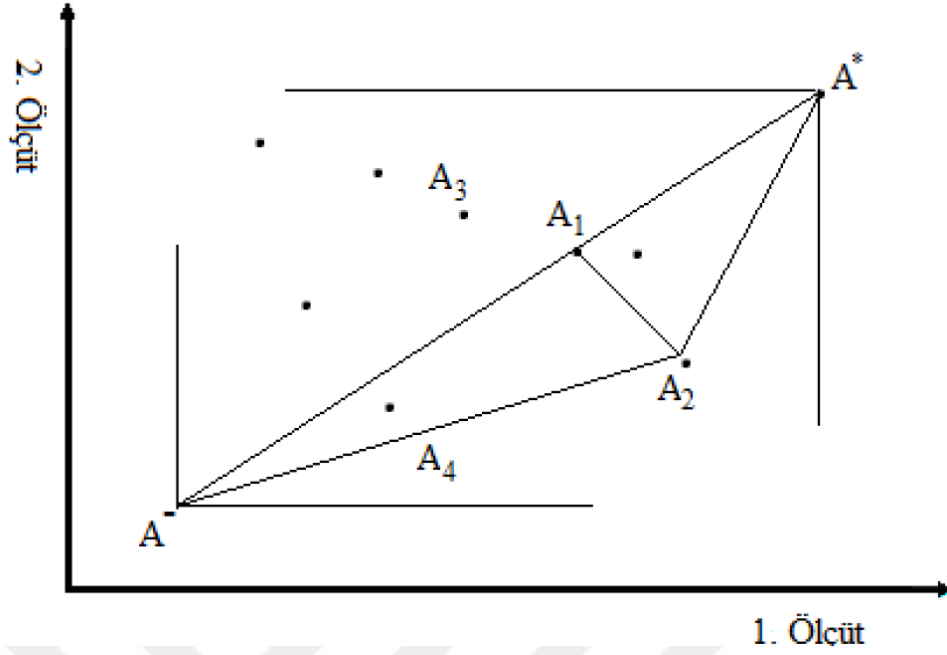
x_j^* Değeri bütün alternatifler içinde “j.” ölçüt için en iyi değer olarak görülmektedir.

Negatif-ideal çözüm:

$$A^- = (x_1^-, \dots, x_j^-, \dots, x_n^-) \quad (5.30)$$

x_j^- Değeri bütün alternatifler içinde “j.” ölçütü için en kötü değerdir.

Örneğin; aşağıda gösterilen Şekil 64'teki “ A_1 ” ile “ A_2 ” seçeneklerini dikkatte alırsak, “ A_1 ”, “ A^* ”ye en yakın noktadır, ancak “ A_2 ” aynı zamanda “ A^- ”den en uzak noktadır.



Şekil 5.3: İki boyutlu uzayda pozitif-ideal ve negatif-ideal çözümler kümesi (Arshia ve diğ., 2009).

TOPSIS metodu altı adım içeren bir çözüm sürecidir. Metodun ilk 2 adımı, ELECTRE yöntemiyle ortak olarak gerçekleşmektedir. Aşağıda TOPSIS metodlarının adımları incelenmiştir (Arshia ve diğ., 2009).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisi “A” oluşturulurken, karar matrisi satılarında bulunan üstünlüklerin sıraya konulması istenilen karar noktaları bulunur. Sütunlardaysa karar alınırken kullanılabilecek değerlendirme unsurları yer almaktadır. Bu bağlamda “A” matrisi karar verilerin oluşturduğu başlangıç matrisidir (Akyüz ve diğ., 2011).

Karar matrisi şu şekilde gösterilmektedir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.31)$$

" A_{ij} " Matrisinde "m" karar noktalarının sayılarını, "n" değerlendirme faktörlerinin sayılarını vermektedir.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin (R) oluşturulması

"Normalize Karar Matrisi", "A" matrisi elemanları aracılığıyla ve aşağıda gösterilen formülден yararlanılarak hesaplanmaktadır:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (5.32)$$

Normalize karar matrisi olan "R" matrisine aşağıda gösterilen formüldeki şekilde ulaşılmaktadır:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.33)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) oluşturulması

Ağırlıklı standart karar matrisi "V"nin oluşturulmasında, önce değerlendirme unsurlarına dair ağırlık değerleri " w_i " belirlenmektedir.

$$(\sum_{i=1}^n w_i = 1) \quad (5.34)$$

İkinci safhada "R" matrisindeki sütunlarından her birinde bulunan elemanların ilişkili oldukları " w_i " değerle çarpılmakta ve "V" matrisi oluşturulmaktadır.

"V" matrisinin oluşturulması aşağıdaki gibidir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.35)$$

Adım 4: İdeal “ A^* ” ve Negatif ideal “ A^- ” çözümlerin oluşturulması

TOPSIS metodunda değerlendirmelerden her bir faktörün tekdüze şekilde artan ya da azalmakta olan bir eğilim gösterdiği varsayılır (Pavic ve Novoselac, 2013).

İdeal çözümle ilgili setin oluşturulması amacıyla “V” matrisinde ağırlıklandırılmış değerlendirilme faktörünün yani, sütun değerinin en büyüğü (alakalı değerlendirme unsuru minimizasyon yönlüyse en küçüğü) seçilmektedir. İdeal çözüm seti bulunurken aşağıda gösterilen formülden yararlanılmaktadır:

$$A^* = \left\{ \left(\max v_{ij_i} \mid j \in J \right), \left(\min v_{ij_i} \mid j \in J' \right) \right\}$$

Yukarıda gösterilen formül kullanılarak ideal çözümle ilgili set hesaplandığında;

$A^* = (v_1^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*)$ gibi ifade edilmektedir.

Negatif ideal çözüm setindeyse, “V” matrisinde ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörünün yani, sütun değerinin en küçüğü (alakalı değerlendirme unsuru maksimizasyon yönlüyse en büyüğü) seçilmekte ve negatif ideal çözüm seti bu şekilde oluşturulmaktadır (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012). Aşağıda gösterilen formülde de negatif ideal çözüm setinin bulunması gösterilmektedir:

$$A^- = \left\{ \left(\min v_{ij_i} \mid j \in J \right), \left(\max v_{ij_i} \mid j \in J' \right) \right\}$$

Yukarıdaki formül kullanılarak hesaplanacak set $A^- = (v_1^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-)$ biçiminde ifade edilmektedir.

Yukarıda gösterilen formüllerden ikisinde de “J” yarar (maksimizasyon) “J' ” kayıp (minimizasyon) değerlerini göstermektedir. Hem negatif ideal hem de ideal çözüm setlerinde değerlendirme faktörlerinin sayıları, yani “m” kadar elemandan oluşur.

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS metodunda karar noktalarının her birine dair değerlendirme faktörlerinin “ideal” ve “negatif ideal” çözüm setlerinden sapmasının bulunması amacıyla “Euclidian Uzaklık Yaklaşımı”ndan faydalanılmaktadır. Ulaşılan karar noktalarıyla ilgili sapmaların değerleriyse “ideal ayrım” (S_i^*) ve “negatif ideal ayrım” (S_i^-) ölçüleri şeklinde ifade edilmektedir.

İdeal ayrımla “ S_i^* ” ve negatif ideal ayrımla “ S_i^- ” ölçülerinin hesaplanmasıyla ilgili formüller şu şekildedir:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (5.36)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5.37)$$

Yukarıdaki formüllerle S_i^* ve S_i^- sayıları hesaplanmakta ve bu sayılar karar noktaları sayıları kadar olmaktadır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Karar noktalarının ideal çözümlere göreceli yakınlığı “ C_i^* ” hesaplanırken “ideal ayrımla” ve “negatif ideal ayrımla” ölçüsünden yararlanılmaktadır. Buradaki ölçütler “negatif ideal ölçüsü”nün toplam ayrımla ölçüsündeki payıdır. “İdeal” çözümlere göreli yakınlıkların değeri hesaplamaları şu şekilde yapılmaktadır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (5.38)$$

Yukarıdaki formülde “ C_i^* ” değeri “0 ≤ C_i^* ≤ 1” aralıklarında değeri almaktadır ve “ $C_i^* = 1$ ” alakalı karar noktalarının “ideal çözüme” “ $C_i^* = 0$ ” dair karar noktalarının “negatif ideal çözüme” mutlak yakınlıkları gösterilmektedir.

“En iyi” veya “optimal” seçeneğin ne olacağına “ C_i^* ”ın tercih sırasına göre karar verilmektedir. Dolayısıyla en iyi tercih ideal çözüme en yakın uzaklıktadır diyebiliriz.

5.1.13. AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve TOPSIS (Technique for OrderPreference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemlerinin Karşılaştırılması

TOPSIS metodunun temeli ELECTRE yöntemine dayanmaktadır. Dolayısıyla iki yöntemin de ilk iki adımı benzer şekildedir. Temelde iki yöntem de ölçüklerin karşılaştırılması amacıyla bir “normalize” karar matrisiyle başlar. İkinci safhada ise TOPSIS de ELECTRE de alternatiflerin ağırlıklarının değerini karar vericiden alır. Üçüncü safhada iki yöntem de farklılaşmaya

başlamaktadır. ELECTRE’de alternatiflerden birisinin ötekine üstün olmasına göre eleme yapılır, TOPSIS de ise “ideal çözüme” en yakını, “negatif ideal çözüme” en uzağı seçenekler arasındaki en iyiyi ifade etmektedir. TOPSIS yönteminin avantajlarından biri seçeneklerden her birinin kendi değerlerini almasıdır. Bu sebeple alternatifler arasında beliren farklar ve ölçütlerin birbirinden ne denli farklılaştığı hususunda bir fikir vermektedir.

TOPSIS metodunun mantık örgüsü güçlüdür ve idealle ideal olmayan çözümlerin aynı anda görülmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda hesaplama prosedürünün kolay olması nedeniyle kullanım alanları daha yaygındır. Hedeflere yönelik programlamada ve etkileşimli yöntemlerde ideal çözümlere en yakın bir ölçüt göz önüne alınmaktadır. Dolayısıyla TOPSIS metodu çok ölçütlü karar probleminin çözümüne daha yatkındır.

AHP metodu kişisel performansların değerlemesinde kullanılırken, değerlendirici devamlı olarak ikili karşılaştırma yapmakta, böylece söz konusu hususlara odaklanılmakta ve daha çok vakit harcamaktadır.

AHP’te kriterlerin öncelikleri ile seçeneklerin değerlerinin tespit edilmesinde inceleme yapan uzman görüşleri esas alınmaktadır. Böylece uzmanların karar sorunlarına etkin bir biçimde katılması sağlanmaktadır. Bununla beraber AHP’de nitel bir değişkenin, nicele dönüştürülmesi sağlanabilir. AHP yönteminin geleneksel metotlara nazaran bir başka üstünlüğüse tutarlı ve doğru değerlendirmelere imkân sağlamasıdır.

Analitik hiyerarşi prosesi ikili şekilde yapılan karşılaştırmalara dayalıdır ve öncelik derecelerinin belirlenmesinde, çok sayıda kriterin ve seçeneğin bulunduğu durumda analizcilere iş yükü getirir. Bunun yanı sıra, AHP tarafından üretilen kriter öncelikleriyle seçeneklerin tercih sıralamaları teorik sonuçtan çok farklı olabilmektedir.

AHP kullanımı kolay bir yöntemdir. Temeli güçlü bir matematik sisteme dayalıdır, ancak kullanımı basittir. Yöntem gerek kullanıcıların gerekse akademisyenlerin yöntemin gelişim sürecine dair bilgisi olmasa da kullanımdaki basitlik kriterini taşımaktadır.

AHP yöntemi bireylerin fikirleriyle olduğu kadar duygularıyla ve sezgileriyle de ilgilenir. Dolayısıyla bu yöntem elle tutulabilen nesnelerle birlikte tutulamayan soyut kavramlarla da ilgilidir. Burada duygularla ifade edilmek istenen; benzer durumlarda nasıl hissedildiğine dair akıl aracılığı ile bir yargıda bulunmasıdır.

AHP’de akıldan direkt alınan sayıların atanması yerine, ikili karşılaştırma için ölçekler çıkarılmaktadır. Aynı zamanda varsayılan ölçeklerdeki ölçümler kabul edilmez, ancak ölçeklerin değerlerinin karar problemindeki kriterler doğrultusunda yorumları sorulmaktadır. AHP, karar problemini temsil etme amacıyla basit detaylandırılmış bir hiyerarşik yapıya güvenir. Bu şekilde uyumlu bir temsille tahmin edebilme, riskler ve çatışmalarla ilgili problemlerle uğraşabilir.

AHP doğrudan kaynakların tahsis edilmesi, kar-zarar analizleri, çatışma çözümleri, sistemlerin dizaynı ve sistemin optimize edilmesinde kullanılabilir. AHP, kararın nasıl alınacağını emretme yerine, nasıl iyi kararlar alınacağını tanımlamakta olan bir yöntemdir. Bununla beraber AHP; değişik uzmanlıkların ve seçimlerin düşünülmesi gerektiği grup kararlarında bir yanıtı ulaşabilme adına kolay ve etkin bir prosedür vermektedir. AHP, aynı zamanda bölümlerin herbiri için yarar ve sakıncaların bağlantıları arasında gerçekleşen ilişkileri dikkatte alarak, çatışma çözümünde de uygulanmaktadır.

5.1.14. AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulama Alanları

TOPSIS; ÇKKV metotlarından birisi olarak, ekonomi-yönetim sorunları, veri tabanın seçimi, muhasebe-finance, sermayenin yatırımı, karar-destek, üretim, makroekonomik planlaması, pazarlama, ürünlerin tasarımları, pazarlama stratejileri, planlama, portföyün seçilmesi, risklerin analizleri, başvuruların değerlendirilmesi, grup kararlarında, tesis yerlerinin seçilmesinde, kaynakların tahsisinde, politika-strateji, ulaştırma, silahların kontrolü, eğitim, çevre kararları, sağlık, kamuda, Pazar seçiminde, bilgisayarla bilgi seçiminde kullanılmaktadır.

AHP, 1973 senesinden sonra birçok alanda uygulanma alanında kullanılmaya başlamıştır. 1973 ile 1988 seneleri arasında yayınlanan pek çok makaledeki sonuçlara göre analitik hiyerarşi prosesinin yazındaki uygulanma alanı sınıflandırılmıştır:

Politik problemler: Silah kontrolü, çatışmaların analizleri, politik adaylık, güvenlik değerlendirmesi.

Sosyal problemler: Rekabette davranış şekilleri, eğitim, çevresel kararlar, sağlık, kanunların düzenlenmesi, tıp (tedavi seçimi), nüfus dinamikleri (bölgeler arası göç, nüfus büyüklüğü), kamu sektörü.

Teknolojik problemler: Pazar seçimi, portföyün seçilmesi, teknolojinin transferi, bilgisayar ve bilginin seçimi, uzay araştırmaları.

AHP; reel sorunlara uygulanmaktadır ve özellikle kaynak tahsisinde, planlamaların yapılmasında, gerçek politikaların analizinde ve çatışma çözümünde kullanışlı bir yöntemdir. Sosyal alanında ve fizik bilim insanları, mühendisler, politika üretenler ve profesyonel eğitimi olmayan ve karar sorunu olan kişiler de yöntemi uzmanların yardımları olmadan yöntemi uygulayabilmektedir. AHP genellikle portföy seçiminde, kaynakların tahsis edilmesinde ve kamu kuruluşlarının kar-zarar analizlerinde kullanılır. Gelişen devletlerde alt yapı planlamasında ve milli kaynakların yatırımlarının değerlendirilmesinde uluslararası derecelendirmede kullanılır (Saaty, 1996).

Yapılan çalışmalarda, dünya genelinde en yoğun kullanılan bir arama motorunda AHP olarak araştırma yapıldığında, söz konusu metodun hem genel metodolojisiyle hem özel durumlarıyla ilgili 6500 kadar neticeye ulaştığı görülmüştür. Analitik hiyerarşi prosesinin en çok kullanılmakta olan karar alma yöntemlerinden birisi olduğunu söyleyebiliriz.

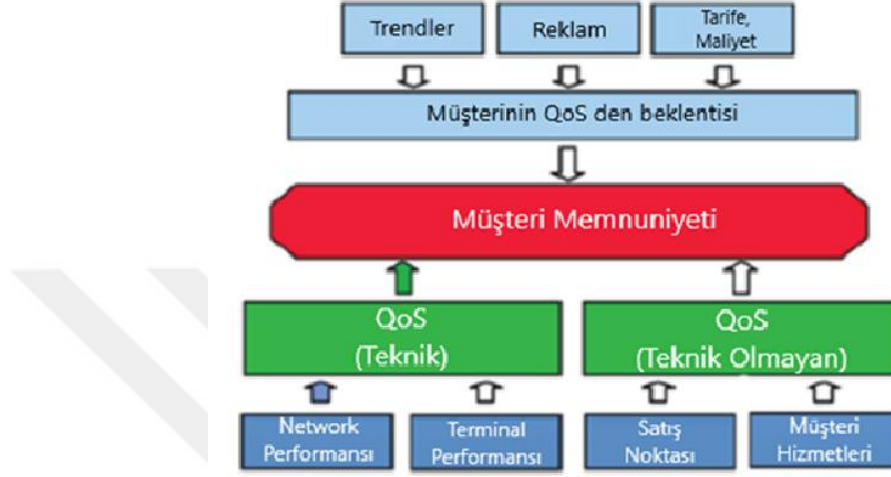
AHP'nin sıklıkla kullanıldığı diğer bir karar verme problemi ise personel seçimidir. AHP'de iki taraflı karşılaştırma yapılarak, tercihler önemine göre sıralanır ve aranan işin ağırlıklandırılmış özelliklerine göre bir personel karar matrisi yaratılır (Ünal, 2011). Ardından ikili karşılaştırmanın farklı bir seti, adaylarla işlerin özelliklerini karşılaştıran matrisler üretir. AHP'de çalışan performanslarının değerlendirilmesi amacıyla bir uygulama yapılmıştır (Altinkaya, 2021). Buna göre; çalışanların nicelik ve nitelik şeklinde iş performansları değerlendirilir ve planlama, organizasyon yetenekleri, sorumluluk alabilmeleri, takım çalışmaları ve iş birliğine uyum, iletişim becerisi gibi kriterlerle değerlendirme yapılmasına imkân tanınır.

5.2. HİZMET KALİTESİ

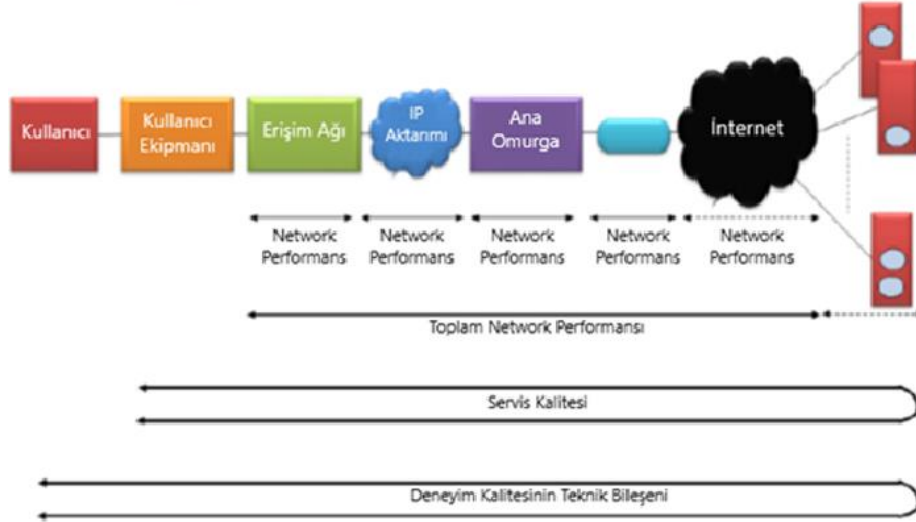
ITU-T Rec.E.800'de hizmet kalitesi şöyle tanımlanmaktadır: “Bir telekomünikasyon hizmetinin, hizmet kullanıcılarının belirtilen ve ima edilen gereksinimlerini giderme yeteneklerine dayanan özelliklerinin tamamıdır.”

Belli bir hizmete “QoS” desteğinin sağlanması amacıyla QoS kriterleriyle parametrelerinin olması gerekmektedir. ITU-T Rec. G.1000 genel QoS çerçevesini sağlayan bu kavramları ifade

etmektedir. Cisco'nun yayınladığı “White paper”da performans ölçümlerinin unsurları, işletmenin başarısını ölçmesini sağlayacak mekanizmayı oluşturur. İşletmeden işletmeye farklılık gösterse de ağlardaki performansların ölçülerini “bağlantı”, “gecikme”, “paket kaybı”, “jitter kayıpları” ve “ping süresi” olarak ifade edilmektedir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2013).



Şekil 5.4: Müşterilerin teknik ve teknik olmayan beklentileri (ITU, 2017).



Şekil 5.5: Network performansı, servis kalitesi ve deneyim kalitesi (ITU, 2017).

Tablo 5.4: OSI Protokol katmanlama modeliyle eşleştirilmiş internet protokolleri (ITU, 2017).

Uygulama Katmanı	Uygulama Katmanı (HTTP, FTP, SMPT, DNS, DHCP, Skype, BitTorrent, etc.)	İnternet teknolojileri
Sunum Katmanı		
Oturum Katmanı		
Taşıma Katmanı	Taşıma Katmanı (TCP, UDP)	
Network Katmanı	Network Katmanı (IP)	
Data link Katmanı	Link Katmanı (Ethernet, Wifi, ADSL, FTTH, UMTS, LTE, Cable, etc.)	Donanım arayüzü
Fiziksel Katman		
OSI protokol modeli	İlk internet protokol modeli	

Tablo 5.5: Servis kalitesi parametrelerinin uygulamalardaki etkinlikleri (ITU, 2017).

Uygulama	Data İletim Hızı		Gecikme	Gecikme Çeşitliliği	Paket Kaybı
	İndirme	Yükleme			
Dosya indirme	+++	-	+	-	+++
İşlemler	-	-	++	-	+++
Veri akış ortamı	+++	-	+	-	+
VoIP	+	+	+++	+++	+
Oyun	+	+	+++	++	+++

6. BULGULAR

İnternet servis sağlayıcıları açısından en önemli karar problemlerinden biri; müşterilerine sunacakları hizmetleri taşıyacak altyapının seçilmesidir. Yapılacak yatırımın maliyeti, uygulanacak projenin gelecekte değişecek olan teknolojilere uyum sağlama oranının yanı sıra müşterilerinin beklentileri karşılama oranı, rakiplerine göre piyasada yüksek veya düşük pay sahibi olmasını etkileyecektir.

Uygulanacak projenin birçok kriteri karşılması gerekecektir dolayısıyla müşteri beklentileri, maliyet, mevcut ve gelecekteki yeni nesil teknolojilere uyum sağlayabilecek proje seçiminde nitel ve nicel birçok kriter göz önüne alınmalıdır.

Klasik karar metotlarıyla (tek kriterli) yapılacak olan proje seçiminde kısa ve uzun vade stratejik kararlar açısında optimize etmek mümkün değildir (Emhan, 2007). Tek kriter göz önüne alınarak yapılacak piyasa araştırmasıyla en ucuz arabayı, kirası en düşük olan evi bulabiliriz. Fiziki olarak eve giden en kestirme yolu klasik karar verme yöntemleriyle belirleyebiliriz. Ucuz ve aynı zamanda en konforlu arabayı, yakıt tasarrufu yüksek, en fazla kişiyi alabilecek, ikinci el satış fiyatında değer kaybı düşük arabayı bulmaya çalıştığımızda birbirinin değerlerini ters yönde etkileyen bazılarının nitel bazılarının nicel olduğu verileri karşılaştırmak zorunda kalırız (Chon, 1978). Aynı zamanda göz önünde bulundurulması gereken ve pek çok ortak özelliği olan çok sayıda değişkenin bulunduğu sistemlerin incelenebilmesi, ancak bu sistemlerin alt sistemlere bölünmesiyle kolaylıkla yapılır (Yeşilyurt ve diğ., 2019). Proje seçiminde nicel ve nitel kararları aynı anda göz önünde bulundurarak karar verilmesi gerekmektedir.

Avrupa Komisyonu tarafından 19 Mayıs 2010 tarihinde artan bant genişliği ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla "A digital agenda for Europe" başlıklı strateji belgesi yayınlamıştır (<https://eur-lex.europa.eu>).

Bu dokümana göre;

- 2020'ye kadar tüm AB vatandaşlarına en az 30 Mbps genişbant erişimi sağlanması,
- 2020'ye kadar tüm AB hanelerinin en az yarısının 100 Mbps genişbant erişim abonesi olması (Bu hedef gerçekleşmiştir), genişbant hedeflerini benimsediklerini bildirmişlerdir.

Avrupa Komisyonu zamanla gelişen ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak 2020 genişbant hedeflerini tamamlayacak ve 2025 yılına kadar hayata geçirmeyi planladıkları 3 stratejik hedef belirlemiştir:

- Okullar, üniversiteler, araştırma merkezleri, ulaşım merkezleri, hastaneler, kamu hizmeti veren tüm kurumlar ve dijital teknoloji şirketlerine Gigabit erişim sağlanması,
- Kentsel veya kırsal tüm Avrupa hanelerine, Gigabit hızına yükseltilebilen en az 100 Mbps'lik download sunan İnternet bağlantısı verilmesi,
- Tüm kentsel alanlar ve tüm büyük karasal ulaşım yollarının kesintisiz 5G kapsama alanına sahip olması.

Ülkemizdeki pazarın gelişimine baktığımızda Türkiye, OECD devletleri arasında 2019 ile 2020 senelerinde bir senelik dönemde “sabit internet yaygınlığı” en çok artış gösteren ülkeler içinde ilk sıradadır. Bu süreçte OECD ülkelerinin bir senelik yaygınlık artışıdaki ortalama %1,4 iken, ülkemizdeki oranın %2,8 olarak gerçekleştiği görülmüştür. (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

OECD ülkeleri ile Türkiye'nin nüfusuna nazaran sabit ve mobil genişbant yaygınlık oranına bakıldığında Türkiye'deki genişbant yaygınlık oranının %20,8 olduğu, OECD ülkelerinin ortalamasının %33,2 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Mobil genişbant yaygınlık oranı Türkiye'de %81,7 iken OECD ortalaması %117,5'tir (Pazar Verileri Raporu, 2021). OECD ülkeleriyle kıyaslandığında da Türkiye pazarının gelişimini sürdürdüğü yorumu yapılabilir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Telekomünikasyon sektöründeki gelişmeleri göz önünde bulundurarak sabit altyapıda teknolojik değişimlerle beraber uygulanabilir durumda olan Bakır, FTTB, FTTC ve FTTH projelerinden hangisinin hangi durumda uygulanmasının paydaşların beklentilerini en yüksek oranda karşılayabilecek proje olacağı kararı içerisinde birden fazla durumu içermektedir. Uygulanacak proje kararlarında uzman görüşlerine başvurarak projelerin uygulama aşamasındaki kriterler belirlenmiştir. Proje maliyeti, yatırımın geri dönüş süresi, kullanıcıların hız beklentileri, minimum kayıp, gelecekte uygulanacak projelere uyumu ve benzeri farklı nicel ve nitel kriterleri en yüksek oranda karşılamasını beklediğimiz sabit altyapı proje seçiminde ÇKKV yöntemlerinden en yaygın kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak karar verilmeye çalışılmıştır. Karar aşamasında hedeflenen paydaşların beklentilerini en üst seviyede

karşılarken bakır altyapıdan fiber altyapıya geçiş süreci yaşayan sabit telekomünikasyon altyapısındaki en uygun proje türlerinin tercihlerinin yüksek doğruluk oranıyla yapılmasına katkı sağlamaktır.



Şekil 6.1: Müşterilerin teknik ve teknik olmayan beklentileri (ITU, 2008).

Müşterilerin algıladığı hizmet kalitesini, şebeke performansı ve şebeke dışı performans etkilemektedir. Şebeke dışı performans satın alma aşamasında müşteri temsilcisinin davranışlarında, kurulum aşamasındaki personel davranışlarına kadar çok geniş bir alanı kapsamaktadır.

Şebeke performansı ise altyapı ve altyapıdan sonra kullanılan cihazları kapsamaktadır. İnternet kullanan bir kişinin modem, kablosuz bağlantı, IPTV v.b. hizmetlerdeki içerikle ve cihaz performansları OSI seviyesinin 3. Katmanı ve sonrasındaki katmanları ilgilendirmektedir (ITU, 2017).

Sabit altyapıyı ilgilendiren OSI katmanlarında 1 seviye ve 2 seviye katmanlardır. Ping süresi, kayıplar, jitter kayıpları ve hız düşüklüğü gibi değişkenler altyapı yani şebeke performansları içerisinde değerlendirilirken, şikâyet giderilme süresi, fatura (tarife) ve çağrı merkezine ulaşabilme v.b. beklentiler şebeke dışı olarak değerlendirilmektedir (ITU, 2008).

Tablo da iletim hızının ve gecikmelerin hizmet alan kullanıcıların uygulamaları üzerindeki etkileri detaylıca gösterilmektedir. İletim hızı veri indirme ve veri akışlarını yüksek oranda etkilerken, gecikmeler ses iletimi ve online oyunları yüksek oranda etkilemektedir.

Tablo 6.1: Altyapı kaynaklı hız ve gecikmelerin kullanılan programlara etkisi (Anacom, 2009).

Uygulama	İletim Hızı	Gecikme
İnternet Protokolü üzerinden ses iletimi	Düşük	Yüksek
Veri akışı	Yüksek	Orta
Web tarayıcı	Orta	Orta
Elektronik posta	Düşük	Düşük
Veri indirme	Yüksek	Düşük

Müşteri beklentileri (QoE) servis kalitesini (QoS) etkileyen kriteri de kapsamaktadır. Müşteri deneyimini etkileyen altyapı iyileştirmeleriyle iyileştirilebilecek kriterler Verilebilir Hız (Bant Genişliği- Mbps), Ping Süresi (ms), Kayıp (dB), Jitter (Dalga Bozulumu-ms) kayıplarıdır (ITU, 2017).

Verilebilir Hız değeri OSI katmanlarında fiziksel katman ve data katmanında yer almaktadır. Dolayısıyla fiziksel katmanda yakınsama projeleri ile yapılacak olan iyileştirmeler verilebilir hız oranını doğrudan etkilemektedir.

Servis Sağlayıcı (ISS) şirketlerin temel beklentileri de İlk Yatırım Maliyeti (Capex), İşletme Maliyeti (Opex), Yatırımın Geri Dönüşü (RIO), Altyapının Ömrü, Arıza Sıklığı, Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabile Oranı olarak belirlenmiştir.

Belirlenen kriterler birbirinden bağımsız ve birim olarak farklı olması nedeniyle ÇKKV yöntemlerinden ikili karşılaştırmalar kullanan AHP yöntemiyle, istenilen çözüme en yakın ve istenmeyen çözüme en uzak geometrik noktayı seçen TOPSIS yöntemlerini kullanılarak sektör uzmanlarının görüşleri değerlendirilmiştir.

İdeal çözümler bütün kıstaslar dikkatte alınır, tercih edilen seçeneklerin bu kıstasları ideal düzeyde gerçekleştirmesidir. Bununla beraber ideal çözümler uygulanamayabilir ya da ulaşılamaz olabilirler. Bu yüzden nihai karar için ideale en yakındaki noktanın seçilmesi gerekir.

TOPSIS metodunun mantık örgüsü güçlüdür ve idealle ideal olmayan çözümlerin aynı anda görülmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda hesaplama prosedürünün kolay olması nedeniyle kullanım alanları daha yaygındır. Hedeflere yönelik programlamada ve etkileşimli yöntemlerde ideal çözümlere en yakın bir ölçüt göz önüne alınmaktadır. Dolayısıyla TOPSIS metodu çok ölçütlü karar probleminin çözümüne daha yatkındır.

AHP, metodu kişisel performansların değerlemesinde kullanılırken, değerlendirici devamlı olarak ikili karşılaştırma yapmakta, böylece söz konusu hususlara odaklanılmakta ve daha çok vakit harcamaktadır. Bununla beraber analitik hiyerarşi prosesinde nitel bir değişkenin, nicele dönüştürülmesi sağlanabilir. AHP yönteminin geleneksel metotlara nazaran bir başka üstünlüğüse tutarlı ve doğru değerlendirmelere imkân sağlamasıdır.

6.1. UZMAN GÖRÜŞLERİ

15 Telekomünikasyon sektörü uzmanının görüşlerine başvuru anket soruları hazırlanarak Mart 2020 yılında Etik Kurul onayı alınmıştır. Etik kurul onayından sonra Nisan 2020’de uzman görüşlerine başvurulmuş ve geometrik ortalamaları alınarak aşağıdaki tabloda yer alan verilere ulaşılmıştır. Geometrik ortalamaların alınması ankette yer alan verilerin değişken değerlerden oluşması ve bu değişkenlikler sonucu oluşacak olan sapmaların minimize edilmesinin amaçlanmış olmasıdır.

15 uzmanın sektörel tecrübeleri 10 ile 20 yıl arasındadır. 15 uzmanın 9’u yönetici, 3’ü işletme ve imalat aşamalarını takip eden mühendis ve üzeri unvanında uzmanlardır, 3’ü veri ve network aşamalarında OSI 3. katmanı ve sonrasındaki network katmanlarıyla ilgilenen mühendis eğitimi almış uzmanlardan oluşmaktadır.

Tablo 6.2: Standart tercih tablosu.

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)<	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif (A1)	100	10	6	4	7999	300	3	15	2	80
BAKIR Alternatif (A2)	24	16	15	8	2000	204	1	15	4	50
FTTC Alternatif (A3)	50	12	9	6	3999	397	2	15	3	75
FTTH Alternatif (A4)	100	8	1	1	3010	101	1	20	2	100

Telekomünikasyon Altyapı Proje türlerinin karşılaştırılmasında belirlenmiş olan kriterlerin kendi arasındaki önceliklendirmelerini belirlemek amacıyla standart tercih tablosundaki değerleri kullanarak ikili karşılaştırma matrisini oluşturan değerler için uzman görüşleri alınmıştır. Standart tercih tablosunda her bir proje tercihi için her bir kriter karşılığı 15 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Uzmanların görüşleri doğrultusunda proje alternatifleri ve her bir kriterin kesiştiği alandaki değerlerin geometrik ortalaması hesaplanmıştır. Örnek vermek gerekirse FTTB proje alternatifi için ilk yatırım maliyetinin 7999 TL olarak bulunmuştur.

FTTB alternatif projesinin ilk yatırım maliyeti kriteri için 1. Uzman 10000 TL, 2. Uzman 7500 TL, 3. Uzman 6000 TL, 4. Uzman 9000 TL, 5. Uzman 5500 TL, 6. Uzman 9500 TL, 7. Uzman 9000 TL, 8. Uzman 6500 TL, 9. Uzman 10500 TL, 10.uzman 6500 TL, 11. Uzman 8000 TL, 12. Uzman 7000 TL, 13. Uzman 7500 TL, 14 ve 15. Uzmanlar 8000 TL değer öngörmüşlerdir. Bu 15 değerın geometrik ortalaması alındığında 7999 TL olarak hesaplanmıştır.

Diğer alternatif projeler ve kriterlerin kesiştiği alanlardaki değerler benzer şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 6.3: İkili karşılaştırma matrisi örneği (Saaty, 1980).

ÖNEM DEĞERİ	DEĞER TANIMLARI
1	Eşit önemde
3	Biraz daha önemli (az üstünlük)
5	Oldukça önemli (fazla üstün)
7	Çok önemli (çok üstünlük)
9	Son derece önemli (kesin üstünlük)
2,4,6 ve8	Ara değerler (uzlaşma değerleri)

Tablo 6.4: İkili karşılaştırma matrisi uzman görüşleri.

[illegible]

6.2. İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ ve ÖNCELİK VEKTÖRÜ

AHP’de ikinci adımında ikili karşılaştırma oluşturulur. Kriterin birbirleri ile karar vericilerin yargılarına dayanarak önem derecelerine göre karşılaştırılır (Ki/Kj). İkili karşılaştırmalarda karar kriterlerinin ve seçeneklerinin öncelik dağılımının kurulabilmesi amacıyla tasarlanmıştır.

Tablo 6.5: Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörü.

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimleri ni Karşılayabilme Oranı (%) (K10)
Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	1,00	3,00	2,03	6,98	3,00	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00
Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	0,33	1,00	0,50	3,00	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33
Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki , Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	0,49	2,02	1,00	9,00	3,00	5,00	2,01	5,00	1,01	3,00
Jitter (ms) Kriteri (K4)	0,14	0,33	0,11	1,00	0,50	0,33	0,14	0,14	0,10	0,21
İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	0,33	2,02	0,33	2,02	1,00	1,00	1,00	3,02	0,50	2,02
İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	0,33	2,02	0,20	3,00	1,00	1,00	0,33	0,34	0,50	0,20
Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	0,20	3,00	0,50	7,00	1,00	3,00	1,00	2,01	0,50	1,00
Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	0,33	3,00	0,20	7,00	0,33	2,92	0,50	1,00	0,50	1,00
Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	0,20	3,04	0,99	10,43	2,02	2,02	2,02	2,02	1,00	5,00
Gelecek Teknolojilerin Gereksinimleri ni Karşılayabilme Oranı (%) (K10)	0,20	3,00	0,33	4,87	0,49	4,97	1,00	1,00	0,20	1,00

AHP’de ikinci adımında ikili karşılaştırma oluşturulur. Kriterin birbirleri ile karar vericilerin yargılarına dayanarak önem derecelerine göre karşılaştırılır (Ki/Kj). İkili karşılaştırmalarda karar kriterlerinin ve seçeneklerinin öncelik dağılımının kurulabilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Daha net bir ifadeyle hiyerarşide bulunan kriterler bir üst kademede bulunan elemanlara göre önemlerinin tespit edilmesi için ikili şekilde karşılaştırılmaktadır (Denizhan ve Yalçın, 2017).

Karşılaştırma matrisi A $n \times n$ boyutlu bir matristir. Proje seçiminde 10 kriter belirlendiğinden 10×10 boyutlu köşegenleri 1 olan ve “i” dizi faktörünün “j” sütunundaki faktörüne göre ne denli önemli olduklarını gösteren değerler bulunmaktadır ($a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$).

Karşılaştırılma matrisinde elemanların birbirine kıyasla önem düzeylerini belli bir mantık içinde göstermektedir. Bu unsurların bütün içindeki ağırlığını, yani yüzdelerin önem dağılımı; başka bir ifadeyle göreceli önem vektörlerinin bulunması için satırların her birinin toplamı alınarak, her toplam mevcut toplama bölünmektedir. Bu şekilde yanıtların toplamı 1’e eşitlenmektedir, yani normalize edilmektedir. Ulaşılan vektörün birinci faktör birinci faaliyetteki göreceli önemi; ikincisiyse ikinci faaliyetteki göreceli önemi göstermektedir.

Uzman görüşü alınan ikili karşılaştırma matrisinin her bir sütununun toplamı alınmıştır. Her bir sütunda yer alan değer sütun toplamına bölünerek normalize edilmiştir. Normalize edilen ikili karşılaştırma matrisinin satır değerlerinin ortalaması W (öncelik vektörünü) oluşturmaktadır.

Tablo 6.6: AHP öncelik vektörü.

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırım ın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapı nın Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/ Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimleri ni Karşılayabilme Oranı (%) (K10)	ÖNCELİ VEKTÖRÜ (w)
Verilebilir Hız- Band Genişliği (Mbps)Kriteri (K1)	0,2801	0,134	0,328	0,129	0,234	0,126	0,375	0,168	0,520	0,266	0,2559
Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	0,0934	0,045	0,080	0,055	0,039	0,021	0,025	0,019	0,034	0,018	0,0428
Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb) (dB) Kriteri (K3)	0,1378	0,090	0,161	0,166	0,234	0,211	0,151	0,280	0,105	0,160	0,1694
Jitter (ms) Kriteri (K4)	0,0401	0,015	0,018	0,018	0,039	0,014	0,011	0,008	0,010	0,011	0,0184
İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	0,0934	0,090	0,054	0,037	0,078	0,042	0,075	0,169	0,052	0,108	0,0798
İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	0,0934	0,090	0,032	0,055	0,078	0,042	0,025	0,019	0,052	0,011	0,0498
Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	0,0561	0,134	0,080	0,129	0,078	0,126	0,075	0,112	0,052	0,053	0,0896
Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	0,0935	0,134	0,032	0,129	0,026	0,123	0,037	0,056	0,052	0,053	0,0735
Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	0,0561	0,136	0,160	0,192	0,157	0,085	0,151	0,113	0,104	0,266	0,1421
Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılayabilme Oranı (%) (K10)	0,0561	0,134	0,054	0,090	0,038	0,209	0,075	0,056	0,021	0,053	0,0786

Analitik hiyerarşi prosesinin tutarlı bir sistematığı vardır ancak neticelerin gerçekliği, karar vericilerin unsurlar arasından yapacağı karşılaştırmalardaki tutarlılıkla ilgilidir. Analitik hiyerarşi prosesi söz konusu karşılaştırmalar için ölçülebilir bir tutarlılık önerir. Sonuçlardan ulaşılan tutarlılık oranıyla, elde edilen öncelik vektörüyle, unsurlar arasındaki bire bir karşılaştırmaların tutarlılıkları test edilebilmektedir.

AHP, **Tutarlılık Oranı** (CR-Consistency Ratio) hesaplanması, faktör sayısı ile **Temel Değer** adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle normalize edilmiş karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (6.1)$$

Yapılan işlemler sonucunda Karşılaştırma Matrisinin D Sütun vektörü değerleri hesaplanmıştır.

D Sütun Vektörü
3,015833079
0,458886168
1,9611321
0,197390523
0,936309633
0,531756121
1,007641594
0,814907097
1,666790806
0,882359235

Aşağıdaki formüllerde tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (6.2)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan E_i ve λ değerleri;

Ei	
11,78484	
10,70931	
11,57413	
10,74532	
11,72907	
10,68578	
11,25153	
11,08251	
11,72845	
11,22042	
11,25114	Lamda- λ

Hesaplandıktan sonra **Tutarlılık Göstergesi** (CI-Consistency Index), aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanabilir. Son aşamada ise CI, **Rassal Gösterge** (RI-Random Index) olarak adlandırılan ve aşağıdaki tabloda gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek **Tutarlılık Oranı** (CR-Consistency Ratio) elde edilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (6.3)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda İkili Karşılaştırma matrisi için CI ve CR değerleri rassallık tablosundaki değerler baz alınarak hesaplanmış ve CR değerinin 0,1'den küçük olması hasebiyle tutarlı olduğu görülmüştür.

0,139015	CI
----------	----

CR	0,093299	<	0,1
----	----------	---	-----

Tablo 6.7: Rassallık göstergeleri (RI) (Miroslaw ve Van, 2004).

N (Matris Boyutu)	RI (Rassallık Göstergesi)
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

- Verilebilir Hız- Bant Genişliği (Mbps) kriteriyle ilgili uzmanlara ‘‘ Telekomünikasyon Altyapı Projelerinde Verilebilir Hız- Bant Genişliği (Mbps) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j = \dots$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i = 1,2,3,4$ $j = 1,2,3,4$ ’’

Tablo 6.8: Hız – Bant genişliği kriteri için uzman görüşleri.

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Anlternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2 = \dots\dots\dots$	$A1/A3 = \dots\dots\dots$	$A1/A4 = \dots\dots\dots$
BAKIR Anlternatifi (A2)	x	1	$A2/A3 = \dots\dots\dots$	$A2/A4 = \dots\dots\dots$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4 = \dots\dots\dots$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1,0000	7,0130	2,9741	0,3339
BAKIR Alternatifi (A2)	0,1426	1,0000	0,3339	0,1111
FTTC Alternatifi (A3)	0,3362	2,9950	1,0000	0,2053
FTTH Alternatifi (A4)	2,9950	9,0000	4,8718	1,0000
Toplam	4,4739	20,0080	9,1798	1,6503

Sütun toplamalarını her bir değere bölerek normalize değerler hesaplanmıştır.

İkili karşılaştırılma matrisleri geliştirilmesinin ardından, karşılaştırılmış her unsurun göreceli önceliği hesaplanmaktadır. Fakat bu denklem sisteminde öz değer ve öz vektörleri hesaplama özellikle büyük boyutlu matrislerde ($n > 5$) zaman alıcı durumundadır. Öncelikle vektörlerin kurulurken lineer cebir yöntemlerinden yararlanılmaktadır. En büyük öz değer ve söz konusu öz değere karşılık gelen öz vektörlerin hesaplanmasında ve normalize edilmesinde kullanılmaktadır. Bunun için kullanılmakta olan farklı metotlar vardır. Fakat sıklıkla kullanılan normalizasyon yöntemlerinde; her sütundaki elemanlar ilgili sütunun toplamına bölünmektedir. Ulaşılan değerlerin de satır toplamaları alınarak, söz konusu toplamalar satırlardaki elemanların sayısına bölünmektedir. Böylece kriterlerin her biri için öncelik vektörü bulunmaktadır.

Tablo 6.9: Normalize hız- bant genişliği matrisi

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	0,2235	0,3505	0,3240	0,2023
BAKIR Alternatifi (A2)	0,0319	0,0500	0,0364	0,0673
FTTC Alternatifi (A3)	0,0752	0,1497	0,1089	0,1244
FTTH Alternatifi (A4)	0,6695	0,4498	0,5307	0,6060

Normalize edilen Hız- Bant Genişliği Matrisinin satır değerlerinin ortalaması W (öncelik vektörünü) oluşturmaktadır.

ÖNCELİK VEKTÖRÜ (W)
0,2751
0,0464
0,1145
0,564

Sütunlardaki her bir eleman, o sütundaki toplamlara bölünmektedir. Ulaşılan değerlerde satır toplamları da alınmakta ve toplamlar elemanların sayılarına bölünmektedir. Burada yapılmakta olan hesaplar gerçek öz vektör tahminindeki doğruluğunun çok yakın olması nedeniyle tercih edilmektedir.

Normalize hız- bant genişliği matrisi ve öncelik vektörü çarpımında D Sütun vektörü hesaplanmıştır.

D SÜTUN VEKTÖRÜ
1,129365
0,186522
0,461735
2,363392

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (6.4)$$

Formülleri kullanılarak Hız- Bant Genişliği Kriteri için E_i ve λ değerleri hesaplanmıştır.

Ei	
4,105541142	
4,02087836	
4,031170078	
4,190505084	
4,087023666	Lamda - λ

Tutarlılık Göstergesi (CI) ve Tutarlılık Oranı (CR) değerleri:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (6.5)$$

Formülleri kullanılarak hesaplanmış ve CR değerinin 0,1'den küçük olması sebebiyle tutarlı olduğu görülmüştür.

	0,029007889	CI	
CR	0,032230987	<	0,1

Tüm kriterler için benzer şekilde uzman görüşleri alınarak W öncelik vektörleri, D Sütun vektörleri, Tutarlılık Göstergesi (CI) ve Tutarlılık Oranı (CR) değerleri hesaplandıktan sonra elde edilen değerlerden karar matrisi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$K = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

6.3. KARAR NOKTALARININ YÜZDESEL DAĞILIMI

Karar matrisinin ve öncelik vektör çarpımından L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1'dir. Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da gösterir.

Tablo 6.10: Karar matrisi.

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) (K5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereklerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif i (A1)	0,0704	0,0110	0,0542	0,0045	0,0121	0,0056	0,0061	0,0122	0,0315	0,0190
BAKIR Alternatif i (A2)	0,0119	0,0022	0,0077	0,0009	0,0186	0,0146	0,0493	0,0123	0,0069	0,0039
FTTC Alternatif i (A3)	0,0293	0,0051	0,0377	0,0019	0,0129	0,0028	0,0148	0,0124	0,0165	0,0082
FTTH Alternatif i (A4)	0,1443	0,0245	0,0697	0,0111	0,0363	0,0269	0,0194	0,0367	0,0872	0,0476

$$L = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{21} \\ \vdots \\ I_{m1} \end{bmatrix} \quad (6.7)$$

Tablo 6.11: Karar matrisi ve öncelik vektörü çarpımı.

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırım ın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif (A1)	0,2751	0,2574	0,3199	0,2434	0,1515	0,1116	0,0680	0,1653	0,2215	0,2410
BAKIR Alternatif (A2)	0,0464	0,0510	0,0457	0,0499	0,2333	0,2929	0,5504	0,1677	0,0488	0,0496
FTTC Alternatif (A3)	0,1145	0,1191	0,2228	0,1041	0,1611	0,0559	0,1648	0,1681	0,1162	0,1046
FTTH Alternatif (A4)	0,5640	0,5725	0,4116	0,6025	0,4541	0,5396	0,2167	0,4989	0,6135	0,6047

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki , Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırım ın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/ Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif (A1)	0,0704	0,0110	0,0542	0,0045	0,0121	0,0056	0,0061	0,0122	0,0315	0,0190
BAKIR Alternatif (A2)	0,0119	0,0022	0,0077	0,0009	0,0186	0,0146	0,0493	0,0123	0,0069	0,0039
FTTC Alternatif (A3)	0,0293	0,0051	0,0377	0,0019	0,0129	0,0028	0,0148	0,0124	0,0165	0,0082
FTTH Alternatif (A4)	0,1443	0,0245	0,0697	0,0111	0,0363	0,0269	0,0194	0,0367	0,0872	0,0476

L Sütun Vektörü
0,2264
0,1284
0,1416
0,5036

Karar matrisinin ve öncelik vektör çarpımından elde edilen L sütun vektörünün elemanları alternatiflerin önemini göstermektedir. L vektörünün elemanları toplamı 1'e eşit olduğundan aynı zamanda alternatiflerin %'sel dağılımını da göstermektedir. AHP yöntemiyle yapılan hesaplamalar sonucunda %50 FTTH projesi tercih edilmeli, %22,6 FTTB projelerine yer verilmeli, FTTC projelerin oranı %14,2 ve en son olarak Bakır altyapılar %12,8 değerle en son tercih edilmesi gerekenler olarak sıralanmıştır.

TOPSIS Yöntemiyle yapılan uygulamada, 15 sektör uzmanının belirlediği değerlerin geometrik ortalaması alınarak oluşturulan karar matrisi;

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (6.8)$$

Formülü kullanılarak normalize edilmiştir.

Tablo 6.12: Normalize karar matrisi (R).

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) (K5)	İşletme Maliyeti (Opex) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif (A1)	0,658	0,420	0,308	0,377	0,829	0,548	0,756	0,453	0,321	0,511
BAKIR Alternatif (A2)	0,158	0,680	0,804	0,744	0,207	0,372	0,291	0,453	0,697	0,319
FTTC Alternatif (A3)	0,329	0,506	0,506	0,540	0,415	0,726	0,501	0,453	0,533	0,479
FTTH Alternatif (A4)	0,658	0,325	0,052	0,113	0,312	0,184	0,305	0,619	0,356	0,639

Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulmasında kullanılan ağırlık değerleri (w_i) AHP yöntemiyle belirlenmiş olan ağırlık değerleri kullanılmıştır.

$$(\sum_{i=1}^n w_i = 1) \quad (6.9)$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6.10)$$

Tablo 6.13: Ağırlıklandırılmış normalize matris (V).

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL) K(5)	İşletme Maliyeti (OPEX) Kriteri (TL/Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı (%) (K10)
FTTB Alternatif (A1)	0,168	0,018	0,052	0,007	0,066	0,027	0,068	0,033	0,046	0,040
BAKIR Alternatif (A2)	0,040	0,029	0,136	0,014	0,017	0,019	0,026	0,033	0,099	0,025
FTTC Alternatif (A3)	0,084	0,022	0,086	0,010	0,033	0,036	0,045	0,033	0,076	0,038
FTTH Alternatif (A4)	0,168	0,014	0,009	0,002	0,025	0,009	0,027	0,046	0,051	0,050

İdeal ve Negatif İdeal Çözümler

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (6.11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (6.12)$$

Formülleri kullanılarak hesaplanmıştır:

Tablo 6.15: Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler.

Pozitif İdeal Çözüm	0,168	0,014	0,009	0,002	0,017	0,009	0,026	0,046	0,046	0,050
Negatif İdeal Çözüm	0,040	0,029	0,136	0,014	0,066	0,036	0,068	0,033	0,099	0,025

Tablo 6.16: İdeal uzaklık hesaplanması.

	Veril ebilir Hız- Band Geniş liği (Mbps) Krite ri (K1)	Ping Süres i (ms) Krite ri (K2)	Kayıp (Mesaf e, Elektro manyet ik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatır ım Mali yeti (Cap ex) Krite ri (TL/ Yıl) K(5)	İşlet me Mali yeti (OPE X) Krite ri (TL/ Yıl) K(6)	Yatır ımın Geri Dönü şü (Yıl) Krite ri (ROI) K(7)	Altyapı nın Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklı (Adet/Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknoloji lerin Gereksini mlerini Karşılaya bilme Oranı (%) (K10)	İdeal Uzaklık
FTTB Altern atifi (A1)	0,000 0000	0,000 0166	0,00187 79	0,00002 36	0,002 4649	0,000 3283	0,001 7373	0,00014 94	0,0000000	0,0001009	0,08184 7
BAKİ R Anlter natifi (A2)	0,016 4090	0,000 2315	0,01623 80	0,00013 44	0,000 0000	0,000 0874	0,000 0000	0,00014 94	0,0028572	0,0006304	0,19167
FTTC Altern atifi (A3)	0,007 0886	0,000 0607	0,00590 26	0,00006 18	0,000 2738	0,000 7259	0,000 3532	0,00014 94	0,0009109	0,0001576	0,12523 7
FTTH Altern atifi (A4)	0,000 0000	0,000 0000	0,00000 00	0,00000 00	0,000 0698	0,000 0000	0,000 0015	0,00000 00	0,0000241	0,0000000	0,00977 1

Tablo 6.17: Negatif ideal uzaklık

	Verilebilir Hız-Band Genişliği (Mbps) Kriteri (K1)	Ping Süresi (ms) Kriteri (K2)	Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi vb.) (dB) Kriteri (K3)	Jitter (ms) Kriteri (K4)	İlk Yatırım Maliyeti (Capex) Kriteri (TL/ Yıl) K (5)	İşletme Maliyeti (Opex) Kriteri (TL/ Yıl) (K6)	Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl) Kriteri (ROI) (K7)	Altyapının Ömrü (Yıl) Kriteri (K8)	Arıza Sıklığı (Adet/ Yıl) Kriteri (K9)	Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerinin Karşılabilme Oranı (%) (K10)	NEGATİF İDEAL UZAKLIK
FTTB Alternatifi (A1)	0,0164090	0,0001241	0,0070717	0,0000453	0,0000000	0,0000779	0,0000000	0,0000000	0,0028572	0,0002269	0,16374
BAKIR Alternatifi (A2)	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0024649	0,0003095	0,0017373	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,06717
FTTC Alternatifi (A3)	0,0019276	0,0000551	0,0025604	0,0000139	0,0010955	0,0000000	0,0005239	0,0000000	0,0005416	0,0001576	0,08292
FTTH Alternatifi (A4)	0,0164090	0,0002315	0,0162380	0,0001344	0,0017050	0,0007259	0,0016362	0,0001494	0,0023561	0,0006304	0,20054

	SONUÇLAR	NORMALİZE SONUÇLAR	SIRALAMA
FTTB Alternatifi (A1)	0,66673551	0,292667923	2
BAKIR Alternatifi (A2)	0,259502739	0,113910428	4
FTTC Alternatifi (A3)	0,398350666	0,174858636	3
FTTH Alternatifi (A4)	0,953540863	0,418563013	1
TOPLAM	2,278129778		

TOPSIS yöntemiyle yapılan hesaplamalar sonucunda %41 FTTH projesi tercih edilmeli, %29,2 FTTB projelerine yer verilmeli, FTTC projelerin oranı %17,4 ve en son olarak Bakır altyapılar %11,4 değerle en son tercih edilmesi gerekenler olarak sıralanmıştır.

TOPSIS ve AHP yöntemleriyle elde edilen sonuçları değerlendirdiğimizde:

- İki yöntemle de yapılan hesaplamalarda en yüksek değeri FTTH projeleri almıştır. TOPSIS yönteminde %41, AHP yönteminde %50 yatırım projelerinin FTTH olarak uygulanması gerektiği yönünde sonuçlar elde edilmiştir.
- Her iki yöntemde de ikinci sırada FTTB projelerinin uygulanması gerektiği hesaplanmıştır. TOPSIS yönteminde %29,2, AHP Yönteminde %22,6 olarak hesaplanmıştır.
- Her iki yöntemde de üçüncü sırada FTTC projeleri yer almış, TOPSIS yönteminde 17,4 ve AHP yöntemiyle yapılan hesaplamada %14,2 olarak birbirine yakın değerlerde hesaplanmıştır.
- Dördüncü ve son sırada her iki yöntemle de yapılan hesaplamalarda Bakır projeleri yer almıştır. TOPSIS yönteminde %11,4 ve AHP yönteminde 12,8.

Elde edilen bu sonuçlar sonucunda her iki yöntemle de yapılan hesaplamalarda sıralamanın aynı çıktığı ve değerlerin birbirine yakın olması verilerin tutarlı olduğunu göstermektedir. TOPSIS ve AHP yöntemlerinin hesaplama prosedüründeki farklar sebebiyle sonuçların farklı ama birbirine yakın çıkması beklenen bir durumdur. AHP yönteminde ikili karşılaştırmalar metoduyla hesaplamalar yapılırken, TOPSIS yönteminde ideal çözümlere an yakın ölçütün göz önüne alınması bu değerlerde farklılıkların olmasına sebep olmaktadır.

Elde edilen sonuçlar 100 Mbps hızların sağlanabildiği proje türleri toplamının (FTTH, FTTB ve FTTC) TOPSIS yönteminde %87,5 ve AHP yönteminde %86,8 değerleriyle Avrupa Komisyonu tarafından deklare edilen genişbant ihtiyaçlarını karşılama konusundaki eğilimi belirleyen "A digital agenda for Europe" başlıklı strateji belgesinde yer alan ‘ ‘ Kentsel ve Kırsal Avrupa hanelerine, Gigabit hızına kadar yükseltilebilen en az 100 Mbps’lik dowload sunan internet bağlantısı verilmesi ‘ ‘ kararını destekler niteliktedir.

Ülkemizdeki pazarın gelişimine baktığımızda Türkiye, OECD devletleri arasında 2019 ile 2020 senelerinde bir senelik dönemde “sabit internet yaygınlığı” en çok artış gösteren ülkeler içinde ilk sıradadır. Bu süreçte OECD ülkelerinin bir senelik yaygınlık artışındaki ortalama %1,4 iken,

ülkemizdeki oranın %2,8 olarak gerçekleştiği görülmüştür. (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

OECD ülkeleri ile Türkiye'nin nüfusuna nazaran sabit ve mobil genişbant yaygınlık oranına bakıldığında Türkiye'deki genişbant yaygınlık oranının %20,8 olduğu, OECD ülkelerinin ortalamasının %33,2 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Mobil genişbant yaygınlık oranı Türkiye'de %81,7 iken OECD ortalaması %117,5'tir. OECD ülkeleriyle kıyaslandığında da Türkiye pazarının gelişimini sürdürdüğü yorumu yapılabilir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Sabit pazarda teknolojik altyapılara göre incelediğimizde XDSL müşterilerinin son 1 yıl içerisinde %9,9 Eve Kadar Fiber (FTTH) müşterilerinde %32,3 “binaya kadar fiber” müşterilerinde de %5,3 artış olduğu görülmektedir. Toplam “fiber” kullanıcı sayısında da %9,3 müşteri sayısının artışı belirtilmiştir. Bu veriler üzerinden sabit genişbant taleplerinin devam ettiğinin, pazarın gelişmeye ve büyümeye devam ettiği yorumu yapılabilir. (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Ülkemizde ise Bakanlık tarafından yayınlanan “Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı” kapsamında 2023 yılına kadar; Her hane veya işyerine yeni nesil teknolojiler aracılığıyla en az 100Mbps hızında genişbant erişimi sağlanması hedeflenmektedir. Fakat 2021 yılı ikinci çeyrek itibariyle sabit genişbant kullanıcılarının %6 olan 50 Mbps hızı ve daha yüksek hızlardaki kullanıcı sayısının artırılması genişbant pazarı ve genişbantın etkilediği sektörlerdeki gelişmeler açısından önem arz etmektedir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Yapılan hesaplamalar sonucu 50 Mbps ve üzerinde hızların verilebildiği proje türlerinin toplamının %85'in (FTTH + FTTB + FTTC) üzerinde olması “Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı” nı destekler durumdadır.

Yeni yapılan imalatların mümkün olduğunca 100 Mbps ve üzerindeki hızları destekleyecek projelerden seçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda eğer hiçbir altyapısı olmayan bir alanın planlaması yapılacaksa FTTH ve FTTB projelerinin seçilmesinin daha uygun olacağı görülmektedir.

Mevcut altyapı üzerinden kullanıcı yoğunluğunun bulunduğu ve hızlı dönüşüm gereken lokasyonlarda FTTC projeleri uygulanabilir. Bakır projelerinin mümkün olduğunca az uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. FTTC ve FTTB kabinlere 100 m'den daha yakın lokasyonlarda dönüşüm projeleri olarak lokal kablolar için uygulanabileceği öngörülmektedir.

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sabit Telekomünikasyon sektöründe altyapı imalatında uygulanacak yakınsama projeleri tercihlerinde kullanıcıların beklentilerini en yüksek düzeyde karşılamak ve telekomünikasyon şebeke yatırımı yapan şirketler için en uygun uygulanabilir proje tercihinin yapılabilmesi için çok kriterli karar verme metotlarından AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak uygulama yapılmıştır. Uygulamada kullanıcı beklentilerinin (QoE) sabit altyapıların proje türlerinin etkilediği verilebilir hız, ping süresi, kayıp ve jitter kayıpları dikkate alınmıştır. Diğer taraftan proje tercihinde altyapı imalatını gerçekleştirecek olan internet servis sağlayıcılarının da ilk yatırım maliyeti (Capex), işletme maliyeti (Opex), yatırımın geri dönüşü (ROI), altyapının ömrü, arıza sıklığı, gelecek teknolojilerin gereksinimlerini karşılama oranını gibi katlanması gereken maliyetler kriter olarak seçilmiştir. Birbirinden farklı birimlere sahip olan bu kriterleri analiz edip en uygun proje türüne karar verilebilmesi içinde ikili karşılaştırmalar yapan çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve öklid uzaklığı yaklaşımında, alternatiflerin ideal çözüme göreceli mesafelerini değerlendirmeleri sonucunda alternatiflerin sıralamasını yapan TOPSIS yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), karar verme sürecinde karar vericinin/uzmanların bilgi ve tecrübelerine önem verilmesinin gerektiğini savunmaktadır. Bu yaklaşım reel yaşamda verilen karmaşık ve çok amaçları etkileyecek kriterler kümesi ile bu kriterlerin verilecek karardaki göreceli önceliklerini uzmanların değerlendirmelerine dayanarak belirlemektedir. Bu şekilde sistematik bir yaklaşım ile sayısal performans ölçümleri sübjektif değerlendirmelerle birleştirilerek iyi neticeler elde edilmektedir.

AHP, karar hiyerarşilerinin tanımlanmasında kullanılmakta ve kararları etkileyen unsurlar bakımından karar nokta dağılımlarını göstermekte ve bu şekilde tahminlerde bulunarak karar verilmesini sağlayan bir yöntem olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemde karar hiyerarşinde önceden tespit edilmiş bir karşılaştırma skalası kullanılır hem kararın etkilendiği unsurlar hem de karar noktalarının değerleri bakımından bire bir karşılaştırmalar yapılır. Neticede önem farkları, karar noktalarında yüzdesel dağılıma dönüşür (Ünal, 2011). AHP yönteminde en üstte bir hedef bulunur, hedefin altında sırası ile kriterlerin, alt kriterlerin ve seçeneklerin bulunduğu hiyerarşik bir yapı kullanılır (Thomas, 2003).

TOPSIS çok kriterli karar alma metotları içinde en sık kullanılanlarından biridir. Yöntemin ana düzeninde, tercih edilen seçenek “ideal çözüme” en yakın uzaklıkta, “negatif ideal çözüme” en uzun mesafede olması gerekmektedir. TOPSIS yöntemi kriterlerin her birinin monoton bir biçimde artan yahut azalan yarar eğilimi olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla bu metotta ideal ve negatif ideal olan çözümlerin tanımlanması kolay olmaktadır. Öklid uzaklığı yaklaşımında alternatiflerin ideal çözüme göreceli mesafelerini değerlendirmelerini hedeflemektedir. Bu şekilde göreceli uzaklık karşılaştırılmaları bir seri aracılığı ile alternatiflerin tercih sıraları çıkarılabilmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).

Bu tez çalışmamızda telekomünikasyon sektöründe sabit altyapı üzerinden hizmet alan kullanıcıların ve telekomünikasyon sektöründe yer alan sabit altyapı işletmecilerinin beklentilerini göz önünde bulundurup sektörde çalışan uzmanlardan oluşan bir gruba bu kriterleri birbirine göre önceliklendirebildikleri uzman görüşü anketi uygulanmıştır. Anket verileri sonucunda sabit telekomünikasyon sektöründen çalışan uzman görüşleriyle oluşan veriler AHP ve TOPSIS yöntemleri uygulanarak değerlendirilmiş ve olası durumlarda uygulanması gereken yakınsama projesi kararları verilmiştir.

AHP yöntemiyle yapılan hesaplamalar sonucunda 1. Sırada %50 FTTH projesi tercih edilmeli, TOPSIS yöntemiyle yapılan hesaplamada 1. Sırada %41 FTTH projesi tercih edilmeli sonucuna ulaşılmıştır. İki yöntemle de yapılan hesaplamada farklı ama birbirine yakın değerlerle FTTH proje türü birinci sırada yer almıştır. Yapılacak yatırım kararlarında %40-50 arası FTTH projelerin uygulanması kullanıcı beklentilerini en uygun oranda karşılayacağı aynı zamanda yatırım gerçekleştiren şirketin beklentilerini en üst düzeyde karşılayacağı yorumunda bulunulabilir.

AHP yönteminde ikinci sırada %22,6 FTTB benzer şekilde TOPSIS yönteminde de %29,6 FTTB altyapı projelerine yer verildiğinde kullanıcı beklentileri ve altyapı sağlayıcıları için uygun olacağı yorumu yapılabilir.

İlk iki sırada yer alan projeler değerlendirildiğinde binaya kadar fiber projelerinin öne çıktığı, gelişen teknolojiyle kullanıcı beklentilerinin karşılanabilmesi uygulanan projeler içerisinde eve kadar ve binaya kadar fiber projelerinin %70-75 oranında veya üzerinde yer almasının müşteri memnuniyeti açısından ve şirketlerin beklentileri açısından uygun olacağı değerlendirilebilir.

AHP uygulamasında 3. Sırada %14,2, benzer şekilde TOPSIS uygulamasına %17,4 oranla FTTC projeleri yer almıştır. AHP ve TOPSIS uygulamalarında son sırada bakır altyapı uygulama projeleri yer almıştır. Bu sonuçlara göre zorunlu bir durum olmadıkça bakır altyapı imalatlarının tercih edilmemesi gerektiği belirtilebilir.

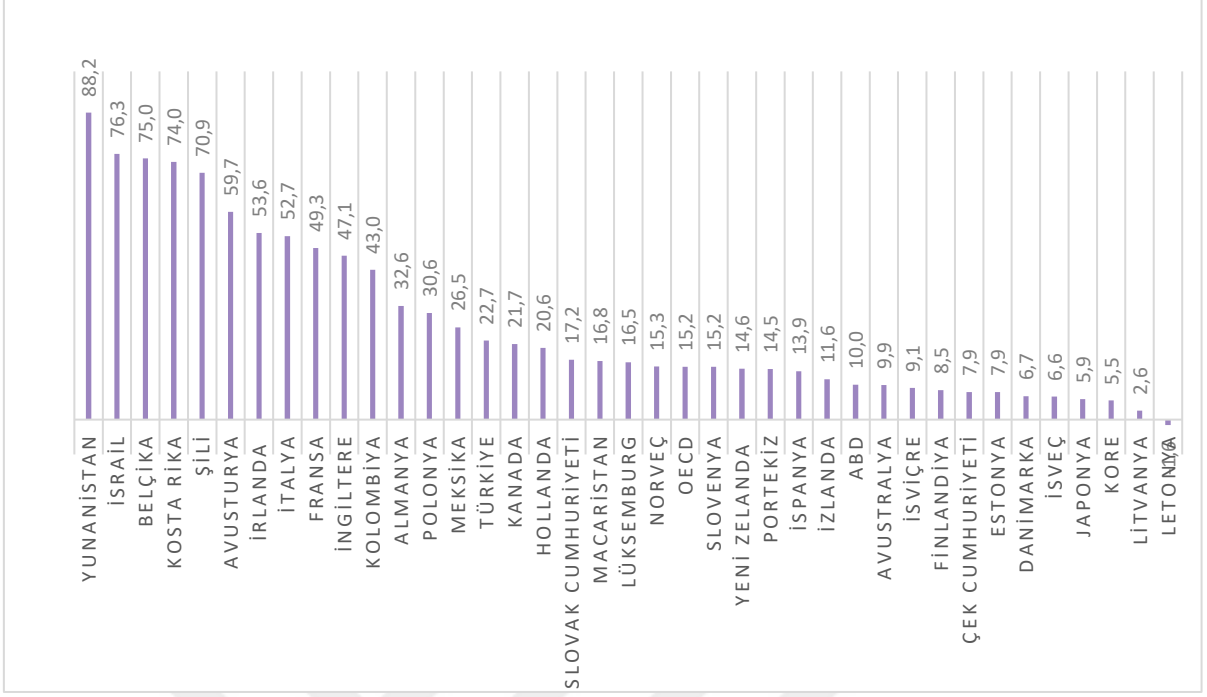
Bu sonuçlarla Bakanlık tarafından yayınlanan “Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı” kapsamında 2023 yılına kadar 100 Mbps hız alabilecek kullanıcı sayısını artırmak için FTTH, FTTB ve FTTC (lokal bakır mesafesi 100 m geçmemek şartıyla) projeleri uygulanabilir durumdadır. AHP ve TOPSIS yöntemleriyle müşteri beklentileri ve uzman görüşleriyle yapılan hesaplamalar sonucunda bu projelerin yüzdesel toplamaları %85 ve üzerinde değerlerde hesaplanmıştır. Dolayısıyla beklenti ve sonuçların uyumlu olduğu söylenebilir.

Ülkemizde 2021 yılı ikinci çeyrek itibariyle genişbant kullanıcılarının 50 Mbps ve üzerinde yüksek hız kullananların oranının %6 olması hedeflenen değerler ulaşılabilmesi için fiber projelerinin hızlıca uygulanması gerektiğini göstermektedir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021).

Şekil 7.1’de görüldüğü üzere Türkiye Cumhuriyetinin 2020-2021 yılları arasında fiber kullanıcısı artış oranı (FTTH ve FTTB dahil, FTTC hariç) OECD ülkelerinin ortalamasında yüksektir.

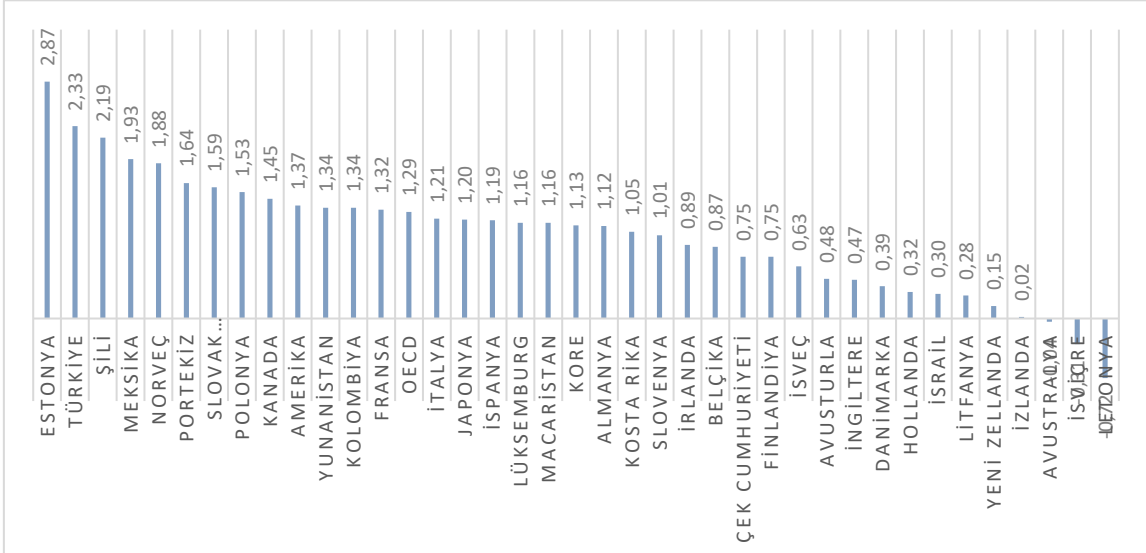
Şekil 6.2’te sabit genişbant kullanıcı değişimine yer verilmiştir. Grafikten de gözlemlendiği üzere Türkiye sabit internet pazarı 2020-2021 yılları arasında %2,33 büyümeyle OECD ülkelerinin ortalamasından daha yüksek bir büyüme oranıyla gelişmeye ve büyümeye devam etmektedir.

Şekil 7.3’te yer alan ülkeler bazında kullanıcılar sabit internet hız dağılımları incelendiğinde Türkiye Cumhuriyetindeki kullanıcıların 10 Mbps-30 Mbps hızları arasında yoğun olarak yer aldığı görülmektedir. Sabit internet altyapıda fiber dönüşüm oranı yüksek olan Kore, Portekiz, İsveç ve İspanya’nın sabit internet kullanıcılarının %30 ve daha fazlasının 100 Mbps ve üstü hızlarda internet tarifelerini kullandıkları gözlemlenmektedir.

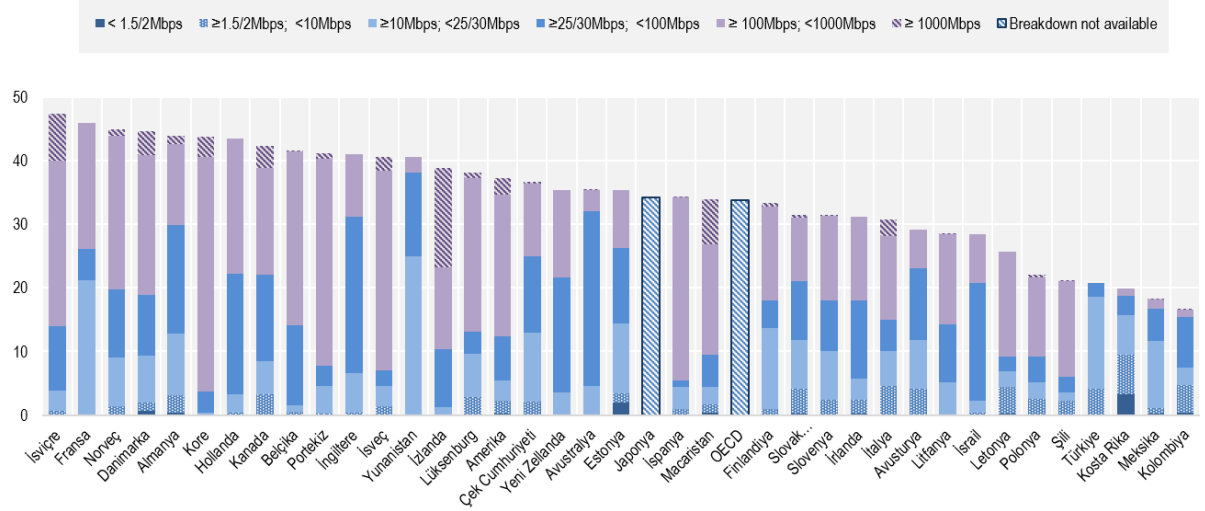


Şekil 7.1: Ülkelerin 2020-2021 yılları arasında fiber kullanıcı sayısındaki artış oranları
(www.oecd.org)

NOT: Fiber kullanıcısı olarak verilen değerlerde FTTH, FTTP ve FTTB dahildir. FTTC ve FTTN dahil değildir.



Şekil 7.2: 2020-2021 yılları arasında OECD ülkelerinde % sabit genişbant kullanıcı değişimi
(www.oecd.org)

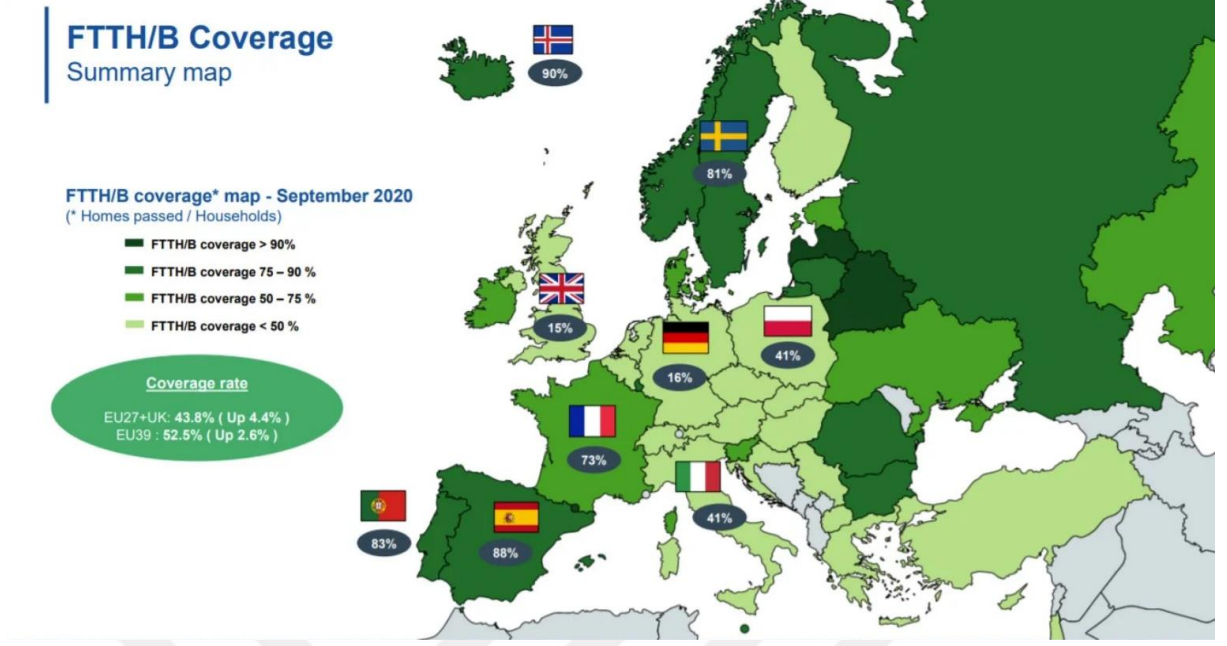


Şekil 7.3: Ülkeler bazında kullanıcıların sabit internet hız dağılımları 2020-2021 (www.oecd.org)

FTTH Avrupa Konseyi için derlenen rakamlara göre Eylül 2020 tarihi itibarıyla Avrupa ülkelerinde sabit fiber genişbant hizmetinden faydalanabilen hanelerin oranı %52,5'e yükseldi. Avrupanın 39 ülkesinde sabit internet hizmeti alabilen hane sayısı toplamda 183 Milyon haneyi geçmiştir durumda.

2020 yılında Fransa'da 4,6 Milyon hane, İtalya'da 2,8 Milyon hane, Almanya'da 2,7 Milyon hane ve İngiltere'de 1,7 Milyon hane fiber internet hizmetini kullanmaya başlamıştır. 2020 yılında da İzlanda FTTH/B lig tablosunda %70,7 fiberleşmeyle en üst sırada yer alırken %70,4 fiberleşme oranıyla Beyaz Rusya ve %62,6 fiberleşme oranıyla İspanya yer almaktadır. (<https://www.ftthcouncil.eu>)

Şekil 6.5'te Avrupa ülkelerinin sabit altyapıda fiber kapsama oranları incelendiğinde İzlanda, Estonya ve Beyaz Rusya'nın %90 fiber kapsama alanı ile başı çektiği, Norveç, İsveç, İspanya ve Portekiz'in %80 üzerinde sabit fiber kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7.4: Avrupa ülkeleri fiberleşme oranı (FTTH-FTTB) (<https://preview.redd.it>)

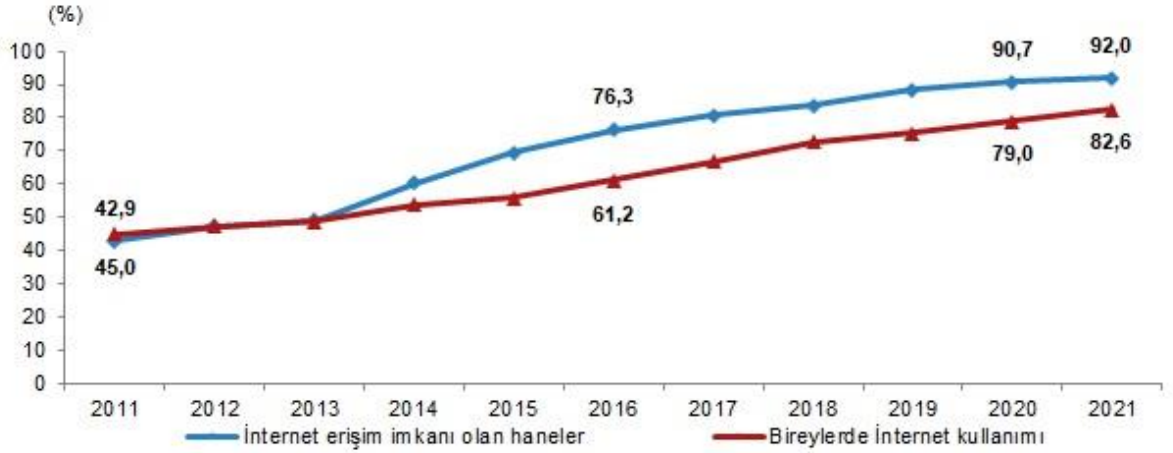
Fiberleşmenin ülkemizde hızlıca yaygınlaşmasının önündeki bazı kısıtlar şunlardır:

- Projelerde kullanılan FTTB cihazlar, FTTC cihazlar, Fiber optik ölçüm cihazları, Fiber optic ek cihazları ve son kullanıcıların kullandığı uç cihazların ithal ediliyor olması sebebiyle cihaz ve malzeme temini konusunda yaşanabilecek aksaklıklar.
- İnternet Servis Sağlayıcıların nüfus yoğunluğuna göre yatırımlarını önceliklendirmesi. Dolayısıyla nüfus yoğunluğu olan yerlerde birden fazla İnternet Servis Sağlayıcısının yatırım yaparak atıl kapasite yaratması. Nüfus yoğunluğu az olan yerlere yatırımın gecikmesi.
- Kırsal alanlara kurulması planlanan sistemler için enerji sorununun bulunması (FTTB ve FTTC kabinler için).
- Yapılacak yatırımın efektif bulunmaması sebebiyle İnternet Servis Sağlayıcısı şirketler tarafından yatırım yapmaktan kaçınılması.

Fiberleşmenin hızlı yaygınlaşması için öneriler:

- Herhangi bir İnternet Servis Sağlayıcısı tarafından genişbant hizmet verilebilen ve kapasite sorunu bulunmayan bir lokasyona başka bir servis sağlayıcısının yatırım yapmasına izin verilmemesi. Böylece kaynaklar daha fazla kullanıcının yüksek genişbant hızına erişebileceği alanlarda kullanılmış olur.
- Kullanıcı yoğunluğu olmayan lokasyonlara yatırım teşvikleri verilmesi. Mevcut altyapı bulunsu bile belirlenen genişbant hızlara erişilemiyorsa da dönüşüm projeleri teşvik kapsamında olmalı.

- Tüm İnternet Servis Sağlayıcılarının altyapılarının paylaşımına açık olmasının sağlanması. Mevcut lokasyonda altyapısı bulunan bir işletmeci varsa, altyapısı olan işletmecinin mevcut kapasitesi (GB), kullanılmayan (boş) kapasitesi (%GB), fiber kablo mesafesi (m) ortak bir sisteme işlenmesi ve gerektiğinde ilgili kurumlar tarafından (BTK, Ulaştırma Bakanlığı v.b.) gerekli koordinasyonun sağlanması, hanelere fiber altyapısının ulaşma hızını artıracaktır (BTK, 2010).
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından 2011 ve 2021 yılları arasında hanelerin genişbant erişim imkanıyla ilgili yapılan çalışmada 2021 itibarıyla ülkemizdeki hanelerin %8'inin internete genişbant internet erişim imkanı olmadığı anlaşılmaktadır. Fiber altyapısının yaygınlaştırılmasıyla genişbant internet erişiminin faydalanan hane sayısının da artırılması hedeflenmelidir.



Şekil 7.5: İnternet erişim imkânı olan haneler ve bireylerde İnternet kullanımı, 2011-2021
(<https://data.tuik.gov.tr>).

- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayınlanan Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar verileri raporunda 2021 yılı 4. Çeyreğinde Sabit genişbant pazarında XDSL abone sayısının 11,4 milyona ulaştığını, fiber abone sayısının 4,8 milyon olduğu belirtilmiştir.
- Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları (TCDD), Türkiye Elektrik İletim A.Ş.(TEİAŞ), Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) v.b. kurumların kendi sistemleri için imal ettikleri fiber hatlardaki ve güzergahlardaki atıl kapasite paylaşımına açılarak fiberleşme hızına katkıda bulunulabilir (BTK, 2010). Tellcom İletişim Hizmetleri Anonim Şirketinin Rakabet Kurumuna başvurusu sonucu

18 Mart 2010 tarihinde 2009-2-309 dosya sayılı, 10-24/327-115 sayılı Rekabet Kurulu kararıyla: ‘‘Botaş Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.ř.’nin fiber optik kablo altyapısının 15 yıl süre ile kiraya verilmesi işlemine izin verilmesi’’ uygun bulunmuştur (www.rekabet.gov.tr).

- Belediyeler, Enerji dağıtım şirketleri, Kara yolları, Demir yolları v.b. haberleşme altyapısı dışındaki altyapı imalatı yapan şirketlerin yeni güzergah inşaatları sırasında haberleşme altyapısı için kullanılabilecek güzergahların da beraberinde yapılmasının sağlanması. İhtiyaç duyulması halinde ortak altyapı imalatı koordinasyonunun sağlanması ilgili Bakanlık tarafından sağlanabilir (Ulusal Genişbant ve Eylem Planı, 2020).



KAYNAKLAR

- Agrawal, G.P., 2010, *Fiber-Optik Communication Systems*, The Institute of Optics, University of Rochester, New York.
- Akçin, M., Alagöz, B., Keleş, C. ve A. Karabiber, A. K., 2013, Dağıtık kontrol ile akıllı şebekelerde geniş-alan yönetimi ve geleceğe dönük projeksiyonlar, *SAÜ Fen Bilimler Dergisi*, Cilt 17, Sayı 3, 457-470.
- Aktürk, E., Demirkan, F., G.Çintir, Uysal, Ö., Hacıbeyoğlu, B. ve Yavuz, O., 2014, IMS-TDM integration: AGCF Solution, *22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 23-25 Nisan Trabzon.
- Akyüz, Y., Bozdoğan, T. ve Hantekin, E., 2011, TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (1) , 73-92.
- Alp, S. ve Gündoğdu, C., 2012, Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 14, no. 1, 7-25.
- Altınkaya, Z., 2021, *AHP, Bulanık AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak İyileştirme Önerileri İçin Karar Destek Sistemi Oluşturulması*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi .
- Altuncu, A., 2016, *Fiber Optik Haberleşme Sistemleri*, Ders Notları, Dumlupınar Üniversitesi.
- Antonelli, C., Mecozzi, A., Shtauf, M. and Winzer, P., 2012, Stokes-space analysis of modal dispersion in fibers with multiple mode transmission, *Optics Express*, Vol. 20, Issue 11, 11718-11733.
- Arshia, A., Aryanezhad, M., Ashtiani, B. and A.Makui., 2009, A Novel Approach to Determine Cell Formation Intracellular Machine Layout and Cell Layout in The CMS Problem Based on Topsis Method, *Computers&Operations Research*, Volume 36, Issue 5, 1479-1480.
- Aybar, O. ve Köklükaya, E., 2002, XDSL Teknolojisi, *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6.Cilt, 3.Sayı, 98-101.
- Ballı, S. ve Dikmen, E., 2020, Heterojen Ev Ağlarının Aralık Tip-2 Bulanık AHS ve TOPSIS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, *Journal of Information Technologies*, Volume 13, Issue 4, 411 - 421.
- Bektaş, İ. ve Ayyıldız, H., 2009, XDSL Genişbant Ağ Teknolojisi Ürünlerinin Türkiye'de Yayılımı ve Bass Yenileşim Yayılma Modeli Gerçekleşmesinin Araştırılması, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F.*, Cilt XXVII, Sayı II, 367-383.
- Bertin, E., Crespi, N. and Magedanz, T., 2013, *Evolution of Telecommunication Services*. e-book, Springer.

- Karaçuha, E., Güngör, M., Evren, G. ve Kibar, Y., 2010, *Sayısal Kentlere Dönüşüm. Genişbant ve Fiber: İktisadi Düzenleyici İncelemeler, Deneyimler ve Öneriler*, Bilişim Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2012, *Geleneksel Arabağlantıdan IP Arabağlantıya Geçiş Sürecinde Türkiye Değerlendirmesi*, Ankara
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2012, *Genişbant Hizmetlerinde Şeffaflık Düzenlemeleri ve Hizmet Kalitesi uygulamaları*, Ankara.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2013, *Bilg Pazar Analizi Çalışmaları*, <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/onceki-pazar-analizleri/sabitaramahizmeti-pa-kgaid-2013.pdf> [Ziyaret tarihi: 14.02.2022]
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2013, *Sabit Şebeke Üzerinden Arama Hizmetine İlişkin Pazar Analizi. Ankara: Kamuoyu Görüşü Alınmasına İlişkin Doküman*, Ankara.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2021, *Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar Verileri Raporu*, Ankara.
- Bolo, C., 2005, Linear Programming Models For Estimating Weights In The Analytic Hierarchy Process, *Computers&Operations Research*, 2235-2236.
- Chen, S. and Hwang, C., 1992, *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin,
- Churi, J.R., 2012, Evolution of networks. *IJCA Proceedings on International Conference on Advances in Communication and Computing Technologies*, Foundation of Computer Science (FCS), 8-13.
- Civelek, F., 2010, *Yeni Nesil Şebekelerin Telekomünikasyon Sektörüne Düzenlemelere Etkileri*, Planlama Uzmanlığı Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Bilgi Toplumu Dairesi, Ankara.
- Cohon, J.L., 1978, *Multi Objective Programming and Planning*, Academic Press, Inc., New York, U.S.A.
- Coşkun, G., 2013, *Sabit-Mobil Yakınsama Modellerinden Biri Olan Femtocell'in Dünya Uygulamaları ve Türkiye İçin Düzenleme Önerileri*, Teknik Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara.
- Cover, T. and Thomas, J., 1991, *Elements of Information Theory*, A Wiley-Interscience Publication, Newyork.
- Çelikten, M., Gılıç, M., Çelikten, Y. ve Yıldırım, A., 2019, Örgüt Yönetiminde Karar Verme Süreci, *Mersin University Journal of the Faculty of Education*, Vol. 15 Issue 2, 581-592.
- Dae-Ho, B., 2001, The AHP Approach For Selecting An Otomobile Purchase Model. *Information&Management*, 38, 290.
- Daft, R., 1991, *Management*, The Dryden Press 2.Ed., USA.

- Dağdemir, Ş. ve Güngör, E., 2004, Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt I-II, Sayı:2, 2-21.
- Demireli, E., 2010, Topsis Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'de Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, (5:1), 101-112.
- Denizhan, B. ve Yalçın, A., 2017, Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması, *Nevşehir Bilim ve Teknol. Dergisi*, vol. 6, no. 1, 63–78.
- Dinç, B., 2020, *Fiber Optik Altyapı Çalışmalarında İş Sağlığı ve Güvenliği*, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Ankara.
- Duman, K., 2018, Türkiye'de Ar-Ge Harcamaları ile Gsyih İlişkisi, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4 (1) , 49-66.
- Eke, E., 2010, Türk Telekomünikasyon Sektöründe Serbestleşme. *S.D.Ü. Vizyoner Dergisi*, C.2, S.1, 85-106.
- Emhan, A., 2007, Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi* , 6 (21) , 212-224.
- Erek, H., 2017, *Elektrik, Doğalgaz, İnternet Hizmetlerinin Birlikte Sunulması Sürecinde Yakınsama, Potansiyel Rekabet ve Rekabet Hukukunun Rolü*, Uzmanlık Tezi, Rekabet Kurumu, Ankara.
- Ersöz, F. ve Kabak, M., 2010, Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, Volume 9, Issue 1, 97 - 125.
- Evren, R. ve Ülengin, F., 1992, *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayı:1490.
- Ofcom, 2022, *FTTC Speed Graph*, <https://nbnmyths.files.wordpress.com/2011/06/fttn-speed-graph.gif> [Ziyaret Tarihi: 14.02.2022]
- FTTH Handbook V7, 2016, *Fiber to the Home Council Europe*, <https://www.ftthcouncil.eu> [Ziyaret Tarihi:14.02.2022]
- FTTH Coverage Map, 2021, *Europe FTTH Coverage Map* <https://preview.redd.it/da1ov7981ho71.jpg?width=1338&format=pjpg&auto=webp&s=b96b8262080a5d0d2b1e86ae8133cf6f8970db45> [Ziyaret Tarihi: 08.04.2022]
- Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M., 2004, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York.
- Fishburn, P., 1976, Utility Independence on Subsets of Product Sets, *Operations Research*, V.24, 245-255.
- Gelvanovska N., 2009, Coexistence of Traditional and IP Interconnection, *GSR09 Discussion Paper*, ITU

- Görgülü, İ., Korkmaz, M. and Eren, T., 2013, Analytic network process and TOPSIS methods with selection of optimal investment strategy, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 31, 203-213.
- Gülenç, İ. ve Karabulut, B., 2005, Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Planlama Probleminin Çözümü, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt.9, Sayı 1, 50-68.
- Güngör, M., 2009, Yakınsama: Telekomünikasyon ve Medya Sektörleri Açısından Düzenlemelere Etkileri, *Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı*, Ankara.
- Gür, Ş., Hamurcu, M. ve Eren, T., 2017, Ankara'da Monaray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 23, no. 4, 437-443.
- Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2017, *Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2020)*, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.
- Haliloğlu, M. ve Odabaş, M., 2018, Çok Ölçütlü Karar Vermede AHP Yöntemi, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Sayı 2, 13-18.
- Hammond, J., Keeney, R. ve Raiffa, H., 1998, *Karar Verme Sanatı (çev. Şebnem Özkan)*, Beyaz Yayınları, İstanbul.
- Harrison, E., 1995, *The Managerial Decision Making Process*, Houghton Mifflin Company, USA.
- Hocaoğlu, S. ve Yücel, M., 2017, FTTH Ağlarda Performans Analizi, *Journal of Information Technologies*, 10 (1), 20-79.
- Hwang, C. and Yoon, K., 1981, *Multiple Attribute Decision Making Methods and Application*, Springer, New York.
- İlkan, C., 2009, *Geniş Bant Erişim Teknolojilerinde Yeni Nesil Ağ Servisleri ve Türkiye Telekomünikasyon Sektörüne Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Industrial Fiber Optics, 2008, *Tyndall's Historical Experiment*, Previous printings, USA.
- Işıklar, E. ve Tunalı, D., 2016, Mobil İnternet Kullanımının Benimsenmesinde Yakınsama Faktörüyle Teknoloji Kabul Modeli, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15 (2), 99-110.
- ITU, 2017, *Quality of Service Regulation Manual*, ITU Telecommunication Development Sector.
- Kagklis, D., Androulidakis, S., Patikis, G. and Doukoglou, T., 2005, A comparative Performance Evaluation of the ADSL2+ and ADSL Technologies. *GESTS Int'l Trans. Computer Science*, Vol.19, No.1, 2-7.

- Karaçuha, E., Güngör, M., Evren, G., Güçlü, T. ve Kibar, Y., 2010, *Sayısal Kentlere Dönüşüm, Genişbant ve Fiber: İktisadi Düzenleyici İncelemeler Deneyimler ve Öneriler*, BTK-Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Karakoyunlu, Y., 1973, *Doğrusal Programlama ve Oyun Teorisi*, Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını No:7, Ankara.
- Karayalçın, I., 1979, Harekat Araştırması (Yöneylem Araştırması), *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi*, Sayı:1132, 15-23.
- Karınca, M., 2013, Telekomünikasyonda Yakınsama Kavramı. *Ankara Barosu Dergisi*, Cilt 4, 263-282.
- Keiser, G., 2006, *FTTX Concepts and Applications*, IEEE Press, USA.
- Keiser, G., 2008, *Optical Fiber Communications*. 4. Baskı: McGraw-Hill.
- Kelly, T. and Rosotto, C., 2012, *Broadband Strategies Handbook*, The World Bank, Washington.
- Kesen, U., Sarıkaş, A. ve Yayla, A., 2018, Fiber Optik Haberleşmenin Akıllı Ulaşım Sistemlerindeki Yeri, *1. Uluslararası Akıllı Ulaşım Sistemleri Konferansı*, Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi, 183-195.
- Kıral, E., 2015, Yönetimde Karar ve Etik Karar Verme Sorunsalı, *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 2, 73-89.
- Kıyıcıoğlu, D. ve Ünverdi, N., 2018, Applications of FTTX technology in optical communication systems, *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*.
- Krejci, J. and Zeman, T., 2012, Impulse noise influencing xDSL technologies, *Proceedings of 15th International Conference*, Prague, 236-238.
- Kwan, A., Dudley, J. and Lantz, E., 2002, Who really discovered Snell's law?, *Physics World*, 15 (4) 64.
- Lezki, Ş., 2014, Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Karar Ağacı Kullanımı, *S.Ü. İktisadi Yenilik Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1, 16-31.
- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N. and Valipour, A., 2015, Multiple criteria decision-making techniques and their applications, *Economic Research*, Vol. 28, No. 1, 516-571.
- McKinsey, 2014, *Technology, Media, and Telecom Practice, Offline and Falling Behind: Barriers to Internet adoption*, Rapor, 31-32.
- Mirowslaw, K. and Van, U., 2004, Inconsistent and Contradictory Judgements In Pairwise Comparison Method In The AHP, *Computer & Operations Research*, 27-40.
- Mondy, R. and Premeaux, S., 1995, *Management Concepts, Practices and Skills*, Prentice Hall, 7.Ed, New Jersey.

- Msongaleli, D., Dikbiyik, F., Zukerman, M. and Mukherjee, B., 2016, Disaster-Aware Submarine Fiber-Optic Cable Deployment for Mesh Networks, *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 34, Issue 18, 4293-4303.
- Nas, S., 2006, *Gemi Operasyonlarının Yönetiminde Kaptanın Karar Verme Süreci Analizi ve Bütünleşik Bir Model Uygulaması*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Nas, S., 2010, Karar Verme Stillerine Bilimsel Yaklaşımlar, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, vol. 2, no. 2, 43-65.
- Neoman, F. ve Tarhan, Ç., 2018, Türk Telekom Bünyesindeki Uygulama Destek Ekipleri İçin Olay Çözüm Süresini Kısaltmaya Yönelik Yardımcı Uygulama Geliştirme, *ACTA INFOLOGICA*, 59-67.
- OECD, 1992, *Telecommunications and Broadcasting: Convergence or Collision?*, Paris, 9-96.
- OECD, 2008, Convergence and Next Generation Networks, *Organisation for Economic Co-operation and Development*, DSTI/ICCP/CISP(2007)2/FINAL.
- OECD, 2022, *Annual Growth of Fibere Subscriptions* <https://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics> [Ziyaret Tarihi: 06.04.2022]
- Öz, A., 2007, *Yük Helikopteri Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özçelik, İ., 2022, *ADSL ve DSL Teknolojileri Frekans Spektrumu*, <https://www.technopat.net/sosyal/konu/adsl-altyapi-hizi-neye-goere-degisir.1054216/> [Ziyaret Tarihi:14.04.2022]
- Öztürk, A., 2004, *Yöneylem Araştırması*, Ekin Kitabevi, Genişletilmiş 9. Baskı, Bursa.
- Pavic, Z. and Novoselac, V., 2013, Notes on TOPSIS Method. *International Journal of Research in Engineering and Science*, Volume 1, Issue 2, 05-12.
- Pishgam, P., 2019, *Çok Modlu Fiber Optik Kablolarda Ekleme Noktasındaki Yanlış Hizalama Kayıpları*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Rençber, B., 2012, Karar Vermede Oyun Teorisi Tekniği ve Bir Uygulama, *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 5, no. 3, 96-107.
- Rekabet Kurulu Kararı, 2010, Rekabet Kurulu Başkanlığından <https://www.rekabet.gov.tr/Karar?kararId=865c96bc-45e0-488a-bd13-97d658113841> [Ziyaret tarihi: 08.04.2022]
- Rokkas, T., Katsianis, D. and Varoutas, D., 2010, Techno-economic Evaluation of FTTC/VDSL and FTTH Roll-Out Scenarios, *Journal of Optical Communications and Networking*, Vol. 2, Issue 9, 760-772.
- Saaty, T., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T., 1994, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with Analytic Hierarchy Process*, RSW Publications.
- Saaty, T., 1996, *Decision Making With Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh.

- Saaty, T., 2000, *Fundamentals of The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T., 2003, Decision-Making With The AHP: Why Is The Principal Eigenvector Necessary, *European Journal of Operational Research*.
- Saaty, T. ve Özdemir, M., 2003, Why The MAgiC Number Seven Plus or Minus Two. *Mathematical and Computer Modelling*, 240-242.
- Savaşkan, E., 2020, Davranışsal Ekonomi Yaklaşımında Yönetim ve Karar Verme Olgusu, *Turizm Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2 (1) , 61-73.
- Seçgin, S., 2017, *Telekomünikasyon Sistemleri*, İstanbul.
- Senior, J., 2009, *Optical Fiber Communications Principles and Practice*, Third Edition, Pearson Education, Harlow.
- Shepard, S., 2002, *Telecommunications Convergence: Bridging The Gap Between Technologies and Services*, McGraw-Hill Professional, USA.
- Soner, S., ve Önüt, S., 2006, Multi Criteria Supplier Selection: An Electre-AHP, *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma*, 110-120.
- Smith, J.P., 2020, Flexible Coaxial Ribbon Cable for High-Density Superconducting Microwave Device Arrays. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Volume: 31, Issue: 1, 200-221.
- Starr, K., 1971, *Systems Management of Operations*, Printice-Hall, New Jersey.
- Tekin, M., 2009, *Yakınsamanın Telekomünikasyon Pazarına Etkileri: Dünya Uygulamaları ve Türkiye için Öneriler*, Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Temiz, M. ve Ünal, M., 2009, Yarıiletken Tekli Basamak Kırılma İndisli Lazerlerde Olasılık ve Kayıp Oranlarının Alternatif Analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 15, Sayı 2, 300-304.
- Thomas, L. 2003). Decision – Making With The AHP: Why Is The Principal Eigenvector Necessary . *European Journal Of Operational Research*, Volume 145, Issue 1, 85-91.
- Toyran, M., 2006, *Optik Ağlarda Kuantum Kriptografi Kullanarak Güvenli İletişim*, https://www.emo.org.tr/ekler/be2c8f27b8a4204_ek.pdf [02.11.2021 tarihinde ulaşılmıştır].
- Triantaphyllou, E., 2000, *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publisher, London.
- Türk Piyasman Kablo ve Sistemleri Kataloğu, 2022, *Telekom Kabloları Kataloğu* <https://tr.prysmiangroup.com/tr/telekom-katalog>[Ziyaret Tarihi 14.02.2022]
- Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü, 2018, *Pazar Verileri Raporu*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Türkiye İstatistik Kurumu Veri Portalı, 2021, *Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması*, Türkiye İstatistik Kurumu Veri Portalı, <https://data.tuik.gov.tr/> Bulten/

Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim -Arastirmasi-2021-37437
[Ziyaret Tarihi: 26.03.2022]

- Uygurtürk, H. ve Korkmaz, T., 2012, Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Belirlenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(2), 95-115.
- Ülgen, G., 2016, *İktisada Giriş II*, İÜ Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Ünal, Ö., 2011, Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Personel Seçimi Alanında Uygulamaları. *Journal of Alanya Faculty of Business* , Vol. 3 Issue 2, 1-20.
- Vargas, L., 1999, An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Applications. *European Journal of Operational Research*.
- Yaralıoğlu, K., 2001, Performans Değerlendirme Analitik Hiyerarşi Proses, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:16, Sayı:1, 129-142.
- Yeşilyurt, B., Karakuş, K., Gür, Ş. ve Eren, T., 2019, Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri İçin Paket Programı Seçimi, *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, 2-21.
- Yıldız, F., 2012, Türkiye'de Mobil Telekomünikasyon ve Genişbant İnternet Hizmetleri Sektöründe Pazar Yoğunlaşmasının Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, Volume 3, Issue 6, 47-72.
- Yıldız, M., 2015, Analitik Hiyerarş Prosesi ile Personel Seçimi Üzerine Bir Çalışma. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi S.B.F. Dergisi*, Cilt 15, Sayı 1, 59-83.
- Yoon, K. and Hwang, C., 1995, Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, *Sage University Paper Series on Quantative Applications in the Social Sciences*, CA.
- Young, J., Ting, Y. ve Ching, L., 1994, TOPSIS for MCMD, *European Journal of Operational Research*, Volume 76, Issue 3.
- Zeleny, M., 1982, *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw Hill, New York.
- Zhao, R., and Fischer, M., 2016, *Creating a brighter future*, 7.Edition, FTTH Handbook.
- Wong, T., and Wong, M., 1999, *Digital Communication Networks*, ADSL Tutorial https://e99ie.tripod.com/ADSL_Tutorial/Twisted.htm [Ziyaret Tarihi 14.02.2022]

EKLER**EK-1: Etik Kurul Onayı**

Tarih ve Sayı: 17/03/2020-50765



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
 Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu
 Başkanlığı



Sayı :35980450-663.05-
 Konu :Sait IŞIK

Sayın Sait IŞIK

İlgi :26/02/2020 tarihli, 13013 sayılı yazı

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2020/37 dosya numaralı "Telekomünikasyon Sektöründe Yakınsamanın Bilgi Yönetimine Etkisi ve Uygulamaları" başlıklı çalışma Kurulumuzun 02.03.2020 tarih 03 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

e-İmzalı
 Prof. Dr. N. Tolga SARUÇ
 Başkan

EK :
 Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu Kararı

Doğrulamak için:<http://194.27.128.66/envision.Sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BENUHMS87>

Ayrıntılı bilgi için irtibat : Süleyman ARIK Dahili : 10689

İstanbul Üniversitesi Merkez Kampüsü
 34452 Beyazıt/Fatih-İstanbul
 Tel : 0212 440 20 89 Faks : 0212 440 20 88
 e-posta : sosyalbilimleretikkurul@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : www.istanbul.edu.tr



Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER
ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU BAŞKANLIĞI



İlgili makama,

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enformatik Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi **Sait IŞIK** "Telekomünikasyon Sektöründe Yakınsamanın Bilgi Yönetimine Etkisi ve Uygulamaları" başlıklı, **2020/37** dosya numaralı 26.02.2020 tarih ve **13013** sayılı başvurusu ile İ.Ü. Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'na başvurmuştur. 02.03.2020 tarihinde gerçekleşen inceleme sonucunda, adı geçen çalışmada etik açıdan bir sorun olmadığına oybirliği ile karar verilmiştir. Gereğini bilgilerinize saygılarımızla sunarız.

Unvanı / Adı / Soyadı	Kurumu	Araştırma ile ilişkisi	Karar	İmza
Prof. Dr. Naci Tolga SARUÇ (Başkan)	İktisat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Doç. Dr. Çiğdem Börke TUNALI (Başkan Yardımcısı)	İktisat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Eray YURTSEVEN (Başkan Yardımcısı)	İstanbul Tıp Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Aydın TOPALOĞLU	İlahiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Yasemin IŞIKTAÇ	Hukuk Fakültesi	E ☐ H ☐	☐ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☒ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Selahattin KARABINAR	İktisat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Seyhan NİŞEL	İşletme Fakültesi	E ☐ H ☐	☐ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☒ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Mustafa Hamdi SAYAR	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Selim YAZICI	Siyasal Bilgiler Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Rasim İlker GÖKBULUT	Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Prof. Dr. Enes KABAKCI	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Doç. Dr. Hanife Özlem SERTEL BERK	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Doç. Dr. Haluk ZÜLFİKAR	İktisat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Doç. Dr. Şerife Sema KARAKELLE	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	
Dr. Öğr. Üyesi Göklem TEKDEMİR YURTDAS	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☐	☐ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☒ M.Katılmadı	
Dr. Öğr. Üyesi Bengi PİRİM DÜŞGÖR	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☐	☐ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☒ M.Katılmadı	
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif YAVUZ SEVER	Edebiyat Fakültesi	E ☐ H ☒	☒ Onay ☐ Katılmadı ☐ Ret ☐ M.Katılmadı	

EK-2: Tez Adı Değişikliği**Tarih ve Sayı: 04.02.2021-65211**

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü**



Sayı :E-75525046-302.14.06-65211
Konu :Sait IŞIK Rapor

Sayın Sait IŞIK
sait.isik@gmail.com

Enstitümüzün 03.02.2021 tarih ve 05 sayılı Yönetim Kurulunda alınan karar ekte sunulmuştur.

Bilginizi rica ederim.

Prof. Dr. Mahmut ÇALIŞKAN
Enstitü Müdürü

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BENN1YZR0 Pin Kodu :56122

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-universitesi-ebys>

Besim Ömer Paşa Caddesi No:19 Esnaf Hastanesi

4.Kat 34116 Beyazıt-Fatih/İstanbul

Tel : (212) 440 00 00 Faks : (212) 440 03 87

e-posta : webfbi@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : <http://fenbilimleri.istanbul.edu.tr>

Kep Adresi: istanbuluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için : Tuba KAYA

Dahili : 14087



KARAR 30- a) Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik programı 2602120068 numaralı Doktora öğrencisi Sait IŞIK'ın tez çalışma sonucu hakkında Anabilim Dalı Başkanlığından ve tez izleme komitesinden gelen VI. raporu okundu, uygun görüldü. VII. raporun Temmuz 2021 tarihinde gönderilmesi gerektiğinin hatırlatılmasına oy birliği ile karar verildi.

b) 2016-2017 Eğitim-Öğretim yılı güz yarıyılından itibaren kaydolan doktora öğrencilerine geçerli olmak üzere alanı veya tezi ile ilgili, ilk yazarının kendisinin olduğu, ulusal veya uluslararası hakemli bir dergide yayın yapma zorunluluğunun bulunduğu hatırlatılmasına oy birliği ile karar verildi.

c) Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik programı 2602120068 numaralı Doktora öğrencisi Sait IŞIK'ın Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI danışmanlığında tez izleme komitesi tarafından önerilen **“Sabit Telekomünikasyon Sektöründe AHP ve TOPSİS Yöntemleri ile Yakınsama Projelerine Karar Verilmesi”** [Deciding the Convergence Projects using AHP and TOPSIS Methods in the Fixed Telecommunication Sector] tez adı değişikliği okundu, oy birliği ile uygun görüldü.



EK-3: Uzman Görüşleri Formu

UZMAN GÖRÜŞLERİ FORMU

Soru 1: Aşağıdaki tabloda yer alan 4 Alternatif Proje (Bakır, FTTB, FTTH, FTTC) göz önüne alarak tabloda belirlenen 10 adet kriter için uygun gördüğünüz değerleri giriniz.

[illegible]

Soru 2: Standart Tercih Tablosunda belirtilen ölçek değerlerini dikkate alarak aşağıdaki tabloda Telekomünikasyon Altyapı projesi imalatında önceliklendirme amacıyla belirlenmiş olan kriterlerin karşılaştırılabilmesi için $K_i/K_j = \dots$ $i=1,2,3,\dots,10$ $j=1,2,3,\dots,10$ yazan kutucuklara uygun gördüğünüz değerleri giriniz.

Standart Tercih Tablosu	
Önem Değeri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstün)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2,4,6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

[illegible]

Soru-3: Telekomünikasyon Altyapı Projelerinde Verilebilir Hız- Band Genişliği (Mbps) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Anlternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Anlternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-4: Ping Süresi (ms) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Anlternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Anlternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-5: Kayıp (Mesafe, Elektromanyetik Etki, Çevre Etkisi v.b.) (dB) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j = \dots$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i = 1,2,3,4$ $j = 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2 = \dots$	$A1/A3 = \dots$	$A1/A4 = \dots$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3 = \dots$	$A2/A4 = \dots$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4 = \dots$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-6: Jitter (ms) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j = \dots$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i = 1,2,3,4$ $j = 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2 = \dots$	$A1/A3 = \dots$	$A1/A4 = \dots$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3 = \dots$	$A2/A4 = \dots$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4 = \dots$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-7: İlk Yatırım Maliyeti (Capex) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-8: İşletme Maliyeti (Opex) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-9: Yatırımın Geri Dönüşü (ROI) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-10: Altyapının ömrü (Yıl) kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-11: Arıza Sıklığı kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

Soru-12: Gelecek Teknolojilerin Gereksinimlerini Karşılatabilme Oranı kriteri için Standart Tercih Tablosundaki değerleri kullanarak uygulanabilir alternatif projeler arasındaki $A_i/A_j=.....$ değerlendirmelerinizi aşağıdaki tabloya yazınız. $i= 1,2,3,4$ $j= 1,2,3,4$

	FTTB Alternatifi (A1)	BAKIR Alternatifi (A2)	FTTC Alternatifi (A3)	FTTH Alternatifi (A4)
FTTB Alternatifi (A1)	1	$A1/A2=$	$A1/A3=.....$	$A1/A4=.....$
BAKIR Alternatifi (A2)	x	1	$A2/A3=.....$	$A2/A4=.....$
FTTC Alternatifi (A3)	x	x	1	$A3/A4=.....$
FTTH Alternatifi (A4)	x	x	x	1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sait IŞIK
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	-

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik
Bölümü	Elektronik Mühendisliği (İngilizce)
Mezuniyet Yılı	05.07.2002
Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Programı	Tezli Yüksek Lisans Programı (Örgün Öğretim)
Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Enformatik Anabilim Dalı
Programı	Enformatik Programı

Makale ve Bildiriler	
Isik,S.,Akman, E. (2005). DOA Estimation by Sirovich- Kirby Method <i>Proceedings of the IEEE 13th Signal Processing and Communications Applications Conference, (SIU 2005, Kayseri)</i> DOI: 10.1109/SIU.2005.1567776	
Isik,S.,Akman, E. (2005).The Efficient Approaches on DOA Estimation <i>Proceedings of 4th International Conference on Elektrical and Electronics Engineering (ELECO 2005 –Bursa)</i>	
Sati, Z. Isik, S. (2019) Telekomünikasyon Altyapılarında Yakınsamanın Bilgi Yönetimine Etkisi <i>Uluslararası 6. Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı (Imisc2019 – Istanbul)</i>	
Baktir, H.O., Celik, B., Isik, S. (2015) REMnux Linux Dağıtımının İncelenmesi ve örnek Bir Kötücül Yazılım Analiz Uygulaması <i>Akademik Bilişim –Eskişehir</i>	