

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SPOR KULÜPLERİNDE MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA
PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR MODELLERİ: VOLEYBOL
KULÜBÜ UYGULAMASI**

GERÇEK BUDAK

DOKTORA TEZİ
2017

**SPOR KULÜPLERİNDE MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA
PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR MODELLERİ: VOLEYBOL
KULUBÜ UYGULAMASI**

**NEW DECISION MODELS FOR TEAM FORMATION
PROBLEM OF SPORTS CLUBS BEFORE THE MATCH
STAGE: A VOLLEYBALL CLUB APPLICATION**

GERÇEK BUDAK

Başkent Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ENDÜSTRİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
DOKTORA TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2017

“SPOR KULÜPLERİNDE MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR MODELLERİ: VOLEYBOL KULUBÜ UYGULAMASI” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 08/05/2017 tarihinde, **ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Berna DENGİZ

Üye (Danışman) : Prof. Dr. İmdat KARA

Üye : Prof. Dr. Refail KASIMBEYLİ

Üye : Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Üye : Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ

ONAY

..../05/2017

Prof. Dr. Emin AKATA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 12 / 05 / 2017

Öğrencinin Adı, Soyadı : Gerçek Budak

Öğrencinin Numarası : 21220194

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Doktora Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof. Dr. İmdat Kara

Tez Başlığı : Spor Kulüplerinde Maç Öncesi Takım Kurma Problemi İçin Yeni Karar Modelleri: Voleybol Kulübü Uygulaması

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 137 sayfalık kısmına ilişkin, 12/ 05 / 2017 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

Onay

12 / 05 / 2017

Prof. Dr. İmdat KARA

TEŐEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleőmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluőlara içtenlikle teőekkür eder.

Sayın Prof. Dr. İmdat KARA' ya (tez danıőmanı), çalışmanın tamamında karşılaşılan güçlüklerin aőılmasında her zaman sabırlı, destekleyici ve yol gösterici olduğu için,

Sayın Doç. Dr. Yusuf Tansel İ' e, çalışmada yer alan yöntemlerin uygulamasında yardımcı olduğu için,

Sayın Prof. Dr. Refail KASIMBEYLİ' ye, tezle ilgili tartıőmalardaki katkıları için,

Sayın Öğr. Gör. Dr. Pelin TOKTAŐ'a, tez çalışmasında yer alan verilerin iőlenmesiyle ilgili yönlendirmeleri için,

Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik kadrosuna çalışma süresince destek ve anlayıőı için,

Gösterdiği anlayıő ve destek için niőanlım Selay YEBREM'e,

Maddi ve manevi tüm destekleri için her zaman yanımda olan AİLEME,

içtenlikle teőekkür ederim.

ÖZ

SPOR KULÜPLERİNDE MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR MODELLERİ: VOLEYBOL KULUBÜ UYGULAMASI

Gerçek BUDAK

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemi, antrenörün maçı kazanmak için kadroda yer alan oyuncuların içerisinde sahada konumlandırılmış mevkilere oyuncu atama problemidir. Son yıllarda, hızla büyüyen spor endüstrisinde, takım kurma problemleri ekonomik ve sportif başarı yönüyle büyük bir önem kazanmıştır. Oyuncu sayısının ve teknolojik gelişmelerin getirdiği veri kaydı ve veri elde edilebilirliğinin artmasından dolayı, antrenörler nicel ve nitel yığınla bilgiyi bir arada değerlendirmek zorunda kalmaktadırlar. Bu sebeplerden ötürü takım kurma problemleri üzerinde yapılan bilimsel çalışmaların sayısında son yıllarda artış olmuştur.

Bu tez çalışmasında, ilkin spor kulüplerinde takım kurma problemi ile ilgili çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelenerek irdelenip, farklı bakış açıları ve yaklaşımların gereği ortaya konmuştur. Daha sonra, sistem yaklaşımı ile paydaşları göz önüne alarak, antrenörlerin takım kurma kararında kendisine destek olacak 4 farklı karar modeli geliştirilerek, bu modellerin hangi durumlarda nasıl kullanılacağı belirtilmiştir. İlk model, tartılı toplam performansların en büyüklendiği, ikinci model ise antrenörün performans beklentilerini hedef değerler olarak ele alıp, buna bağlı şekillenen hedef programlama modelleridir. Üçüncü model takım ve oyuncu uyumunun en büyüklendiği; son model ise performansın ve uyumun iki ölçüt olarak ele alındığı modeldir.

Önerilen karar modellerinin gerçek hayat problemlerinde kullanılabilirliği için modellere ait parametrelerin bulunması, elde edilmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir. Belirtilen amaçlarla, kullanılabilir yöntemler ve model kullanıcılarının hangi durumlarda hangi yöntemi seçmesi gerektiği genel çerçevede sunulmuştur.

Geliştirilen modellerin gerçek hayat problemlerinde nasıl uygulanabileceğini örneklemek için önerilen yaklaşım, Ankara'da yer alan ve Türkiye Erkekler 1. liginde mücadele eden bir voleybol kulübünde uygulanmıştır. Uygulama öncesi model parametrelerinin nicel değerleri tahmin edilip, karar vericinin belirlediği değerlerde göz önüne alınarak, modeller CPLEX 12.6.0.0 versiyonuyla çözdürülmüştür. Modellerin çözümleri arasındaki ilişkiler ve karar vericinin öncelikleri ve beklentileri doğrultusunda anlamlı ve uygulanabilir sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Tezde, uygulamada model sonuçlarının anlamları, çözüm sonrası analizler ve antrenörün bunları nasıl kullanabileceğine yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Takım Kurma Problemleri, Sporda Karar Verme, Matematiksel Modelleme, Voleybol, Hedef Programlama, Çok Ölçütlü Matematiksel Modelleme, Takım Uyumunu, Analitik Hiyerarşi Süreci.

ABSTRACT

NEW DECISION MODELS FOR TEAM FORMATION PROBLEM OF SPORTS CLUBS BEFORE THE MATCH STAGE: A VOLLEYBALL CLUB APPLICATION

Gerçek BUDAK

Başkent University Institute of Science and Engineering

The Department of Industrial Engineering

Team formation problem for sports clubs before the match stage is a player assignment problem that coach assigns the players among the squad to the identified in-field positions to win the match. In recent years, in the rapidly growing sports industry, team building problems have gained great importance for economic and sporting success. Because of the increase in the number of players and the increased availability of data and data provided by technological developments, coaches are forced to evaluate huge amount of quantitative and qualitative information. For these reasons, the number of scientific studies on team forming problems has increased in recent years.

In this thesis, firstly, the studies related with team formation problem for sports clubs are analyzed in detail and the need for new points of view and approaches are addressed. Then, regarding the systems approach 4 different decision models are developed to give aid to the coach on the team forming decision and how to use these models are pointed out. The first model is the one that maximizes the weighted total performance and the second model is the goal programming models that take the performance expectancies of the coach as target values. The third model maximizes the team and player harmony and the last model is a multi-objective model of performance and harmony.

Proposed decision models' parameters must be found, forecasted or obtained for the usability of the models in real life problems. With the stated purposes, the available techniques are presented for the model users in general sense. Then a guideway for which technique must be used under which circumstances is outlined.

In order to illustrate how the proposed models can be used in real life problems, the proposed approach is applied to a volleyball club in Ankara which is competing in the men's league. To do this, we first predicted and determined relevant parameters of the models and then the models are solved by using CPLEX 12.6.0.0 version. It has been observed that the models give meaningful and applicable results in relation to the solutions and the decision maker's priorities and expectations. The implications of model results, post-optimality analysis and how the coach can use them are also included in the application.

Keywords: Team Formation Problem, Decision Making in Sports, Mathematical Modelling, Volleyball, Goal Programming, Multi-criteria Decision Making, Team Harmony, Analytical Hierarchy Process.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Sayfa

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1 GİRİŞ: Takım Kurma Problemi	1
2 SPOR KULÜPLERİNDE TAKIM KURMA PROBLEMİNE İLİŞKİN	
ÇALIŞMALAR: Eleştiriler ve Bütünsellik Gereği.....	5
2.1 Boon ve Sierksma'nın Modeli.....	5
2.1.1 Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler.....	7
2.1.2 Çalışmanın değerlendirmesi.....	9
2.2 Tavana vd.'nin Yaklaşımı.....	9
2.2.1 Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler.....	10
2.2.2 Çalışmanın değerlendirmesi.....	13
2.3 Dadelo vd.'nin Yaklaşımı.....	13
2.3.1 Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler.....	14
2.3.2 Çalışmanın değerlendirmesi.....	16
2.4 Ahmed vd.'nin Modeli.....	17
2.4.1 Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler.....	19
2.4.2 Çalışmanın değerlendirmesi.....	21
2.5 Özceylan'ın Modeli.....	21
2.5.1 Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler.....	24
2.5.2 Çalışmanın değerlendirmesi.....	26
2.6 Diğer Çalışmalar.....	27
2.7 Kaynaklarda Yer Alan Çalışmaların Genel Değerlendirmesi.....	27
2.8 Maç Öncesi Takım Kurma Problemine Bütünsel Yaklaşım.....	29
2.8.1 Antrenör.....	30
2.8.2 Oyuncu performansları.....	31
2.8.3 Mevki-Yetenek önem düzeyleri.....	31
2.8.4 Takım uyumu.....	32

3	MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR	
	MODELLERİ.....	34
3.1	Temel Kavramlar.....	34
3.1.1	Mevki.....	34
3.1.2	Yetenek.....	35
3.1.3	Oyuncu performansı.....	36
3.1.4	Mevki ve yetenek önem düzeyleri.....	37
3.1.5	Takım uyumu.....	38
3.1.6	Eşik değerler.....	38
3.1.7	Ön atama.....	38
3.2	Problemin Tanımı.....	39
3.2.1	Modellemeye esas varsayımlar.....	39
3.2.2	Dizin kümeleri.....	40
3.2.3	Temel parametreler.....	40
3.2.4	Karar değişkenleri.....	42
3.2.5	Ortak kısıtlar.....	42
3.2.6	Amaçlar.....	44
3.3	Model 1: Performans Temelli Model.....	44
3.4	Model 2: Hedef Programlama Modeli.....	45
3.4.1	Negatif sapmaların ağırlıklı toplamları (M2a).....	47
3.4.2	Ağırlıklandırılmış negatif sapmaların mevkilerin önem düzeyine göre önceliği (M2b)	47
3.4.3	Ağırlıklı negatif sapmaların en büyüğünün en küçüklenmesi (M2c).....	48
3.5	Model 1 ve Model 2'nin Birlikte Değerlendirilmesi.....	49
3.6	Model 3: Takım Uyumu Modeli.....	50
3.7	Model 4: Çok Ölçütlü Model.....	52
3.8	Yeni Modellerde Çözüm Sonrası Analizler.....	53
3.9	Yeni Modellerin Genel Değerlendirmesi.....	55
4	MODELLERİN PARAMETRELERİNİN VE DİZİN KÜMELERİNİN	
	BULUNMA VEYA TAHMİNLEME YÖNTEMLERİ.....	58
4.1	Dizin Kümelerinin Belirlenmesi.....	59
4.1.1	Oyuncular kümesinin belirlenmesi.....	59

4.1.2	Mevkiler kümesinin belirlenme yöntemi.....	59
4.1.3	Yetenekler kümesinin belirlenme yöntemi.....	60
4.2	Modellerin Parametrelerinin Bulunması veya Tahmin Edilmesi Yöntemleri.....	61
4.2.1	Mevkilerin ve mevkilere göre yeteneklerin önem düzeyinin tahmin edilme yöntemi.....	61
4.2.2	Oyuncuların yeteneklere göre izleyen maçta performanslarının tahmin yöntemi.....	69
4.2.3	Oyuncuların oynayabilir oldukları mevkilerin belirlenmesi.....	73
4.2.4	Mevkilerin yetenekler bazında eşik değerlerinin belirlenmesi.....	73
4.2.5	Oyuncu uyum düzeylerinin belirlenmesi ve oyuncuların istediği başlangıç takımının belirlenmesi yöntemi.....	74
5	YENİ MODELLERİN ANKARA'DA BİR VOLEYBOL KULÜBÜNDE UYGULAMASI.....	75
5.1	Dizin Kümeleri ve Temel Parametreler.....	75
5.1.1	Dizin kümeleri.....	75
5.1.2	Mevkilerin ve mevkilerin yeteneklerinin önem düzeyleri.....	77
5.1.3	Oyuncuların bir sonraki maç için performans tahmini.....	79
5.1.4	Oyuncuların oynayabilecekleri mevkiler.....	82
5.1.5	Eşik değerler.....	83
5.1.6	Oyuncu uyum parametreleri.....	84
5.2	Modellerin Çözdürülmesinde Kullanılan Yazılım ve Donanım.....	86
5.3	Performans Temelli Modelin Çözümü (Model 1'in Çözümü).....	86
5.4	Hedef Programlama Modellerinin Çözümü (Model 2'nin Çözümü)..	87
5.4.1	Model 2.a'nın çözümü.....	88
5.4.2	Model 2b'nin çözümü.....	89
5.4.3	Model 2c'nin çözümü.....	90
5.5	Takım Uyumu Modelinin Çözümü (Model 3'ün Çözümü).....	92
5.6	Çok Ölçütlü Modelin Çözümü (Model 4'ün Çözümü).....	92
5.7	Model Çözümlerinin Birlikte Değerlendirilmesi.....	94
5.8	Model Çözümleri Sonrası Analizler.....	97
5.9	Uygulamanın Değerlendirilmesi ve Sonuçlar.....	99
6	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102

KAYNAKLAR LİSTESİ.....	105
EKLER LİSTESİ.....	111

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1	Mevki ve yeteneklerin hiyerarşik yapısı.....62
Şekil 4.2	Spor Kulüplerinde Maç Öncesi Takım Kurma Problemlerinde Mevki ve Yeteneklerin Ağırlıklandırılması için Analitik Hiyerarşi Sürecinin Akış Şeması.....66
Şekil 4.3	Oyuncuların İzleyen Maç Performanslarının Tahminleme Süreci....72

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Basket, Futbol ve Voleybol Branşlarındaki Mevkiler [26][6][27].....	34
Çizelge 3.2	Hentbol, Su Topu ve Kriket Sporlarında Oyuncuların Yetenekler Listesi [29][30][7].....	36
Çizelge 3.3	Elde Edilebilir Verilerin Bir Oyuncu için Örneklenmesi [32].....	37
Çizelge 4.1	Saaty 1-9 İkili Karşılaştırma Ölçeği [50].....	64
Çizelge 4.2	Sırala-Seç Algoritmasının Sözde Kodu.....	69
Çizelge 5.1	Mann Whitney Testinin p Değerleri.....	78
Çizelge 5.2	Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bulunan Mevkilerin Ağırlıkları (MS _i).....	78
Çizelge 5.3	Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bulunan Mevkilere göre Yeteneklerin Ağırlıkları (YM _{yj}).....	79
Çizelge 5.4	Oyuncuların Yeteneklere göre Bir Sonraki Maçta Göstermesi Tahmin Edilen Performanslar (Başarılı Denemeler X 100 /Bütün Denemeler) (P _{iy}).....	81
Çizelge 5.5	Takım Oyuncularının Oynayabileceği Mevkiler (OM _{ij}).....	82
Çizelge 5.6	Antrenörün 17. Maç için Mevkilerin Yeteneklerine göre Eşik Değerleri (Normal Beklentiler) (ED _{iy}).....	83
Çizelge 5.7	Antrenörün 17. Maç için Mevkilerin Yeteneklerine göre Eşik Değerleri (Yükseltilmiş Beklentiler) (ED _{iy}).....	83
Çizelge 5.8	Her Bir Oyuncunun Birbiri ile Uyum Düzeyi (OU _{ip}).....	85
Çizelge 5.9	Her bir oyuncunun Sahada Birlikte Yer Almak İstedığı Takım.....	86
Çizelge 5.10	Performans Temelli Modelin Çıktısı (Normal Beklentiler).....	87
Çizelge 5.11	Model 2a Çıktısı (Normal Beklentiler).....	88
Çizelge 5.12	Model 2a Çıktısı (Yüksek Beklentiler).....	89
Çizelge 5.13	Model 2b Çıktısı (Normal Beklentiler).....	89
Çizelge 5.14	Model 2b Çıktısı (Yüksek Beklentiler).....	90
Çizelge 5.15	Model 2c Çıktısı (Normal Beklentiler).....	91
Çizelge 5.16	Model 2c Çıktısı (Yüksek Beklentiler).....	91
Çizelge 5.17	Model 3 Çıktısı (Normal Beklentiler).....	92
Çizelge 5.18	Model 4 Çıktısı (Normal Beklentiler).....	93
Çizelge 5.19	Modellerin Sonuçlarının Bir Arada Gösterilmesi (Normal Beklentiler).....	94

Çizelge 5.20 Modellerin Sonuçlarının Bir Arada Gösterilmesi (Yüksek Beklentiler).....	94
Çizelge 5.21 7. Oyuncunun Yeteneklere göre Performansının Çözümün Değişmediği Alt ve Üst Tamsayı Limitler.....	97
Çizelge 5.22 11. Oyuncunun Yeteneklere göre Performansının Çözümün Değişmediği Alt ve Üst Tamsayı Limitler.....	98
Çizelge 5.23 Model 2a'nın Yüksek Beklentiler için Çözümünden Oyuncu Çıkarma Analizi.....	99

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TOPSIS	The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
NSGA-II	Non-dominated Sorting Genetic Algorithm
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
FIBA	Uluslararası Basketbol Federasyonu (Fédération Internationale de Basketball)
TVF	Türkiye Voleybol Federasyonu
M1	Performans Temelli Model
M2	Hedef Programlama Modeli
M3	Takım Uyumu Modeli
M4	Çok Ölçütlü Model
SMART	Çok Nitelikli Oranlama Yöntemi (Simple Multi-attribute Rating Technique)
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality
VIKOR	Multicriteria Optimization and Comprised Solution
P	Pasör
L	Libero
OO1	1. orta oyuncu
OO2	2. orta oyuncu
KO1	1. köşe oyuncu
KO2	2. köşe oyuncu
PÇ	Pasör çaprazı

1. GİRİŞ: Takım Kurma Problemi

Birden fazla bireyin bir araya getirilmesi ile şekillenen takım kavramını oluşturma ve/veya kurma problemi, üretim ve hizmet sektöründe karşılaşılan bir karar problemi olup, bilinirliği son yıllardaki konuyla ilgili bilimsel çalışmalardaki artış ile birlikte yaygınlaşmaktadır. Bu problemde, karar verici takıma hangi bireylerin alınması gerektiğini belirlemeye çalışmaktadır. Bunlar bir spor takımı, üretim sektöründe proje ekipleri, vardiya ekipleri ve benzeri gibi takımlar olabilir. Spor kulüplerinde takım oluşturma ve kurma probleminde, karar vericiler kulüp antrenörleri ve/veya kulüp menajerleridir. Bu tip karar problemlerinde, karar vericiler takımlarına dâhil edecekleri oyuncuları belirleme kararlarını vermektedirler.

Gerçek hayatta, bu problem türü ile çok oyunculu takım sporlarında karşılaşılmaktadır. Karar vericiler oyuncu listesinden takımlarındaki mevkilere oyuncuları seçmektedirler. Ancak, antrenörler bu kararları verirken sistematik bir yöntem kullanmamakta ve tecrübelerine dayanan sezgisel yöntemlerle karar vermektedirler.

Spor kulüplerinde takım kurma problemlerinin en iyi çözüme ulaşma isteği, ekonomik ve sportif başarı açılarından dolayı çok önemli bir hale gelmiştir. Spor kulüplerinin gelirleri, takımın başarısıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Kazanılan maçlar, kupalar ve elde edilen dereceler için spor kulüpleri maddi primler almaya hak kazanmaktadır. Bununla birlikte, başarılı spor kulüplerinin forma, bilet geliri, reklam ve sponsorluk gibi ek gelirleri de artmaktadır. Bu yüzden, karar vericiler, oluşturulması mümkün en iyi takımı kurmayı amaçlarlar ki böylece kulüp gelirleri en yüksek seviyelere ulaşsın [1][2].

Spor kulüplerinde takım kurma problemlerinde sistematik bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmasının diğer bir nedeni de takım kurma problemlerinin karmaşıklığıdır. Problemin karmaşıklığı, takıma alınabilir oyuncu sayılarının ve oyuncuların geçmiş dönemlerdeki performans kayıtlarındaki artışıyla giderek artmaktadır. Karar vericileri, çok sayıda veri ve bilgiyi değerlendirerek sistematik bir yöntemle karar vermeye zorlamaktadır [3].

Spor kulüplerinde takım kurma problemleri zaman aşamasına göre üç alt başlık altında incelenebilir. Bu başlıklar, zaman sırası ile sezon başı takım kurma

problemleri, ma öncesi takım kurma problemleri ve müsabaka esnasında takımda değişiklik yapma problemleridir [4][5].

Sezon başında takım kurma kararı, takımda yer alacak oyuncuların toplam maliyetleri takımın bütçe kısıtını aşmayan ve takım antrenörünün takımda yer alacak oyuncular için belirlediği asgari özellikler sağlayan oyunculardan oluşan en iyi takımı kurma kararlarıdır. Her sezonun başında, sadece bir defaya mahsus olarak alınan uzun vadeli bu kararlar, takım oluşturmada belirsizliklerin diğer zaman evrelerine göre en yüksek seviyede olduğu aşamadır [4].

Ma öncesi kararlar, her müsabaka öncesinde verilen dönemsel kararlardır. Bu karar evresinde, karar verici sezon başında takımı için seçtiği oyuncuların hangi pozisyonlarda oynayacağına ve/veya yedek olacağına çözüm aramaktadır. Karar vericinin bu evrede sağlaması gereken zorunlu durumlar ise şunlardır: başlangıç dizilimindeki oyuncu sayısının sağlanması, her oyuncunun (saha içi veya dıőı) bir mevkiye atanmasının sağlanması, her bir mevkiye atanacak oyuncuların takım antrenörünün belirleyeceği gerekli asgari yeteneklerin sağlanması, yabancı oyuncu sayısının sağlanması ve buna benzer kısıtlayıcı durumlardır [4][5].

Ma esnasında verilecek kararlar, oyuncuların o müsabakadaki performanslarına göre yedek oyuncularla değişiklik yapıp yapmaması gerektiğini ve eğer değişiklik yapılıyorsa hangi oyuncuların bir biri ile deęiőeceğini belirlediği kararlardır. Bu kararların, müsabaka esnasında farklı skor aralıkları veya zaman dilimlerinde birçok kez yinelenmesi gereklidir [4].

Zaman evrelerine göre verilecek kararlar birlikte değerlendirildiğinde; sezon başı stratejik düzey, ma öncesi taktik (operasyonel) düzey ve ma esnası ise anlık veya teknik düzey olarak değerlendirilebilir. Stratejik düzey kararlarda, kulübün yönetimi, parasal durumları, lig statüsü ve benzeri bileőenlere yakinen bağlıdır. Anlık düzeylerde ise verilecek kararların doğruluğu, doğrudan antrenörün sezgi, birikim, yetenek, ma esnasındaki taraftar davranıőlarının neden olduğu psikolojik unsurlar, ma skoru gidiőatı sporcu yorgunluk seviyeleri ve benzeri durumlara bağlıdır. Stratejik düzeydeki kulüp yönetimine ve anlık düzeydeki antrenöre doğrudan bağımlılıkları ve ilgili karar süreçlerinin yapılandırılmasındaki zorluklar sebeplerinden ötürü bu düzeylerde sistematik kararların önceliğini ikinci plana itmektedir. Bu iki evredeki verilecek kararların, ma öncesi takım kurma kararları

ile ilgilenilen takım kadrosu düzeyinde bağlamında olduğu açıktır. Ancak, bu bağlantı ile birlikte maç öncesi takım kurma problemi antrenörlerin yoğun bir şekilde uğraş verdikleri karar problemidir. Bu çalışmada, antrenörlerin maç öncesinde, hangi mevkilerde kimlerin yer alacağı ve yedeklerin kimlerden oluşacağı kararlarına bilimsel destek verebilmek objektif yaklaşım açısından daha önemli görülmektedir.

Bu tez çalışması zaman evrelerinden maç öncesi evresinde takım kurma problemine çözüm geliştirmeyi planlamaktadır. Probleme sistematik ve bilimsel çözüm aranırken karar vericinin ihtiyaç duyduğu tanımlamaların yapılması, katsayıların ve parametrelerin elde edilmesi, bulunması veya tahmin edilmesi, amaçların ve kısıtların şekillendirilmesi yapılarak, matematiksel modelleme yaklaşımıyla çözüm ve analizlerin yapılması tasarlanmaktadır.

Spor kulüplerinde takım kurma probleminin finansal olarak öneminin artmasından, problemin karmaşıklığından ve kayıtlanmış verilerin elde edilebilirliğinden dolayı Yöneylem Araştırması tekniklerinin uygulanmasıyla birlikte konuyla ilgili bilimsel kaynaklardaki çalışmalar da artmaktadır. Örneğin, Boon ve Sierksma [3] futbol ve voleybol takımlarında, takıma dâhil edilmeye aday oyuncuların takım antrenörüne yapılan anketi doğrultusunda yeteneklerini göz önüne alarak Bölüm 2.1.'de sunulan doğrusal karar modeliyle probleme çözüm aramışlardır. Tavana vd. [6] geliştirdikleri iki aşamalı bulanık çıkarsama sistemini üç antrenöre yapılan anketlerden elde edilen verileri kullanarak oyuncu seçimi ve takım kurma yöntemini geliştirmişlerdir. Ahmet vd. [7] oyuncuların her bir yetenek için yaptıkları deneme sayılarının başarılı hareketlere oranından yararlanarak Bölüm 2.4.'te sunulan çok ölçütlü doğrusal karar modelini problem için geliştirdikleri genetik algoritmayı kullanarak, kriket spor kulüpleri için takım kurma problemine çözüm üretmişlerdir. Dadelo vd. [8] oyuncuların fiziksel ölçümlerini ve özelliklerini kullanarak basketbol takımı kurma problemine TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemini kullanarak çözüm aramışlardır.

Tez çalışmasının izleyen bölümlerinin ilkinde spor kulüplerinde takım kurma problemini ele alan temel çalışmalar ve bağlantılı çalışmalar detaylı bir şekilde incelenecektir. Bu çalışmaların genel bir değerlendirmesinin ardından takım kurma

probleminin bu tez çalışmasında ele alınmasının gerekçelerine ve sağlayacağı katkılarına değinilecektir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminin tanımı ve probleme ilişkin temel kavramlar incelenecektir. Sonrasında, problem için geliştirilen yeni modeller sunulacak ve verilen bu yeni modeller ayrıntılı bir şekilde irdelenecektir.

Dördüncü bölümde, önerilen yeni modellerin temel bileşenlerinin nasıl tahmin edilebileceğine, elde edilebileceğine ve/veya bulunabileceğine yönelik teknikler incelenecektir. Bu bölümde, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için geliştirilen modellerin kullanıcılar tarafından uygulanabilirliği için gerekli oyuncular, mevkiler ve yetenekler dizin kümeleri, mevki ve mevkilere göre yeteneklerin önem düzeyleri, oyuncuların yeteneklere göre izleyen maç için performansları, oyuncuların oynayabilir oldukları mevkiler, antrenörün mevkilerin yeteneklerine göre asgari beklentileri ve oyuncu uyum parametrelerinin tahmin edilmesi, bulunması veya elde edilmesi için gerekli yöntemlere yer verilecektir. Böylece, bu bölüm model kullanıcılarına yönelik bir çözüm öncesi kılavuzu niteliğindedir.

Önerilen modellerin uygulanabilirliğini, nasıl uygulanacağını ve sonuçlarının nasıl yorumlanacağını göstermek amacıyla tez çalışmasının beşinci bölümünde, Ankara'da yer alan ve Türkiye Erkekler 1. Voleybol Liginde mücadele eden bir voleybol spor kulübünün maç öncesi takım kurma problemine yanıt bulmak için uygulanacaktır. Dördüncü bölümde yer verilen teknikler kullanılarak, bu uygulamadaki Voleybol takımı için dizin kümeleri ve temel bileşenleri gerçek veriler kullanılarak tahmin edilecek veya elde edilecektir.

Tez çalışmasının son bölümünde sonuçlar ve önerilere yer verilecektir. Önerilen modellerin ve uygulanan tekniklerin değerlendirmesiyle birlikte, tez çalışmasının sonuçları üzerinde durulacaktır. Sonuçların değerlendirilmesinin ardından, bu çalışmanın devam ettirilebileceği uygulama alanları ve çözüm bulunması gereken özel durumlara yer verilerek gelecek çalışmaların neler olabileceğine yer verilecektir.

2. SPOR KULÜPLERİNDE TAKIM KURMA PROBLEMİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR: ELEŞTİRİLER VE BÜTÜNSELLİK GEREĞİ

Spor kulüplerinde takım kurma problemlerine ilişkin temel ve bağlantılı diğer çalışmalar, bu bölümde detaylı bir şekilde incelenecektir. Kaynaklarda yer alan çalışmaların ele aldıkları problem, yaklaşımları ve/veya geliştirdikleri yöntemleri, modelleri, varsayımları ve bu varsayımlara bağlı olarak eleştirilere yer verilip genel değerlendirmesi yapılacaktır. Çalışmanın irdelenmesinin ardından kaynaklardaki çalışmalar bütünsel olarak değerlendirilecek ve bu tez çalışmasına yön veren gerekçeler anlatılacaktır.

2.1. Boon ve Sierksma'nın Modeli

Boon ve Sierksma [3] yaptıkları çalışmada voleybol ve futbol kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemini ele almışlardır. Bu çalışmada, araştırmacılar maç öncesinde takımın en iyi başlangıç pozisyonu için antrenörün elindeki oyuncu havuzundan hangi oyuncuların seçileceğine ve hangi mevkilerde görev alacaklarına karar vermeyi hedeflemektedirler. Bu amaçlarını gerçekleştirmek için atama tabanlı aşağıdaki matematiksel modeli esas almışlardır.

Yazarların temel aldıkları karar modeli aşağıda sunulmuştur.

$$\sum_j^n x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad (1.1)$$

$$\sum_j^m x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1.2)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (1.3)$$

kısıtları altında:

$$enb \ z = \sum_j^m \sum_j^n w_{ij} x_{ij} \quad (1.4)$$

Çalışmada yer alan oyuncu-puan (player-score) ve mevki-puan (position-score) tabloları yukarıda verilen modelde w_{ij} olarak yani i . oyuncunun j . mevkideki ağırlığı olarak kullanılmaktadır. Bu ağırlıkların elde edilme yöntemleri izleyen paragraflarda anlatılacaktır. x_{ij} ise i . oyuncu j . mevkiye atanırsa 1, diğer durumda 0

değerini alan karar değişkenidir. Bu model m sayıda oyuncunun n sayıda mevkiye atanmasını sağlamaktadır. Yukarıdaki modele ek olarak, spor branşına göre ek kısıtların eklenmesi ile model detaylandırılıp çözümlenerek, maç öncesi başlangıç pozisyonuna karar verilmektedir.

Yukarıda yer alan modelde, ilk kısıt her oyuncunun en fazla bir mevkiye ve ikinci kısıt her pozisyona en fazla bir oyuncunun atanmasını sağlayan kısıtlardır. Amaç fonksiyonunda yer alan w_{ij} değerleri pozitif olmasından ve amaç fonksiyonunun en büyükleme olmasından dolayı 2. kısıtta " \leq " işleci kullanılmıştır. Modelde yer alan 1.3 kısıtı 0-1 değişken tanımlamasıdır. Amaç fonksiyonu ise her bir mevkiye atanan oyuncuların atandıkları mevkideki değerlerinin toplamının en büyükleme olmasıdır.

Boon ve Sierksma [3] çalışmasında, matematiksel modelin spor branşına göre detaylandırılıp, model parametrelerinin belirlenmesi üç adımda gerçekleştirilmiştir. Bunlar spor branşı için gerekli özelliklerin listelenmesi, oyuncuların listelenen bu özelliklere göre puanlanması ve ilgilenilen spor branşındaki mevkilerin listelenen özelliklere göre öneminin puanlanmasıdır [3].

İlk olarak, sporcuların sahip olması gereken özellikler, teknik ve fonksiyonel gerekliliklerinin neler olduğu listelenmiştir. Bu liste, spor kulüplerinin genç oyuncu keşfetme ekipleri tarafından hazırlanmış listelerden faydalanarak elde edilmiştir. Makalede, futbol takımlarında yer alacak oyuncuların sahip olmasını gerektiren 49 özellik, voleybol takımları için ise 53 özellik olduğu belirtilmekte ve listelenmektedir.

İkinci adımda, takım antrenöründen, listelenen özelliklere göre tüm oyuncuları 0-10 değeri arasında puanlandırması istenmektedir. Böylece, her oyuncunun listedeki her bir yetenek için bir puana sahip olması sağlanmakta ve bu oluşturulan puan tablosuna oyuncu-puan (player-score) tablosu denilmektedir.

Son adımda ise, takım antrenörü listelenen özellikleri her bir mevki için ne derecede önemli olduğunu 0-10 değerleri arasında puanlayarak belirtmektedir. Bu adımda, antrenör kişisel stratejisini göz önüne alarak puanlamayı yapmaktadır ve bütün değer atamaları yapıldıca oluşturulan tabloya mevki-puan (position-score) tablosu denilmektedir.

2.1.1. Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler

Boon ve Sierksma [3] çalışmasında yer alan yaklaşımda, oyuncuların performansları ile ilgili bazı varsayımlar bulunmaktadır. İlk olarak, her oyuncuya antrenör tarafından değer ataması yapılarak, oyuncuların performansları sabit bir değerde ve statik olduğu kabul edilmektedir. Hâlbuki her maçta oyuncuların aynı performansı göstermesi gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bir oyuncunun performansı, her maça, çevre koşullarına, o anki durumuna, takımın ligdeki sıralamasına, maçın önemine, oyuncuların bir önceki maçtaki performanslarına ve benzeri durumlara bağlıdır [9]. Oyuncunun performansı değişkendir ve tahminleme gerektirir.

Oyuncu-puan tablosu oyuncuların geçmiş performanslarından yararlanılarak oluşturulmamıştır. Oyuncuların performanslarının göz önüne alınmadan yapılması, bir sonraki maç için bir tahminleme tekniğinin kullanılmaması ve bu tablonun tek kişinin görüşlerine dayalı olarak elde edilmesi, bu çalışmaya getirilebilecek diğer eleştirilerdir.

Boon ve Sierksma'nın [3] çalışmasındaki oyuncular ile ilgili diğer bir varsayım ise her oyuncunun her mevkide oynayabileceğidir. Her oyuncu için mevkilere göre tablolardan yararlanılarak ulaşılan performans değeri bulunmaktadır. Ancak bu durum bazı oyuncular için geçerli olabilse de oyuncuların bazı mevkilerde oynamak istememesi, alışık olunan veya tecrübe edilmiş bazı mevkilerin bulunması, oyun içi hareketlerde gerekli zamanlamaların yerine getirilememesi, diğer mevkilerle uyum ve benzeri sıkıntıları doğurabilmektedir. Bu yüzden her oyuncunun her mevkide oynayabileceği gerçekçi olmamakla birlikte oyuncu-puan ve mevki-puan tabloları kullanılarak hesaplanan oyuncuların mevkilere göre puanları kendi esas mevkileri dışında doğruluk göstermeyebilir [9]. Bu sebepten dolayı, oynayabilir olduğu mevkisi dışında bir mevkiye atama yapılan oyuncu(lar) olduğu durumlarda, çalışmada önerilen bu modelin çıktılarının güvenilirliği sarsılmaktadır.

Belirlenmiş olan özellikler listesinde çok sayıda bileşenin yer alması; bu işlemin yapılmasında çok uzun bir zamana ihtiyaç doğurur. Ayrıca bu listelenen özelliklerin maç sonucuna veya sayıya olan etkileri tartışmaya açıktır. Bu özellikler, oyuncunun hangi açılardan iyi bir oyuncu olduğunu gösterebilir ancak bu özellikler dahilinde kurulan takımın en iyi takım olacağına dair kesin bir kanıtı yoktur.

Oyuncuların her ma için bu özelliklerinin sabit değerler olarak göz önüne alınması gerçekçi olmamakla birlikte özellik sayısının çok fazla olması sebebiyle bu değerlerin yeniden hesaplanması veya elde edilmesi zaman bakımından pratik değildir.

Bu eleştirilere ek olarak, oluşturulan mevki-puan ve oyuncu-puan tabloları bir kişinin değerlendirmelerine bağlı olarak yapılmıştır. Bu da, yöntemsel olarak belirleyici bu tabloların sübjektif olarak yapıldığını göstermektedir. Bir antrenörün sübjektif değerlendirmesinin dışına çıkılmalıdır nk puanlamaları yapan antrenörün değerlendirmelerinin tutarlılığı veya güvenirliliği hakkında yorum yapmak mümkün değildir. Antrenör her ne kadar oyuncuları düşünerek bu puanlamaları değerlendirse de çok sayıdaki değerlendirmede hata yapma veya yanlış değerlendirme ihtimali de göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle, belirtilen yaklaşım ile tahmini yapılan parametrelerin güvenirliliği tartışma konusu olacağından, bu parametrelere dayalı olarak bulunan zmn gerçekçi olmayacağı açıktır.

Bölüm 2.1'de sunulan modele getirilebilecek eleştiri ise, voleybol sporu için rotasyon indisinin eklenmesidir. Modele eklenen bu rotasyon indisi ile birlikte voleybol sporunda oyuncuların rotasyonunun ma sonucuna etkileyeceği ifade edilmiştir. Ancak her rotasyonda oyunun devam süresi eşit olacağının varsayımı bulunmaktadır. Bu varsayımın gerçekleşmesi de çok düşük bir olasılıktır ve hangi rotasyonda maçın ne kadar oynanacağını tahmin etmek de çok zordur. Bu yüzden bu varsayım modeli gerçek hayat durumundan uzaklaştırmaktadır.

Çalışmada nerilen modelde, karar değişkenlerinde rotasyona, servisi atan takım, servis türü ve benzeri alt indislerin eklenerek tanımlanmaya kalkışılması modeldeki tamsayı değişken sayısında hızlı bir şekilde artışa neden olacağından, modelin karar verme süreçlerinde kolay ve hızlı zmlenebilirliğini de ortadan kaldırmaktadır. Modelin rneklemesi için yer alan vaka çalışmasında, voleybol sporunda 13 oyuncuda 6'sının seçimi üzerinde durulmaktadır. Çalışmada verilen iterasyon sayısı bu problem için 40.000'e yakındır ve kadronun daha da geniş olduğu durumlarda bu iterasyon sayısının üstel olarak artacağı söylenebilir.

Modelin uygulama çalışmasına kıyasla kadronun daha geniş olduğu durumlar için hangi yedeklerin seçileceği belirlenmemektedir. Bölüm 2.1'de sunulan model

sonuç olarak sadece maça başlayacak 6 oyuncunun ve liberonun çıktısını vermektedir. Ancak voleybol kuralları gereği oyun alanına çıkacak ve yedeklerde yer alacak oyuncuların toplam sayısı en fazla 14'tür. 14'ten daha fazla sayıda oyuncuya sahip bir takım için model çalıştırıldığında başlangıç pozisyonundaki 6 oyuncu belirlenmektedir ama yedeklerde yer alacak oyuncuların hangi oyuncular olduğu model çıktısında bulunmamaktadır. Bu da göstermektedir ki, bu çalışmada, yedekler bir mevki olarak ele alınmamıştır. Bu durum kadro genişliği maç kadrosunda izin verilen oyuncu sayısından daha fazla oyuncuya sahip takımlar için bir sorun teşkil etmektedir.

2.1.2. Çalışmanın Değerlendirmesi

Bu çalışma ile ilgili genel olarak akademik yönden kendi içerisinde tutarlı ve spor takımlarının oluşumuna bilimsel teknikleri uygulamasını örneklemesi açısından çok önemlidir. Bununla birlikte, yukarıda yapılan eleştiriler ve buna ek olarak, takım kurma kararlarında maçı kazanma açısından göz önüne alınacak gerçek parametrelerin neler olacağı ve bu parametrelerin tahminlerinin nasıl yapılacağı açısından uygulama yanı noksanlık göstermektedir.

2.2. Tavana vd.'nin Yaklaşımı

Tavana vd. [6] yaptıkları çalışmada maç öncesi futbol takımı kurma problemine çözüm önermişlerdir. Bu probleme, çözüm yaklaşımı olarak iki aşamalı bulanık çıkarsama yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin ilk aşaması alternatif oyuncuların bulanık sıralama yöntemi (Fuzzy Ranking Method) ile puanlandırılıp mevkilere göre en yüksek puanlardaki oyuncuların başlangıç takımına dâhil edilmesidir. İkinci aşamada ise seçilen oyuncuların mevkilerindeki yerlerini tespit etmektir. Bu tespit yapılırken iki farklı faktör tanımlaması yapılmıştır.

Oyuncuların sıralanması ve seçimi evresinde bilinen bir futbol takımının baş antrenörü, savunma antrenörü ve hücum antrenörünün birlikte kararlaştırdığı değer atamalarını kullanmışlardır. Antrenörlerin birlikte yapmış oldukları değerlendirmeler ile iki veri kümesini oluşturmuşlardır.

Veri kümelerinden ilki, her bir oyuncunun futbol kulübünün daha önceden belirlemiş olduğu 18 ölçütün her birine göre nasıl bir performans sergileyeceğinin sözel değişken ile ifadesidir. Bu sözel değişkenler; Zayıf, Orta, İyi ve Çok İyi

şeklindedir. Sözel değişkenlerin matematiksel ifadesi bulanık çıkarsama yöntemine göre üçgensel üyelik fonksiyonunda belirtilmiştir. Üçgensel üyelik fonksiyonunda her bir sözel değişkene ait 3 değer bulunmaktadır. Vektör olarak, i. sözel değişkenin değerleri $\langle a_i, b_i, c_i \rangle$ şeklinde gösterilmiştir. $a < b < c$ olmak üzere, a ve c değerleri üyelik fonksiyonunu 0 yapan değerler iken b ise üyelik fonksiyonunu 1 yapan değerdir. Oyuncuların performanslarını puanlamak için kullanılan sözel değişkenlerin vektörel değerleri: Zayıf $\langle 0, 0.3, 0.5 \rangle$; Orta $\langle 0.3, 0.5, 0.7 \rangle$; İyi $\langle 0.6, 0.8, 0.9 \rangle$; ve Çok İyi $\langle 0.8, 1, 1.2 \rangle$ şeklinde ifade edilmiştir.

İkinci veri kümesi ise her bir ölçütün mevkilere göre önem düzeyinin sözel değişkenler ile ifadesidir. Kullanılan sözel değişkenler Önemsiz, Çok Önemli Değil, Normal, Önemli ve Çok Önemlidir. Değişkenlerin matematiksel ifadesi bulanık çıkarsama yöntemine göre üçgensel üyelik fonksiyonunda belirtilmiştir. Sözel değişkenlerin vektörel değerleri üçgensel üyelik fonksiyonlarından -oyuncuların performans puanlamasında kullanılan yöntem ile aynı şekilde- elde edilmiştir. Önemsiz $\langle 0.5, 1, 1.5 \rangle$; Çok Önemli Değil $\langle 1, 1.5, 2 \rangle$; Normal $\langle 1.5, 2, 2.5 \rangle$; Önemli $\langle 2, 2.5, 3 \rangle$; ve Çok Önemli $\langle 2.5, 3, 3.5 \rangle$ vektör şeklinde ifade edilmiştir.

Antrenörlerin değerlendirmelerinden oluşturulan bu veri kümeleri kullanılarak her oyuncunun puanı vektörel çarpım sonucunda bulunmaktadır. Bu çarpım aşağıda (2.1) denkleminde gösterilmiştir. Buna göre, $E_{eval}(PO, i)$: i. oyuncunun PO mevkisine göre skorunu göstermektedir. Birinci veri kümesinden elde edilen $e(i, PO, C_t)$: i. oyuncunun t. performans ölçütüne göre değerini göstermektedir. İkinci veri kümesinden elde edilen $w(PO, C_t)$: PO mevkisinin t. performans ölçütüne göre önem düzeyidir.

$$E_{eval}(PO, i) = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k e(i, PO, C_t) \times w(PO, C_t) \quad (2.1)$$

2.2.1. Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler

Tavana vd. [6] çalışmalarında futbol takımlarında oyuncuların 3 mevkiden yalnızca birinde yer alabileceği varsayımında bulunmuşlardır. Bu mevkiler savunma, orta saha ve forvet mevkileridir. Buna ek olarak sahaya dizilimin 4-4-2 siteminde yani 4 savunma oyuncusu, 4 orta saha oyuncusu ve 2 forvetin olması gerektiğini kabul etmektedirler. (2.1) denklemi kullanılarak bu mevkiler listesinde yer alan en iyi

oyuncular seçilmektedir. En iyi oyuncular seçilirken yazarların belirlemiş olduğu 4-4-2 formatına uygun sayıda oyuncu takıma dâhil edilmiştir. E_{eval} değerlerine göre sıralanan oyunculardan her bir mevki için listenin başında yer alan oyunculardan savunma mevki için 4, orta saha mevki için 4 ve forvet mevki için 2 oyuncu takımın maç öncesi başlangıç pozisyonunda olacağı belirlenmiştir. Ancak, bu 4-4-2 diziliminin en iyi yerleşim düzeni kabulü eleştiriye açıktır çünkü takımda yer alan oyuncuların özelliklerine ve yeteneklerine bağlı olarak yapılan farklı takım dizilimi daha iyi olabilir.

Seçim aşamasından sonraki ikinci aşama, oyuncuların mevkilerinin içerisinde nasıl yerleştirileceğinin belirlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada, yeni iki faktör tanımlanmaktadır. Tanımlanan faktörler, seçilen oyuncuların son iki maçtan kaçında oynadığı ve son sekiz maçta her ikili oyuncunun kaç kez yan yana oynadığını ifade eden değerlerdir. Bu faktörlerden yararlanılarak her bir ikili oyuncu için Dizilim Yüzdesi (Percentage of Arrangement) hesaplanmaktadır. Bu hesaplamadan ardından belirlenen eşik değerinin üzerinde yer alan ikililere göre, karar verici her bir mevki için seçilen oyuncuların hangilerinin o mevkinin hangi bölgesinde oynayacağını yerleşimini yapmaktadır.

Bu makalede yer alan varsayımlar ve izlenen yöntemler model sonucunun doğruluğu hakkında şüpheler uyandırmaktadır. İlk olarak kullanılan sözel değişkenler geniş bir yelpazede değildir. Oyuncuların ölçütlere göre performansı 4'e ve ölçütlerin mevkilerdeki önemi ise 5'e bölünmüştür. Bu sebepten dolayı ara değerler kaybedilmekte ve kıyaslamaların doğruluğunun tutarlılığının hassas bir şekilde yapıldığından söz edilememektedir.

Oyuncular ile ilgili varsayımlar da çözümü etkilemektedir. Oyuncular ile ilgili ilk varsayım, oyuncuların yalnızca bir mevkide oynayabileceğidir. Ancak bazı oyuncular birden fazla mevkide oynayabilmektedir. Tek bir mevkiye göre diğer oyuncular ile kıyaslanan çok yönlü bir oyuncu diğer mevkisine göre kıyaslanmadığı için takıma dâhil olamayabilir. Bu durumda, çözümün tutarlılığı tartışma konusu olur.

Önerilen yaklaşıma ait çözüme etki eden oyuncular ile ilgili diğer bir varsayım ise oyuncu performanslarının antrenörler tarafından değer atamasıyla yapılması ve statik olmasıdır. Bu varsayımın doğurabileceği iki hata bulunmaktadır. İlk olarak

kişilerin sübjektif atama yapmalarından dolayı oyuncuları hatalı değerlendirme olasılığı vardır. İkinci hata teşkil eden durum ise oyuncu performanslarının her maç için aynı olacağını düşünmektir [9]. Bunun önüne geçilmek istenirse bile ölçüt sayısının 18 olması ve her bir oyuncu için her maça özel değerlendirmenin yinelenebilmesi elverişli ve pratik değildir.

Yapılan değer atamasına göre oyuncu seçiminin yapılması giderek kendini geliştiren ve/veya önceki maçlara göre performansını arttıran oyuncuların seçilmemesine sebep olabilir. Antrenörlerin buna benzer durumları fark edememeleri veya yanlış değerlendirmeleri iyi performans gösteren veya göstermesi tahmin edilen oyuncuların seçilmemesi, sonucun doğruluğu hakkında şüphe uyandırmaktadır. Bir başka deyişle, oyuncuların geçmiş maçlarındaki performanslarına ait bir değerlendirme bulunmamaktadır. Sübjektif belirlemelerden dolayı yanlış oyuncu seçimleri ortaya çıkabilir.

Her bir mevki için yapılmış olan dizilim atamalarının diğer mevkilere göre yapılmaması da bir sorun teşkil etmektedir. Çalışmada, mevkiler oyuncuların sahada bulunacakları konuma göre belirlenmiştir. Futbol takımında sahanın en gerisinden en ilerisine göre mevkilerin yer alma sırası savunma, orta saha ve forvettir. Her bir mevki için seçilecek oyuncular dizilim olarak yatay bir şekilde olacaktır.

Bölgesel atamalar belirlendikten sonra, ikinci aşamada dizilim atamaları yapılırken, oyuncular her bir mevkinin kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Bundan çıkarılacak sonuç oyuncuların ilişkileri yatay düzeyler halinde ve diğer mevkilerden bağımsız olarak yapılmıştır. Hâlbuki mevkiler arası iletişimde olduğu aşikârdır. Bu yüzden dizilim yöntemi sadece yatay yönde olan değil, takımın dikey olarak diğer mevkileri ile olan iletişimini de göz önüne alarak yapması gerekmektedir. Buna ek olarak, dizilim ataması yapılırken son on maçta yan yana oynamanın etkisine bağlı olarak yapılmaktadır. Bu varsayıma göre daha çok birlikte oynayan oyuncuların yatay dizilime göre yan yana bölgelerde oynaması istenmektedir. Ancak yan yana oynayan oyuncuların birlikte yaptıkları maç performansının sonuçları dikkate alınmamıştır. Eğer ki, birlikte daha kötü performans gösteren oyuncular var ise; daha çok birlikte oynadıkları için yan yana atanmaktadırlar ve performanslarını inceleyen bir durum söz konusu değildir. Ulaşılan çözümün belirtilen sebepler

dolayısıyla tutarsız bir yapı üzerine inşa edildiği söylenebilir. Kullanılan yöntemin sonuçlarının anlamlılığı şüphelidir.

Tavana vd. [6] geliştirdikleri model görev bölgesi tanımı olan sporlar için daha uygun bir çalışmadır. Örneğin; Amerikan futbolu, beyzbol, softbol, ragbi vb. Diğer sporlara uygulanabilirliğinden söz edilemez çünkü bu yöntem genelleştirilmiş bir yöntem değildir ve mevkilerin ilişkileri her spor için ifade edilemeyebilir. Oyuncuların geçmişte birlikte oynamış olmalarına ve oynama sayılarına göre yapılan yerleştirme dizilim yönlü sporlar için uygun olabilmektedir. Ancak basketbol ve voleybol gibi sporlarda oyuncular rotasyon olarak oyun içerisinde yer değiştirmektedir bu yüzden sabit mevkiler yoktur.

2.2.2. Çalışmanın değerlendirilmesi

Tavana vd. [6] çalışmaları akademik yönden spor takımlarının maç öncesi kurulum uygulamasının örneklemesi açısından çok önemlidir. Bulanık mantık yaklaşımının kullanılması ve çalışmada yer alan modelin gerçek hayata dönük olarak geliştirilmeye açık olması, bu çalışmayı öncü kılmaktadır. Bununla birlikte yukarıda ifade edilen eleştiriler nedeniyle, takım kurma kararlarında maçı kazanma açısından göz önüne alınacak gerçek parametrelerin neler olacağı ve bu parametrelerin tahminlerinin nasıl yapılacağı açısından uygulanabilirliği kuşkuludur.

2.3. Dadelo vd.'nin Yaklaşımı

Dadelo vd. [8] yaptıkları çalışmada maç öncesi basketbol takımı kurma problemi için çözüm aramışlardır. Makalede oyuncu seçimi için çok ölçütlü karar verme tekniklerinden TOPSIS metodunu kullanmışlardır. Bu makale takım kurma problemlerinde oyuncu seçimi için çok ölçütlü karar verme tekniklerinin ve TOPSIS yönteminin kullanıldığı ilk çalışmadır.

Yazarlara göre oyuncuların yerine getirmeleri gereken görevler yeteneklerine bağlıdır [8]. Oyuncuların yeteneklerindeki artışla, mevkilerinde görevlerini yerine getirme olasılıkları ve maç içerisinde yeteneklerini uygulama fırsatı artmaktadır. Makalede oyuncuların yeteneklerinin düzeyini ise oyuncuların vücudundaki fiziksel özellikler, aerobik ve anaerobik güçler ve mevkilerindeki rollerin belirlediği kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak sonuca ulaşmak için her bir oyuncunun antropometrik

değerleri, maça hazır olma durumlarının değerleri ve fonksiyonel kapasite değerleri araştırılmıştır. Oyuncuların ölçülen değerlerinin TOPSIS yöntemi kullanılarak negatif ve pozitif ideal değerlere olan uzaklıklarına göre oyuncular sıralanmıştır.

Yapılan çalışmada çözüm yöntemi algoritmik bir yapıda sunulmuştur. Yapılandırılmış algorithmada ilk adım, oyuncuları değerlendirmek için kullanılan ölçütlerin belirlenmesidir. Kaynaklar yardımıyla oluşturulan ölçütler listesi 4 ana grupta toplanmıştır. Bu gruplar vücut ölçüleri, hız ve çabukluk, güç ve aerobik dayanıklılık şeklindedir. Vücut ölçülerinin altında 8 ölçüt, hız ve çabukluğun altında 4 ölçüt, gücün altında 4 ölçüt ve aerobik dayanıklılığın altında 7 ölçüt olmak üzere toplamda 23 ölçüt listelenmiştir. İkinci adımda, Litvanya Basketbol liginde oynayan oyuncularından gönüllü olan 18 oyuncunun bir önceki adımda listelenmiş ölçütlere göre ölçümlerinin yapılmasıdır. Ölçümler, aynı günün aynı saatinde 22 uzmandan oluşan bir ekiple gerçekleştirilmiştir. Üçüncü adımda, basketbol uzmanlarından her bir ölçütün kendi başlığı altında önemine göre sıralaması istenmiştir. Bu sıralama puanlamalarının ortalaması alınarak ölçütlerin ağırlığı bulunmuştur. Dördüncü adımda, oyuncuların ölçütlere göre performanslarının negatif ve pozitif ideale uzaklıklarının bulunmasıdır. Son adımda, ölçütlerin ağırlıkları kullanılarak her oyuncunun bütünlük puanlamasının çıkarılması ve bu puanlamaya göre oyuncuların sıralanmasıdır.

2.3.1. Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler

Dadelo vd. [8] yaptıkları çalışmada oyuncuların ölçümlerini kullanmışlardır ve bu alınan ölçümlerin sezon boyunca her maç için aynı olacağını varsaymışlardır. Ancak, listelenmiş ölçütler kümesinde, vücut-kütle indeksi, kas oranı, reaksiyon süresi, ortalama kas gücü miktarı, sıçrama yüksekliği, kandaki hemoglobin miktarı ve benzeri bileşenler sezonun farklı zamanlarında farklılık gösterebilecek değerlerdir. Oyuncuların bu ve benzer ölçütlerdeki sonuçları, sezon içindeki yorgunluk, çalışma temposu, moral, motivasyon gibi dış etkenlerden etkilenebilir [9]. Oyuncuların sabit puanlarının sezon boyunca aynı kabul edilmesi gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bu durumun önüne geçilmek istenirse bile, ölçümü yapılan bu değerlerin her maç için tekrarlanması zaman ve maliyet açısından çok

uygulanabilir değildir çünkü 23 adet ölçütün 18 oyuncu için tek tek değerlendirmesi ve ölçümleri zamana ve paraya ihtiyaç doğurmaktadır.

Oyuncular ile ilgili toplanan verilerde oyuncunun yetenekleri, tecrübeleri ve mevkisel özellikleri göz önüne alınmamıştır. Buna ek olarak, oyuncuların her bir mevki için nasıl bir puana sahip olacağı da belirtilmemiştir. Geliştirilen çözüm önerisiyle uzmanların görüşlerine dayanarak her bir oyuncunun ne kadar iyi bir basketbolcu olduğu bulunmaktadır. Yazarlar her mevki için görevlerin farklı yetenekleri sergileme ihtiyacı gösterdiğini belirtmişlerdir ancak oyuncuların yeteneklerini mevkilere göre değil bütünleşik olarak hesaplanmıştır. Bu şekilde bir hesaplama göre bir takım kurma çalışmasında, takıma en iyi 5 oyuncu dâhil edilecek olursa her bir mevki için istenilen görevleri en iyi şekilde yerine getirecek oyunculardan bir takım oluşturulmaz. Bunun yerine bütün ölçütlere göre en iyi oyuncuların seçim işlemi yapılmış olacaktır. Böylece oluşturulan bu takımda her mevkinin yerine getirmesi gereken görevleri en iyi şekilde yerine getiremeyecektir.

Bir önceki eleştiriye bağlı olarak, oyuncuların iyiliğinin değerlendirilmesi her bir ölçütün her mevki için aynı olacağına varsayılmasından kaynaklıdır. Ancak, bu durum yazarların belirtmiş oldukları istenilen koşullar yani oyuncuların mevkilerdeki rollerine göre yeteneklerinin iyiliğinin belirlenmesi durumuyla çelişmektedir. Bu yaklaşımda, şayet her bir oyuncunun mevkisel olarak icra edeceği sorumlulukları ne ölçüde yerine getireceği bilgisine erişilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak her mevki için oyuncular sıralanabilir.

Ölçütlerin ağırlıklandırılması bölümünde, uzmanlardan her guruba ait ölçütleri sıralama yaparak puanlandırma yapması istenmiştir. Her bir ölçüt için bu değerlerin ortalaması alınarak önem düzeyleri belirlenmiştir. Uygulanan yöntemin bazı sakıncaları bulunmaktadır. İlk olarak, ölçütlerden biri diğerlerine göre çok büyük bir oranda daha önemli olabilir fakat bu yöntemin kullanılması, matematiksel ifade olarak o ölçütün önem düzeyini yeterince belirlemeyebilir. İkinci sakınca, bütün ölçütlerin tek bir kalemde değerlendirilmemesinden doğabilecek sorunlardır. Bu sorunları örneklendirmek gerekirse, iki farklı başlık altında yer alan ölçütlerin aynı başlık altında olmadıkları için birbirlerine göre kıyaslanmadan değer almasıdır. İki farklı gruptaki ölçütlerden A ve B ölçütlerinin önem düzeyleri için $A > B$ şeklinde bir sonuç bulunmuş olsun. Ancak A ve B ölçütleri aynı başlık altında

olsaydı bu durumun tam tersi şekilde sonuçlanabilirdi. Bu durumda ölçütlerin ağırlıklandırma yönteminin yanlış değerlendirmelere sahip olabileceğini gösteren bir durumdur. Kısacası, Dadelo vd. [8] kullanmış oldukları ağırlıklandırma metodolojisi kendi içerisinde yöntemsel olarak sakıncalara sahiptir.

Kaynaklardan yararlanılarak listelenen ölçütlere göre fiziksel ölçümlere göre pozitif ideal değerlerdeki özelliklere sahip bir kişinin en iyi basketbol oyuncusu gibi varsayılmıştır. Bu kişinin basketbol branşı ile hiçbir bağlantısı olmasa da, fiziksel ölçümlerinin en iyi değerde olması ve bireyin yeteneklerin değerlendirilmemiş olması sebebiyle geliştirilen algoritmaya göre takıma seçilmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı geliştirilen yöntemin vereceği çözümlerin anlamlılığı bir tartışma konusudur.

Geliştirilen çözüm yaklaşımında seçilen oyuncuların uyumları düşünülmemiştir. Oyuncuların değerlendirilmesine göre seçim işleminde hep aynı fiziksel özelliklere sahip oyuncular bir arada yer alabilmektedir. Bu durum oyun içerisindeki görevlerin bazılarının iyi bir şekilde yerine getirilmesini sağlayabilir fakat bazı görevlerin iyi bir şekilde yerine getirilmemesine sebebiyet verebilir. Örneğin, seçilen oyuncuların hücumaya yönelik özelliklerinin çok iyi olduğu ama savunmaya dayalı özelliklerinin kötü olduğu bir takım oluşturulabilir. Böyle bir takımın başarılı olup olmayacağı şüphe uyandırmaktadır. Birbirlerini tamamlayan özelliklere sahip oyuncuların daha iyi bir takım oluşturup oluşturmayacağı bu yöntem ile açıklığa kavuşmamaktadır.

Oluşturulan algoritmanın ilk adımında yer alan ölçütlerin belirlenmesi aşamasında kaynaklarda yer alan daha önce uygulanmış bir liste kullanılmıştır. Bu liste oluşturulur iken ele alınan ölçütlerin ne gibi koşullara bağlı olarak yapıldığı belirsizlik arz etmektedir. Listenin belirlenmesi sırasında maç sonucuna etki eden ölçütlerin alınması gerekmektedir. Var olan listede ölçütlerin maç sonucuna olan etkisinin nasıl olacağı ile ilgili bir değerlendirme bulunmamaktadır.

2.3.2. Çalışmanın değerlendirmesi

Dadelo vd. [8] yapmış oldukları çalışma çok ölçütlü karar verme tekniklerinin spor kulüplerinde takım kurma süreçlerinde uygulamaya başlanmasında öncülük eden bir çalışmadır. Çalışma genelinde algoritmik bir yapıda önerilen çözüm stratejisi bu çalışmanın gerektirdiği imkânlarla sahip olan spor kulüplerinin bütün spor branşlarında uygulanabilecek niteliktedir. Ancak, yapılmış olan bu çalışma

yukarıda belirtilen eleştiriler göz önüne alındığında en iyi takımın kurulması açısından yetersizlik göstermektedir. Bu açıdan spor kulüplerinin hedeflediği maç kazanma kıstasına bağlı kalınmaması, takıma dâhil edilen oyuncuların sadece fiziksel ölçümlerine göre yapılması önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğinin gerçekçi olmadığını göstermektedir.

2.4. Ahmed vd.'nin Modeli

Ahmed vd. [7] yaptıkları çalışmada sezon başı kriket takımı kurma problemi için çözüm aramaktadırlar. Makalede takıma dâhil edilecek oyuncuların seçimi için çok ölçütlü karar tekniklerini kullanarak ve genetik algoritma ile çözüm uzayında arama yaparak sonuçlandırmışlardır. Bu makale takım kurma problemlerinde oyuncu seçimi için çok ölçütlü karar verme tekniklerinin ve sezgisel yöntemlerin birleştirildiği ilk çalışmadır.

Yazarlara göre, bir takım sporunda oyuncular oyun gerekliliklerini icra ederken aynı anda bir veya birçok yetenekte etkili olmalıdırlar [7]. Çalışmada, kriket sporu için Vurma (Batting), Atma (Bowl) ve Yakalama (Fielding) yeteneklerinin önemli ve gerekli olduğu kabul edilmiştir. Oyuncu seçiminde yalnızca bu yetenekler göz önüne alınmaktadır.

Kriket sporu, saha içerisinde 1'i kaptan, 1'i Kaleci (Wicket-keeper) ve diğer 9'u saha oyuncusundan oluşan 11 oyunculu bir spor branşıdır. Bu araştırmada oyuncu havuzu, Hindistan Kriket liginde oynayan profesyonel ve kaydı bulunan 129 oyuncudan oluşturulmuştur. Çalışmada, 129 oyuncu içinden 1 takıma sezon başında seçilecek 11 oyuncunun belirlenmesi probleminde uygulanmıştır.

Sezon başı takım kurma kararı için aşağıda gösterilen model kullanılmıştır. Takıma dâhil edilecek kaptan c , kaleci w , ve diğer oyuncular $i=1,2, \dots,9$, olmak üzere p_i ile gösterilmiştir.

$$g_1(t) \equiv c \in \text{kaptan listesi}, \quad (2.1)$$

$$g_2(t) \equiv w \in \text{kaleci listesi}, \quad (2.2)$$

$$g_3(t) \equiv \text{aynı oyuncu bir takımda iki defa yer alamaz}, \quad (2.3)$$

$$g_4(t) \equiv \text{bir takımda 4 den fazla yabancı oyuncu bulunamaz}, \quad (2.4)$$

$$g_5(t) \equiv \sum_{i=(c,w,p_1,\dots,p_9)} \text{maliyet}(i) \leq \text{toplam bütçe} \quad (2.5)$$

Kısıtları altında:

$$\text{arg enb } \{f_1(t), f_2(t), f_3(t)\} \quad (2.6)$$

$$f_1(t) = \sum_{i=(c,w,p_1,\dots,p_9)} \text{vurma performansı } (i), \quad (2.6.1)$$

$$f_2(t) = \sum_{i=(c,w,p_1,\dots,p_9)} \text{atma performansı } (i), \quad (2.6.2)$$

$$f_3(t) = \sum_{i=(c,w,p_1,\dots,p_9)} \text{yakalama performansı } (i). \quad (2.6.3)$$

Yukarıdaki modelde kaptan olabilecek oyuncuların listesi ve takımda bir kaptan olmasının gerekliliği birinci kısıtta gösterilmiştir. İkinci kısıtta ise kaleci olabilecek oyuncuların listesi ve takımda bir kaleci olmasının gerekliliği gösterilmiştir. Üçüncü kısıtta, bir oyuncunun iki defa yer alamamasını sağlamaktadır. Dördüncü kısıt ise bir takımda en fazla 4 adet yabancı sporcunun takıma dâhil edilebilmesini sağlamaktadır. Son kısıtta takıma yer alacak oyuncuların toplam maliyetinin sezon bütçesini aşmasını engellemektedir. Bu kısıtlamalara bağlı kalarak seçilecek oyuncuların yeteneklerdeki performansının en büyüklenmesi de altıncı kısıtta gösterilmiştir.

Oyuncuların vurma, atma ve yakalama performansları için bütün geçmiş maçlarındaki her bir yetenek için yapmış oldukları başarılı hareketlerin deneme sayısına oranından elde edilmiştir. Başka bir deyişle, bir oyuncu 10 vurma denemesinde 8 kez başarılı oluyor ise bu oyuncunun vurma performansı 0.8 olarak belirlenmektedir.

Ahmed vd. [7] ele alınan problemde oluşturulabilir takım sayısının çok fazla sayıda olması, yani uygun çözüm sayısının fazla olmasına bağlı olarak yukarıdaki modele sezgisel bir algoritma ile çözüm aramışlardır.

Çözüm arama algoritması olarak genetik algoritma temelli NSGA-II (Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm) kullanılmışlardır. Bu algoritmanın seçimini

getirdiği avantajlardan bahsederek göstermişlerdir. Benzer takımların oluşturulması, çözüm uzayı dolaşılırken mutasyon operatörü sayesinde tek yönlü bir arama olmayışı, uygunsuz çözümlere bakılmayışının kolay kodlanabilmesi ve benzeri avantajlar NSGA-II sezgiselinde etkili olmuştur.

Ahmed vd. [7] geliştirdikleri yöntem ile ilgili olarak, eğer spor branşına göre yeteneklerin tanımlamaları yapılırsa bütün sporlara uygulanabilir olduğunu iddia etmişlerdir. Bu yöntemin oyuncuların birden çok yeteneği sergileyebilir kıldığını ve amaç fonksiyonunda bireysel performansların her bir yeteneğin ele alınarak çözüm aradığını ifade etmişlerdir. Yeteneklerin ağırlıklandırma yöntemi için ise, spor branşına, ortam koşullarına ve yıldız oyuncu profiline gibi özel durumların göz önüne alınarak sübjektif bir değerlendirme yapılmasının ihtiyacından söz edilmiştir.

Hem objektif hem sübjektif değerlendirmeleri kullanarak ortaya çıkabilecek duruma göre acil programlama (emergent computing) yöntemini spor kulüplerin takım kurma problemine uygulayan ilk çalışmadır. İstenilen takıma ve ortam koşullarına bağlı olarak seçilecek bir ağırlıklandırma yöntemi ile yeteneklerin önem düzeyini belirlenmesi ile karar vericiye esneklik sağlamaktadır.

2.4.1. Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler

Önerilen çözüm yöntemi ve çalışmada yer alan bazı kabuller tartışmaya açıktır. İlk olarak, oyuncuların her bir yetenekteki bütün geçmiş performansları göz önüne alınmış ve geçmiş performanslarının ortalama değerinin yeni sezon performansı olacağı varsayılmıştır. Ancak buradaki ortalama almanın sakıncaları bulunmaktadır. Bu varsayıma göre oyuncuların kariyerindeki her bir dönem eşit ağırlığa sahip olmaktadır. Bu bölümde, oyuncu performansları ile ilgili yakın geçmişteki performansların daha önemli olabileceği ile ilgili bir analiz yapılmamıştır. Buna ek olarak, daha önce oyunlarda fazla sayıda görev almayan oyuncuların geçmiş verisi yanıltıcı olabilir.

Ahmed vd. [7] olası oluşturulabilecek takım sayısının çok fazla olduğunu belirtip Bölüm 2.4.'te sunulan matematiksel modelin çözüm süresinin uzun olacağını bu sebepten dolayı NSGA-II sezgiseli ile çözüm bulunması gerektiğini belirtmektedirler. Ancak, bu çalışmada ele alınan zaman evresi sezon başıdır ve bu zaman evresinde karar verici için çözüm zamanının hızı en az öneme sahiptir. Ayrıca oluşturulabilecek bütün olası takımların sayısı modele eklenen kısıtlar ile

azalmaktadır. Yazarların bu problemi çok ölçütlü karar modeli ile ilk başta çözüm aramaları gerekmektedir.

Kriket sporuna ait yetenekler, oyunun kurallarına bağlı olarak doğrudan skora yansımaktadır. Belirtilmiş olan yeteneklerin oyuna etkilerini matematiksel olarak ifade etmek kolaydır. Her bir yeteneğin kazandıracığı skor bellidir ve yetenekler aynı anda sergilenmemektedir. Buna bağlı olarak, geliştirilen yöntemde yeteneklerin ağırlıklandırılması objektif bir yöntem kullanarak yapılabilirdi.

Bölüm 2.4.'te sunulan model ile ilgili diğer bir eleştiri de takıma sadece 11 oyuncunun alınması ile ilgilidir. Takımda yer alacak yedek oyuncuların nasıl belirleneceği ile ilgili bir bilgi yer almamaktadır. Bu durumda modelin sezon başı evresinde takıma dâhil edilecek yedek oyuncuları göz önüne almadığını göstermektedir. Bütçe kısıtı da bu yüzden manasızlaşmaktadır.

Ahmed vd. [7] geliştirdikleri modelin farklı spor dallarında uygulanabilirliğinden bahsetmektedirler. Fakat oyuncuların performanslarını tahmin etmek için başarılı yapılan hareket sayısının denemeler sayısına oranını kullanmak her spor dalı için uygun olmayabilir.

Yapılan çalışmada bir diğer varsayım, mevkilerin çok basit bölümlendirilmesi ve saha içi dizilişe önem verilmemesidir. Buna bağlı olarak dizilişte yer alacak her bir mevkinin her yetenek için aynı ağırlıkta olduğunun varsayımı bulunmaktadır. Mevkilere göre seçilecek oyuncuların her birinin oyun sonucuna aynı katkıyı sağlamanın ön görülmesi gerçekçi bir yaklaşım değildir.

Yapılan eleştirilere ek olarak, geliştirilen çözüm yöntemi bütün oyuncuları müsait (takıma alınabilir) kabul etmektedir ve takımı en baştan kurmaktadır. Ancak sezon başında, önceki sezondan elimizde olan oyuncuların sözleşme süreleri veya kulübe bağlayıcılıklarının ne durumda olduğu göz önüne alınmamıştır. Diğer yandan diğer takımlardaki bütün oyuncuların kurulacak takıma alınabilir olduğu varsayılmıştır. Kendi takımımıza bağlı olan oyuncuları takımdan göndermenin tazminatları ve diğer takımlardaki oyuncuların bonservis bedelleri göz önüne alınsaydı daha gerçekçi bir yaklaşım yaratılabilirdi.

Son olarak, geliştirilen modelde rakip takımları göz önüne alan bir yaklaşım yoktur. Kriket sporunda her yeteneğin maç sonucuna katkısı görülebiliyor iken diğer takımlara üstünlük boyutunda bir inceleme yapılabilirdi.

2.4.2. Çalışmanın değerlendirilmesi

Ahmed vd. [7] çalışmaları akademik açıdan kendi içerisinde tutarlı ve spor kulüplerinde takım kurma problemlerinde bilimsel tekniklerin uygulanmasını örneklemek açısından çok önemlidir. Bununla birlikte takım kurma kararlarında parametrelerin tahmin edilmesinde ve takım özellikleri ile ilgili yapılan varsayımlar bu çalışmanın gerçek hayatta uygulanabilirliğinin yetersiz olduğunu göstermektedir.

2.5. Özceylan'nın Modeli

Özceylan [10] futbol takımlarında maç öncesi takım kurma problemleri için Boon ve Sierksma [3] geliştirmiş oldukları modeli esas alarak iki aşamalı bir yaklaşım önermektedir. Bu yöntemi, Türkiye Futbol Süper Liginde mücadele eden Fenerbahçe Spor Kulübü için uygulamıştır. Önerilen yaklaşımın ilk aşaması, Boon ve Sierksma [3]'nin çalışmasında yer alan doğrusal karar modelinin amaç fonksiyonundaki katsayıların Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile bulunmasıdır. İkinci aşama, ağırlıklar ile birlikte Türkiye Futbol Süper Ligne özel kısıtları da göz önüne alınarak, önceki çalışmada, önerilen modelin uygulanmasıdır.

Özceylan [10] futbol kulüplerinde takım kavramının 6 mevkiden oluştuğunu önermektedir ve bunların kaleci, stoperler (2), bek oyuncular (2), orta saha oyuncular (2), kanat oyuncular (2) ve forvetler (2) olduğunu belirtmektedir. Football Manager 2015 bilgisayar oyunu kullanılarak belirlenmiş olan her bir mevki için 20'şer ölçüt bulunmuştur. Özceylan [10] her bir mevkinin yerine getirmesi gereken saha içi işleyiş, görev ve sorumluluklar için sergilemesi gereken yeteneklerin farklı olduğunu belirtmektedir. Bu felsefeden yola çıkarak bilgisayar oyununda yer alan her bir mevki için belirlenen ve çoğunlukla birbirinden farklı olan 20'li yetenek kümeleri alınmıştır.

AHS ile her bir mevki için bu yeteneklerin mevkinin görevini yerine getirmesindeki önem düzeyi bulunmuştur. AHS yöntemi futbol spor branşında uzman olan 3 spor bilimleri akademisyenin ikili karşılaştırmaları kullanılarak yapılmıştır. AHS yöntemi

ile bulunmuş ağırlıklar her bir mevki için toplamı 1 değeri olacak şekilde geometrik ortalamalar kullanılarak bulunmuştur ve Expert Choice paket programı ile ikili karşılaştırmaların tutarlılığı 0,04 olarak hesaplanmıştır.

Takımda yer alan oyuncuların her bir ölçütte göstermesi tahmin edilen performansları yine Football Manager 2015 bilgisayar oyununda yer alan değerlerden alınmıştır. Bu performans değerlerinin her biri 0-20 arasında ve 0 değeri en düşük, 20 değeri ise en yüksek performansı göstermektedir.

Boon ve Sierksma'nın modelinin futbol uyarlaması aşağıda verilmektedir. Bu modelde yer alan simgeler; V_{jc} j. oyuncunun c. ölçütteki skorunu, W_{ic} i. mevkinin c. ölçütteki önem düzeyini, A_j j. oyuncunun yaşını, C_j j. oyuncunun haftalık maaşını, P_{sj} j. oyuncunun penaltı yeteneği skorunu, F_{sj} j. oyuncunun serbest vuruş atma yeteneği skorunu, N_i i. mevkide olması gereken oyuncu sayısını, U ilk 11'de yer alacak oyuncuların yaş ortalamasının üst limitini, B haftalık bütçenin üst limitini, P ilk 11'de yer alacak oyuncuların penaltı atma yeteneğinin alt limitini, F ilk 11'de yer alacak oyuncuların serbest vuruş atma yeteneğinin alt limitini ve Q yabancı oyuncu limitini göstermektedir.

$$\sum_i^R X_{ji} \leq 1, \quad \forall j \in P \quad (2.7)$$

$$\sum_j^G X_{ji} \leq N_{i=1} \quad (2.8)$$

$$\sum_j^D X_{ji} \leq N_{i=2} \quad (2.9)$$

$$\sum_j^B X_{ji} \leq N_{i=3} \quad (2.10)$$

$$\sum_j^M X_{ji} \leq N_{i=4} \quad (2.11)$$

$$\sum_j^W X_{ji} \leq N_{i=5} \quad (2.12)$$

$$\sum_j^F X_{ji} \leq N_{i=6} \quad (2.13)$$

$$\sum_j^P \sum_i^R X_{ji} A_j \leq 11U \quad (2.14)$$

$$\sum_j^P \sum_i^R X_{ji} C_j \leq B \quad (2.15)$$

$$\sum_j^P \sum_i^R X_{ji} P S_j \leq P \quad (2.16)$$

$$\sum_j^P \sum_i^R X_{ji} F S_j \leq F \quad (2.17)$$

$$\sum_j^S X_{ji} \leq Q \quad (2.18)$$

$$X_{ji} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in P, i \in R \quad (2.19)$$

kısıtları altında

$$z = \max \sum_j^P \sum_i^R \sum_c^C X_{ji} V_{jc} W_{ic} \quad (2.20)$$

Vaka çalışmasında yer alan ve yukarıda gösterilen matematiksel modelde amaç fonksiyonunda oyuncunun performansları, mevkiye göre yetenekler ve oyuncunun atanıp atanmadığını gösteren 0-1 tamsayı değişkenin çarpımlarının toplamından oluşmaktadır. Böylece, bu karar modelinde amaç mevkilere atan oyuncuların her birinin sağlayacağı mevkisel katkıların en büyüklenmesinin sağlanmasıdır.

Yukarıda yer alan modelde, kısıtlar sırasıyla; her oyuncu en fazla bir mevkiye atanabilmektedir (2.7), her mevkiye gereken oyuncu sayısı kadar o mevkiye atama yapılmalıdır (2.8-2.13), kurulan takımda sahada yer alacak oyuncuların yaş ortalaması belirlenen limitin altında olmalıdır (2.14), atanan oyuncuların maç başı aldıkları ücretlerin toplamının haftalık bütçeyi geçmemelidir (2.15), futbol sporunda önem arz eden oyuncuların penaltı ve serbest vuruş kullanma yeteneklerinin

toplama alt sınırın üzerinde olmalıdır (2.16-2.17), sahada yer alacak takımındaki yabancı oyuncu sayısının Türkiye Futbol ligindeki sınırın altında olmalıdır (2.18). Yukarıda yer alan, Özceylan [10] tarafından önerilen modelin Boon ve Sierksma [3]'nin geliştirmiş oldukları model ile yapısal olarak aynı olup, yeni modele futbol sporu ve Türkiye Futbol Süper Ligi için gerekli ek kısıtların eklenmesiyle oluşturulmuştur.

Önerilen karar modeli Football Manager 2015 oyunundan, spor kulübünden ve AHS ağırlıklarından elde edilen veriler kullanılarak çözdürülmüş ve sonuçlar sergilenmiştir. Elde edilen sonuçlar araştırmada Fenerbahçe Spor Kulübünün son 38 hafta maçlarında en çok oyunda süre alan oyuncular listesi ile kıyaslanmıştır. Buna göre vaka çalışmasında modelin sonuçlarından kurulan takımdan 11 oyuncunun 8 oyuncusu listenin en başında yer alan 11 kişinin içindedir. Bu sonuç araştırmacı tarafından iyi bir sonuç olarak yorumlanmıştır.

Özceylan [10] karar modelini farklı senaryolar kullanarak sonuçları kıyaslamıştır. Bu senaryolardan ilki haftalık bütçe, diğeri ise ortalama yaş sınırıdır. Buna göre, her bir olgu için 5 farklı senaryo seçilmiş ve modeller bu değerlere göre çözdürülmüştür. Farklı bütçe ve yaş ortalaması senaryoları için yapılan çözümlerin karar vericiler tarafından maçın önemi ve kazanma ihtimalleri değerlendirilerek karar verilmesinin avantaj sağlayacağı belirtilmiştir. Özceylan [10] yönetsellik içeren bu iki olgunun senaryo analizinde kullanılarak, maç öncesi kararında yönetim tarafından da değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Çalışmada yer alan senaryo analizinin sebebi bu şekilde ifade edilmiştir.

2.5.1. Çalışmanın varsayımları ve eleştiriler

Çalışmada önerilen model ve çözüm yöntemi ile yer alan bazı kabuller tartışmaya açık ve gerçek hayat gerekliliklerinden uzak olduğu söylenebilir. Bu alt başlıkta, Özceylan [10] çalışmasının kabulleri ve analizleri detaylı bir şekilde değerlendirilmektedir.

Özceylan [10]'ın çalışmasına ilk eleştiri, Boon ve Sierksma [3]'nin geliştirdiği modele yapılan eleştirilerden biri olan mevkilerin önem düzeylerinin modelde yer almamasıdır. Böylece her bir mevkinin maç sonucuna etkisinin eşit olacağı kabul edilmiştir. Ancak bu durum gerçekçi değildir çünkü oyun içerisinde skora etkileme açısından her bir mevkinin farklı önem düzeyleri vardır. Bununla birlikte, Analitik

Hiyerarşi Süreci kullanılmasına rağmen hiyerarşik yapıda her bir mevkiye göre yetenekler dâhil edilmiştir ancak hiyerarşik yapıda yer alan mevkilerin ağırlıklandırılması yapılmamıştır.

İkinci eleştiri, oyuncuların belirlenen ölçütlerde performansları bir bilgisayar oyunundan elde edilmiştir. Oyuncunun geçmiş performansları ve buna dayalı bir tahminleme sistemi kullanılmamıştır. Oyuncuların yeteneklere göre performansları sabit ve statik ve bilgisayar oyununun verilerinin gerçek hayatı yansıtacağı kabul edilmiştir. Bilgisayar oyununda, sanal kulüplere maç öncesi takım kurma problemi ele alınıyor olsaydı yapılan çalışmanın tutarlı olduğundan söz edilebilirdi. Ancak bilgisayar oyununda, gerçek oyuncular için gerekli bu verileri nasıl elde ettiği konusunda bir bilgi bulunmamaktadır. Ayrıca diğer çalışmalarda belirtildiği gibi oyuncuların her maçta aynı performansı göstermesi mümkün değildir.

Yöntemsel olarak yapılan bir hata da, AHS ile her bir mevki için yeteneklerin önem düzeyleri bulunur iken 20 ölçütün kullanılmasıdır. Miller Kanuna göre bir insanın 9'dan fazla ölçütü bir arada değerlendirmesi mümkün değildir [11]. Bu da ikili karşılaştırmalar tutarlı görünse bile, belirlenen ölçütlerin sayısal ağırlıklarına güvenilemeyeceğini göstermektedir. Özetle, oyuncuların seçimi için modelde çok önemli olan ağırlıklandırmaların doğruluğundan söz edilemez. Bu yargıya destekleyici olarak, bilgisayar oyunundan ölçütlerin elde edilmesi ve bu ölçütlerin maç sonucuna etkileri ve mevkinin görevlerini yerine getirmesi için uygunlukları tartışmaya açıktır. AHS ile ilgili bu eleştirilere ek olarak, ikili karşılaştırmaların 3 kişinin değerlendirmeleri ile yapılması bir spor branşının yeteneklerin ağırlıklarını bulunması için yetersiz bir sayıdır.

Çalışma ile ilgili eleştirilmesi gereken bir diğer husus, belirlenen haftalık bütçe kısıtıdır. Bütçe kısıtı sezon başında takım kadrosu oluşturulurken değerlendirilmesi gereken bir bağlayıcılıktır. Maç öncesi zaman evresinde bütçeyi göz önüne almak sezon başı karar ile uyumsuzluk yaratmaktadır. Ortalama yaş kısıtının modele dahil edilmesi çalışmada açıklanmamaktadır. Bu kısıta ihtiyaç yoktur çünkü en iyi performansa sahip takım elde edilmek istenmektedir ve yaş ile ilgili bir antrenör isteği yok ise modelin amacıyla ters düşmektedir.

Geliştirilen yaklaşım ile elde edilecek takım için diğer çalışmalarda olduğu gibi takım uyumu ve oyuncular arası uyum göz önüne alınmamıştır. Önceki bölümlerde

belirtildiği gibi oyuncuların yeteneklere göre belirlenen performansları sergilemesi takım harmonisi ile doğrudan alakalıdır.

Bu çalışmaya getirilebilecek en büyük eleştiri takım antrenörünün karar verici olarak bir etkisinin olmayışıdır. Taktiksel olarak sahada yer alacak oyuncuların karar verilmesinde oyuncuların yeteneklerine göre antrenörün tercih olanağı bulunmamaktadır. Ayrıca maç bazında antrenörün özellikle oynamasını istediği veyahut oynamasını istemediği oyuncular olabilir. Riski üstlenen kişi olan antrenör problemin hiçbir boyutunda etki etmemektedir.

Ele alınan yaklaşımda penaltı ve serbest vuruş atma yeteneklerinin alt limitleri bütün takım için değerlendirilmesi hatalı sonuçlar doğurabilir. Genellikle bu yetenekleri icra edenler belli başlı mevkilerdir. Bütünleşik olarak değerlendirildiğinde aynı zamanda bu yeteneklerde mevkilerin ölçütleri olarak değerlendirilmesi daha uygun olabilirdi.

Çalışmada yer alan senaryo analizi kendi içerisinde tutarlı bir yapıya sahip gibi görünse de bunun yerine esas karar vericilerden bütçe ve ortalama yaş limitlerini elde etseydi daha tutarlı bir yaklaşım olacaktır.

Son olarak yapılan çalışmada müsabakanın oynanacağı rakip takım ve rakip takıma göre ihtiyaç duyulacak yetenekler ve düzeyleri karar sürecinin hiçbir aşamasında göz önüne alınmamıştır.

2.5.2. Çalışmanın değerlendirmesi

Özceylan [10]'ın çalışması akademik açıdan kendi içerisinde tutarlı ve spor kulüplerinde takım kurma problemlerinde bilimsel tekniklerin uygulanmasını örneklemek açısından büyük önem taşıyan yakın geçmişten bir çalışmadır. Bununla birlikte, takım kurma kararlarında parametrelerin tahmin edilmesinde ve takım özellikleri ile ilgili yapılan varsayımlar, bütünsel yaklaşımın gereklilikleri olan spor kulüplerinde takım kurma probleminin her bir boyutunun değerlendirilmemesi sebepleriyle bu çalışmanın gerçek hayatta uygulanabilirliğinin yetersiz olduğundan söz edilebilir.

2.6. Diğer Çalışmalar

Winter vd. [12] oyuncuların fiziksel ölçümlerinin antropometrik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerinin nasıl elde edileceğine dair yöntemlerin değerlendirildiği bir çalışma sunmaktadırlar. Bu ölçümler yapılırken her bir bölüm için genel prensipleri, ölçüm yöntemleri, etik değerleri ve özel durumları detaylı olarak incelenmiştir. Bu kaynak, fiziksel ölçümlere dayalı takım kurma problemleri, oyuncuya özel antrenman programı seçme problemleri ve spor bilimine özgü problemleri ele alan çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır.

Caro [13] yapmış olduğu çalışmada regresyon analizi kullanarak henüz profesyonelliğe adım atmamış oyuncuların kolej takımına dâhil edilip edilmemesinin sorgusunu yapmaktadır. Bu çalışmada geçmişte kolej takımından profesyonel lige geçmiş oyuncuların gelişimini değerlendirerek regresyon analizi için gerekli katsayılar bulunmuştur. Regresyon analizi kullanılarak yeni oyuncuların potansiyeli değerlendirilmektedir. Bu değerler bulunduktan sonra bütçesel ve maç kazanma açısından değerlendirmesi yapılmaktadır.

Chen vd. [14] yaptıkları çalışmada, beysbol sporunda top atıcı mevki için oyuncu seçimini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve TOPSIS yöntemini kullanarak yapmışlardır. Mevki için gerekliliklerin hiyerarşik yapısının çıkarılması ve ağırlıkların bulunması için AHS yöntemi kullanılmıştır. Oyuncuların değerlendirilmesi için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır ve buna göre mevki için en yüksek değerdeki oyuncu seçilmiştir.

Lorains vd. [15] yaptıkları çalışmada, takım sporlarında karar vermenin performans analizini Avusturalya futbol kulüplerinde sezon başı ve sezon sonu performansları kıyaslayarak yapmaktadırlar. Kullanılan yöntem, sezon başı alınan oyuncuların sezon sonundaki performanslarına göre karar vericinin değerlendirmelerinin tutarlılığının hesaplanmasıdır. Bu çalışma bir nevi çözüm sonrası duyarlılık analizinin gerçekleşen veriler ile değerlendirilmesidir.

2.7. Kaynaklarda Yer Alan Çalışmaların Genel Değerlendirmesi

Tezin bu bölümünde, kaynaklarda yer alan çalışmaların genel değerlendirilmesi yapılacaktır. Yazarların çalışmalarında yapmış oldukları varsayımlar, kullandıkları veriler ve bunlara bağlı olarak elde ettikleri sonuçlar oluşturdukları yapılara

uygundur. Ancak yapılan eleştirilere bağılı olarak bu çalışmaların uygulanabilirliğı hakkında ciddi şüpheler bulunmaktadır. Bu bölümde geliştirilen yaklaşımların uygulanabilirlikleri ve tutarsızlıkları genel hatlarıyla özetlenecektir.

İlk olarak, yapılan çalışmalar genellikle bir spor dalına özgü kısıtları veya varsayımları içermekte ve buna bağılı olarak çoğunlukla tek bir spor branşına uygulanabilir olmaktadır.

Kaynaklarda yer alan çalışmalarda takım kurma problemi için yapılan bir diğere varsayım sporcuların performanslarının her maç için aynı değere sahip olması ancak oyuncuların performanslarının değışken olduğı gözlemlenebilir bir gerçektir [9]. Bu yüzden, her maç için bu performansların tahmin edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte her oyuncunun her mevkide oynayabileceğidir. Bu yaklaşıma göre; oyuncu, spor branşına göre her bir yeteneğı başka mevkilerde de aynı şekilde gösterebilecektir. Ancak, bu durum çoğı oyuncu için geçerli değıldir, çünkü profesyonel oyuncular atandıkları mevkiler için uzun yıllar boyunca zihinsel ve fiziksel antrenmanlar yapmaktadırlar. Bu yüzden, çoğı oyuncunun alışık olduğı ve yeteneklerini etkin bir şekilde gösterebileceğı bir ya da iki mevki vardır.

Takım-oyuncu uyumu ve oyuncu-mevki uyumunun göz önüne alınmamıştır. Takımda yer alacak oyuncular belirlenir iken takım oyuncuların performanslarının birbiriyle bir etkileşimi bulunmaktadır.

Çalışmalara yapılabilecek bir diğere eleştiride araştırmacıların takım kurma problemini ele alırken yedek oyunculara karar vermemesidir. Bu durum önerilen modellerin kadro genişliğı yüksek spor kulüpleri için yedek oyuncuların seçilmesi kararında destek veremeyeceğı anlamına gelmektedir.

Yetenek ve mevkilerin maç sonucuna etki açısından geniş olmayan skalalarda, az sayıda kişiye veya tek bir antrenöre yapılan etütler ile belirlenmesi sübjektif bir etki yaratacaktır. Yazarlar bu konuda, antrenörlerin stratejisinin de bu şekilde belirleneceğini dile getirerek yaptıkları bu çalışmaların doğruluğunu öne sürmektedirler.

Takım ve oyuncu uyumu göz önüne alınan, bütün sporlarda uygulanabilir, mevkilerin ve yeteneklerin objektif bir şekilde ağırlıklandırıldığı, yedek

oyuncularında belirlendiği, sporcuların bir sonraki maçtaki performanslarını etkili bir şekilde tahmin eden bütünlük bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.

2.8. Maç Öncesi Takım Kurma Problemine Bütünlük Yaklaşım

Maç öncesi takım kurma problemlerine ilişkin kaynaklarda yer alan çalışmalarda, problemin temel bileşenlerinin biri veya bir kısmı göz önüne alınarak yanıt aranmaktadır. Bu kesimde, problemin bütünlük bir yapıda ele alınmasının gerekliliği ve bu yapıda yer alan bileşenlerin veya boyutların neler olduğu anlatılmaktadır.

Çözüm aranan maç öncesi takım kurma probleminin günlük hayattaki gereksinimlere uygulanabilirlik açısından yanıt vermesi için söz edilen eleştiriler bertaraf edilmelidir. Bu gereksinimler oyuncu performanslarının bütünlük bir yapıda tahmin edilmesi, mevki ve yeteneklerin önem düzeylerinin tahminlerinin objektif olarak yapılması, mevki-oyuncu ve takım-oyuncu harmonilerinin göz önüne alınması, geliştirilen yöntemin bütün spor branşlarında uygulanabilir bir esnekliğe sahip olması şeklinde özetlenebilir.

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminde uygulanabilir, anlamlı ve gerçekçi çözümler elde edilebilmesi için bütünlük felsefesi güdülmelidir. Yukarıda belirtilen problemin temel bileşenleri kaynaklarda tekil olarak ele alınmaktadır. Bu durumda, yapılan çalışmalardan en iyi oyunculara sahip takımın şampiyon olacağı yönünde bir çıkarım yapılabilir. Gerçek hayatta bu durumun aksi yönde olduğunun ispatı, endüstriyel spor sektöründe, maddi imkanları yüksek takımların daha iyi oyuncuları satın alsa bile şampiyon olamadıkları yılların sayısı yüksek olmasıdır [7]. Bir başka durumda, en iyi antrenöre sahip takımın ya da takım uyumunun en yüksek olduğu takımın şampiyon olması da beklenemez.

Takımın temel bileşenleri birer yapboz parçaları olarak düşünülürse tek başlarına bir anlam ifade etmemektedir. Tekil olarak en iyi oyunculara ya da antrenöre ya da takım uyumuna sahip olmak anlam ifade etmemektedir. Bütün parçaların bir bütün halinde değerlendirilmesi ve böylelikle en iyi takımın yalnızca bir yönüyle değil, maç öncesi takım kurma probleminin bütün yönleriyle ele alınarak en iyi takımın bütünlük bir yapıda incelenmesi gerekmektedir.

Spor kulüplerinde takım kurma problemi için matematiksel modelleme, finansal sebeplerin yol açtığı en iyi çözüm ihtiyacından ötürü etkili bir yoldur. Özetle, elde edilebilmesi gereken verilerin erişilebilirliği, kaynaklarda yer alan çalışmaların bahsedilen eleştiriler sebebiyle yetersizliği ve daha önce bahsedilen probleme yanıt bulunmasının gerekliliği sebeplerinden dolayı takım kurma problemine objektif ve tutarlı bir karar vermek gerekmektedir. Bu tez çalışmasının temel gerekçesi bu sebeplerden oluşturmaktadır.

İzleyen alt kesimlerde, maç öncesi takım kurma probleminin bileşenleri alt başlıklarda halinde sunulmuştur. Problemin bu bileşenlerinin göz önüne alınma, neden önemli oldukları ve problemdeki karar sürecinde alabilecekleri roller detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

2.8.1. Antrenör

Sezon sonunda kulübün performansının riskini taşıyan kişi antrenördür. Bu nedenle, maç öncesi takım kurma probleminde, karar verici spor kulübünün antrenörüdür. Antrenörler, maç öncesi takım kadrosuna, sahada yer alacak oyunculara ve dizilişlerine karar vermektedir.

Kaynaklardaki çalışmalarda, karar sürecine antrenörlerin karşı takıma üstün gelmek için belirledikleri stratejilerinin yansıtılması önem düzeyleri ile sağlanacağı iddia etmektedir. Gerçekte, bu ağırlıklandırmalar maç sonucuna olan etkileri vermektedir. Halbuki, her bir mevkinin yeteneklere göre eşik değerler tanımlanması antrenör stratejisini yansıtacaktır. Başka bir ifade ile mevkilere atanacak oyuncuların her bir yeteneğe göre sağlaması gereken asgari yetenek düzeyleri eşik değerler olarak yaklaşımın içine dahil edilerek antrenör stratejisi takım kurma probleminin içinde yer almış olacaktır. Böylelikle, antrenörün karşı takım ve kendi oyuncularını analiz ederek, maç kazanmaya yönelik her mevki için yeteneklerdeki performans düzeyleri ile karar verici karar sürecine dâhil olacaktır.

Maç öncesi takım kurma problemine ilişkin kaynaklarda yer alan çalışmalarda geliştirilen yaklaşımlar, takım antrenörünü karar verme sürecinin içine dâhil etmemektedir. Bu tez çalışmasında, geliştirilecek modellerde antrenörün niceleyici ve niteleyici bilgileri, stratejileri, taktiksel düşünce yapısı önemsenerek geliştirilmektedir. Kaynaklardaki çalışmalarda önerilen yaklaşımlara kıyasla gerçek yaşama yönelik uygulanabilirliği arttırılacaktır. Böylelikle, antrenöre gerçekçi bir

sonuç çerçevesi çizilebilecek ve kişiye göre karışık olan bu probleme yanıt bulma süreci sistematik bir yolla desteklenecektir.

2.8.2. Oyuncu performansları

Tez çalışmasında, tüm takım sporları için geçerli ve yukarıda belirtilen eleştirilerin önüne geçecek yaklaşımlar geliştirilecektir. Bu yaklaşımlarda, ele alınması gereken diğer temel bileşen oyuncuların performanslarıdır. Bu bileşenler, izleyen bölümlerde, daha detaylı bir şekilde anlatılacaktır. Profesyonel oyuncuların yeteneklere göre performansları kolay erişilebilir konumdadır. Bu veriler teknolojik gelişmelere bağlı olarak kayıt altına alınabilirliği ve ulaşılabilirliği sportif federasyonlar tarafından sağlanmaktadır.

Maçı oynayan kişiler oyunculardır. Oyuncuların saha içindeki performansları maçın sonucunu, skorunu belirleyen temel bir bileşendir. Maçtaki sonuç, takımdaki oyuncuların göstermiş olduğu performans ve rakip takımın göstermiş olduğu performanslardan hangi takımın üstün olduğuna göre ortaya çıkar.

Spor kulüplerinde takım kurma problemlerinde, oyuncuların geçmiş performansları temel alınarak, izleyen maçtaki performansı tahmin edilmemiştir. Yapılan çalışmalarda, oyunculara uzmanlardan veya takım antrenörünün atadığı değerler göz önüne alınmıştır.

2.8.3. Mevki-Yetenek önem düzeyleri

Tez çalışmasında tüm sporlarda uygulanabilir olarak geliştirilecek modeller, voleybolun özelliklerine göre gerekli göstergeler bulunarak uygulanacaktır. Modeller oyuncuların mevkilere atanmasını sağlayacak şekilde yapılacaktır. Çünkü profesyonel voleybol takımlarının maç esnasında oyuncuların dönerli bir şekilde oynanmasına rağmen, servis atışından sonra profesyonel kurallar uyarınca her oyuncunun kendine ait olan mevkiye geçebilmesi imkânı takım kurma problemini hangi mevkiye hangi oyuncu alınsın sorusunun cevaplanmasına dönüşmektedir. Diğer spor branşlarında bu durum zaten meydana gelmektedir. Bu sorunun cevabı için öncelikle, her bir mevkinin maç sonucuna etkisinin önem düzeyinin belirlenmesi veya tahmin edilmesinin zarureti ortaya çıkmaktadır.

Mevkilerin maç sonucuna etkilerinin tahmin sürecinde temel girdileri, bu mevkide yer alacak oyuncunun hangi yetenekleri taşıyor olmasına bağlılığından hareketle

hierarchy bir yapı ortaya çıkmaktadır. Böylece bu temel bileşenlerin önem düzeyi, ağırlığı veya etkileri çok sayıda antrenörle ikili görüşmeler yapılarak AHS yöntemi kullanılarak elde edilecektir. Bu genel göstergelerin bulunması ile birlikte geliştirilecek yaklaşımların uygulanması mümkün olacaktır.

2.8.4. Takım uyumu

Spor kulüplerinde takım kurma problemini ele alan karar vericilerin, göz önüne alması gereken etmenlerden biri de mevkilere atanan oyuncuların birbirleriyle olan uyumdur. Bu bileşen, hiçbir takım kurma problemine ilişkin bir kaynakta göz önüne alınmamıştır.

Takım uyumu ve oyuncular arası uyum oyuncuların performanslarına dolayısıyla maç sonucuna etki etmektedir [16][17]. Bu konuya ilişkin çalışmalar hakkında detaylı bilgi Yukelson [18], Janet ve Chao [19], Hinsz vd. [20], Hutchins, [21] ve Levine vd. [22]'de bulunmaktadır.

Yukelson [18] yaptığı çalışmada, takım uyumunun ne gibi kıstaslara bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu kıstasların büyük bir çoğunluğu ortak vizyon, iletişim becerileri, güven ve arkadaşlık ilişkileri gibi psikolojik etmenlerdir. Sezon başında yeni kurulmuş bir takımı, aynı paydada buluşturmak ve hedef birliği yaratmak gerekmektedir. Sezon içinde ise, yaratılmış olan takım duygusunu koruyarak saha içinde görev ve yetenek paylaşımının etkili bir biçimde yapılması, takım uyumunu yaratmaktadır.

Janet ve Chao [19], takım uyumunun bütün elemanların ikiyeşerli olarak bir biriyle uyumunun, birlikte çalışma başarılarının bir bütünü olduğunu savunmaktadır. Takımda yer alan her kişinin yükümlü olduğu görevi yerine getirirken, bağlantılı olduğu kişiler ile olan uyumu, içindeki performansını etkileyecektir [19].

Hinsz vd. [20], Hutchins, [21] ve Levine vd. [22]'e göre takımın toplam başarısı, kişilerin görev paylaşımını ve bölüşülen işlerin ne kadar iyi bir şekilde yürütüldüğüne bağlıdır. Takım içi bu koordinasyon, takım oyuncularının yeteneklere bağlı sorumluluklarını doğru bir şekilde paylaşmasıyla mümkün olacaktır [23].

Yukarıda takım uyumuna ilişkin çalışmalar, uyum kavramının önemini, nasıl oluşturulabileceğini ve nasıl sağlandığını anlatmaktadırlar. Bu çalışmalar

doğrultusunda takım-uyumu ve oyuncu-uyum etmenleri maç öncesi takım kurma problemine geliştirilecek yöntemlerde yansıtılmalıdır.

İzleyen bölümde, yukarıdaki eleştiriler ve bütünsel yaklaşım esas alınarak, spor kulüpleri için maç öncesi takım kurma problemlerine çözüm arayan, temel parametrelere dayalı, belirtilen gereksinimlere cevap verebilir ve her bir spor kulübünde uygulanabilir yeni karar modelleri ve gerekli bileşenleri tanımlamalarıyla birlikte sunulacaktır.

3. MAÇ ÖNCESİ TAKIM KURMA PROBLEMİ İÇİN YENİ KARAR MODELLERİ

Bu bölümde, 2. bölümde belirtilen önceki yaklaşımlara getirilen eleştiriler doğrultusunda, problemin bütün bileşenleri birlikte ele alınarak geliştirilen yeni matematiksel modeller sunulmaktadır. İlk olarak, ele alınan problemin temel kavramları ve tanımı yapılmakta, daha sonra önerilen karar modelleri sergilenmektedir.

3.1. Temel Kavramlar

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemi ile ilgili temel kavramlar bu kesimde sergilenmektedir. Bu kavramlar, spor branşına özgü mevkileri ve yetenekleri, oyuncuların geçmiş maçlardaki performansları, takımı uyumu ve eşik değerlerdir. Aşağıda yer alan alt başlıklarda bu kavram açıklanmakta ve gerekli bölümler örneklenmektedir.

3.1.1. Mevki

Takım farklı sorumluluklara veya görevlere sahip bireylerin ortak bir amaç için bir araya gelmesiyle oluşan gruptur [24]. Spor takımlarında, oyuncuların saha içerisinde konumuna ve/veya sorumluluklarına göre farklı görevleri oluşu, takım oyuncularını mevkilere göre ayırtmaktadır [25].

Mevkilerin neler olabileceğinin örneklenmesi amacıyla, aşağıda gösterilen Çizelge 3.1 basketbol, futbol ve voleybol sporlarına ait olan mevkileri listelenmiş ve sahada yer alması gereken toplam oyuncu sayıları belirtilmiştir [26][6][27].

Çizelge 3.1 Basketbol, Futbol ve Voleybol Branşlarındaki Mevkiler [26][6][27]

Basketbol (5)	Futbol (11)	Voleybol (6)
Oyun Kurucu	Kaleci	Pasör
Şutör Gard	Defans	Libero
Kısa Forvet	Orta Saha	Orta Oyuncu (2)
Uzun Forvet	Forvet	Köşe Oyuncu(2)
Pivot		Pasör Çaprazı

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi, basketbol sporu için beş adet mevki vardır ve antrenör her mevkide oyuncu oynatma zorunluluğu yoktur. Antrenör, sahada toplam oyuncu sayısı beş olacak şekilde bu mevkilerde istediği sayıda oyuncuyu bu mevkilere atayabilir [26]. Ancak, mecburi bir durum olmamasına rağmen oyun içi skora bağlı özel durumlar haricinde, antrenörler, çoğunlukla her mevkiye bir oyuncu atamaktadırlar [26].

Futbol dalında ise dört adet mevki vardır ve antrenör, kaleci mevkisinde bir oyuncu oynatmak zorundadır. Diğer mevkilerde ise, toplam oyuncu sayısı on bir olacak şekilde mevkilere istediği sayıda oyuncu atayabilir [6]. Bu yüzdendir ki, futbol literatüründe değişik dizilimler ortaya çıkmaktadır; 4+4+2, 3+5+2, 5+4+1 ve benzeri. Buna ek olarak, bu bölgesel mevkilere atayacağı oyuncu sayısına bağlı olarak yeni alt mevkiler tanımlayabilir [6].

Antrenör, oyun kuralları gereği voleybol sporunda orta ve köşe oyuncu mevkilerine iki, diğer mevkilere de bir oyuncu atamak zorundadır [27]. Bu branşta, oyun dönerli bir şekilde oynanmaktadır ve libero arka sahada yer alan orta oyuncuyla değişmektedir. Böylece sahada toplamda altı oyuncu yer almaktadır.

3.1.2. Yetenek

Her mevkide oynayacak oyuncuların, atandıkları mevkideki görevlerini yerine getirebilmesi için spor branşına özgü belirli yeteneklere ihtiyaç duymaktadırlar [28]. Her mevki saha içindeki konumuna göre bazı yetenekleri daha çok, bazılarını ise daha az sergilemektedir. Bu yeteneklerin ortaya konmasıyla sporcuların mevkilerinde ne kadar etkin olduğu bulunmaktadır [8]. Örneğin; voleybol spor branşında libero mevkisindeki oyuncu, oyun kuralları gereği hücum etme, blok yapma ve servis atma yeteneklerinde görev alamamakta ancak sadece servis karşılama yeteneğinde rol almaktadır [3].

Her spor branşının kendine özgü yetenekleri bulunmaktadır. Bu yeteneklerin neler olabileceğinin örnekleme amacıyla, aşağıda gösterilen Çizelge 3.2 hentbol, su topu ve kriket sporlarında oynayan oyuncuların sergilemesi gereken yetenekler için oluşturulmuştur.

Çizelge 3.2 Hentbol, Su Topu ve Kriket Sporlarında Oyuncuların Yetenekler Listesi [29][30][7]

Hentbol	Su Topu	Kriket
Yakalama	Topla Yüzme	Vurma
Pas Atma	Topsuz Yüzme	Atma
Atış	Şut Atma	Yakalama
Şut Atma	Yakalama	
Ayak Hâkimiyeti	Pas Verme	
Top Sürme		

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi hentbol sporunu icra eden bir sporcuda altı yetenek olması gerekmektedir [29]. Su topu oyuncuları ise, beş yeteneği sergilemektedirler [30]. Kriket sporcuları maç esnasında üç yeteneği uygulamaktadırlar [7]. Futbol ve Amerikan futbolunda oyun içi çok fazla sayıda yeteneğin uygulandığı sporlardandır. Örneğin, futbol takımları için 53 yetenek belirlenmiştir [3].

3.1.3. Oyuncu performansı

Oyuncu havuzunu oluşturan kişilerin, yeteneklere göre geçmiş performans kayıtlarına ulaşılabilir. Genellikle, spor branşlarına ait ülkelerin veya dünya resmi spor federasyonlarının bilgi kayıt sistemleri mevcuttur. Uluslararası federasyonlar, kendilerine üye olan ülke federasyonlarına oyuncu bilinirliği ve resmi kayıt sağlanabilmesi sebebiyle o ülkenin profesyonel liglerinde oynayan oyuncuların istatistiklerinin kayıtlanmasını zorunlu tutmaktadır. Örneğin, Uluslararası Basketbol Federasyonu (Fédération Internationale de Basketball) FIBA’ya bağlı Türkiye Basketbol Federasyonu, kendine ait resmi internet sitesinde oyuncuların ve takımın performans istatistiklerinin derlendiği bir sekme bulundurmaktadır [31]. Bu sekmede, oyuncuların her maçta nasıl bir performans sergilediği ve tüm maçlarda toplam performansı yer almaktadır. Resmi internet sitesi kullanıcıların erişimine açıktır. Oyuncuların geçmiş maç verilerinin doğru, yanlış olmayan ve güvenilir bir şekilde kayıt altına alındığından ve bunların bir sonraki maçtaki performansları tahmin edilebilir kıldığı varsayılmıştır.

Oyuncuların geçmiş performans verileri her bir yetenek için kayıt altına alınmaktadır. Kayıtlama sistemleri, çoğunlukla, spor branşına özgü geliştirilen

istatistik paket programlarından destek alınarak yapılmaktadır. Kayıtlı veriler, her oyuncunun maç maç her yeteneğin icrasını toplamda kaç kere denediği ve denemelerin kaçında başarılı olduğunu göstermektedir.

Elde edilebilir verileri örneklemek amacıyla, bir voleybol takımında oynayan Oyuncu 1'in bir maçtaki performansının işlenmemiş (ham) verileri aşağıda Çizelge 3.3'de sergilenmiştir. Çizelge 3.3, Türkiye Voleybol Federasyonun (TVF) resmi sitesinde yer alan istatistikler bölümü kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.3 Elde Edilebilir Verilerin Bir Oyuncu için Örneklenmesi [32]

Oyuncu\Yetenekler	Servis			Servis Karşılama			Hücum			Blok		
	T	S	H	T	H	M	T	S	H	S	H	SB
Oyuncu 1	13	0	3	0	0	0	6	1	4	3	0	1

T: Toplam Deneme.
SD: Sayı Alınan Deneme.
H: Hatalı (Direk Sayı Kaybettiren) Deneme.
M: Mükemmel Hareket
SB: Set Başına Düşen Miktar.

Veriler, Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi oyuncuların maç içerisindeki performanslarını her bir yeteneğin kayıtlanabilir biriminin özelliklerine göre oluşturulmuştur. Antrenörler, oyuncularının geçmiş performanslarını incelerken Çizelge 3.3'de gösterilen ham verilere değil de, oranlara bakmaktadırlar. Bu yüzden, her bir istatistik programının oran dönüştürücüleri mevcuttur. Bu oranlar, (0-100) veya (-100-100) arasında olmak suretiyle genel olarak başarıya ulaşan denemelerin yapılan denemelere bölünmesiyle elde edilmektedir [32].

3.1.4. Mevki ve yetenek önem düzeyleri

Sporun türüne bağlı olarak, oyuncuların yer alabileceği mevkilerin (pozisyonların) ve her bir mevkide yeteneklerin maç sonucuna etkisi, önem düzeyi veya ağırlığı konusunda kabul edilebilir değerler bulunabilir veya tahmin edilebilir. Sözgelimi, bir futbol takımının, kaleci mevkisinde, oyuncuda bulunması gereken atlama, topu

yakalama, karşı karşıya durumlarda pozisyon alma ve benzeri yeteneklerin maç sonucuna etkisi elde edilebilir bir veridir.

Mevkilerin önem düzeyi her biri için o mevkide oynayacak oyuncunun maç sonucu açısından performansının ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Yeteneklerin önem düzeyi ise, herhangi bir mevkide oynayacak oyuncunun o yeteneğinin maç sonucuna etki açısından ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

3.1.5. Takım uyumu

Karar vericinin atayacağı oyuncular, maç esnasında performansı icra eden kişilerdir. Bu sebepten dolayı, oyuncuların saha içinde diğer takım arkadaşlarıyla anlaşma düzeyleri ve hangi mevkide hangi takım arkadaşının oynaması istediği genel olarak takım uyumu veya takımdan hoşnutluk düzeyi olarak tanımlanır.

3.1.6. Eşik değerler

Antrenör, izleyen maçta, hangi takım ile maç yaptığına bağlı olarak her bir mevkiye atanacak oyuncuların yeteneklere göre göstermesini arzuladığı asgari performans düzeyini eşik değerlerle belirleyebilir. Böylece, antrenörün bu isteklerini ve tutumlarını yansıttığı asgari performans miktarlarına eşik değerler denilmektedir.

Riski üstlenen kişi olan kulüp antrenörü, kendi tecrübelerine dayanarak, çevre koşulları, rakip takımın durumu, motivasyon gibi etmenleri göz önüne alarak mevkilere atanacak oyuncuların yeteneklere göre isteklerini belirtmelidir [33]. Antrenörün teknik ve taktiksel olarak oyuncularından istediği bu niceleyici bilgilerin önerilen modellerde karar sürecine dâhil edilmelidir.

3.1.7 Ön atama

Antrenör, takım kurma öncesi kendisinin belirlemiş olduğu mevkilere ön atama yapabilmektedir. Bu durum, herhangi bir veya birden fazla mevki için gerçekleştirilebilmektedir. Maç öncesi stratejisini yansıtmak, genç oyuncuları tecrübelendirmek, diğer oyuncuların dinlenmesini istemek, oyuncu sayısının çok az olmasına bağlı olarak kıyaslama yapmak ve benzeri sebeplerden dolayı antrenör özel sebeplerden dolayı istediği oyuncuları takıma yerleştirmesine ön atama yapmak olarak tanımlanır.

3.2. Problemin Tanımı

Ele alınan problem, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemidir. Bu evrenin seçilmesinin nedeni, takım antrenörlerinin sezon boyunca en çok yoğunlaştıkları karar problemi olmasıdır. Ayrıca, Locke ve Latham [34] göre spor kulüplerinin nihai hedefi olan şampiyonluk kazanmanın yolu; lig maçlarında en çok galibiyet alan takım olma ile sağlanacaktır. Bu yüzden, her maç tekil olarak şampiyonluğa giden yolda önemlidir.

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemi, her maç öncesi verilen taktiksel düzeyde kararlardır. Bu problemde amaç, en basit şekliyle maçı kazanmak için en iyi başlangıç pozisyonu kombinasyonunun, yani maça çıkacak olan asıl oyuncuların ve takım kadrosundan hangi oyuncuların yedekler olarak alınacağını belirlemesidir.

İzleyen alt başlıklarda, ilk olarak, gerçek ihtiyaçlara uygun bir şekilde ele alınan yaklaşımın varsayımlarından söz edilecektir. Sonrasında, bu varsayımlara ve problemin tanımına bağlı olarak, geliştirilen modellerde kullanılacak olan dizin kümeleriyle, problemin temel parametreleri, karar değişkenleri, kısıtları ve amaçları tanımlanacaktır. Daha sonra da, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemi için önerilen matematiksel modellere yer verilecektir.

3.2.1. Modellemeye esas varsayımlar

Ele alınan problemin modellenmesinde göz önüne alınan varsayımlar, bu kesimde anlatılacaktır. Bu varsayımlar yapılırken, modellerin çözülmesiyle ulaşılmak istenilen sonuçların doğruluğunu, anlamlılığını ve uygulanabilirliğini ve modelin çıktılarının gerçek hayat gereksinimlerini karşılamaını etkilemeyecek şekilde yapılmıştır. Modellemeye esas olan varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- i. Karar verici antrenördür.
- ii. Mevki-Yetenek bilgilerine erişilebilmektedir.
- iii. Oyuncuların geçmiş maçlardaki performansları bilinmektedir. Bu verilere bağlı olarak, bir sonraki maçta gösterilecek performansı tahmin edilebilir.
- iv. Ön atamalar yapılabilmektedir.
- v. Karar verici eşik değerler öngörebilmektedir.

vi. Oyuncuların takıma yönelik beklentileri vardır.

3.2.2. Dizin kümeleri

Maç öncesi takım kurma probleminde, oyuncu havuzunu antrenörün sezon öncesi evresinde takımda olanlar ile takımına dâhil ettiği yeni oyuncular oluşturmaktadır. Problemden, en iyi başlangıç dizilim kombinasyonu ve takım kadrosundan hangi oyuncuların yedek olarak alınacağı, bu oyuncu havuzundan seçilecektir. Sezon başında kulüpte yer alan ve maç öncesi oynayabilir durumda olan bireyler, problemin oyuncu kümesini oluşturur. Bu küme;

$$O = \{ i \mid i=1, 2, 3, \dots, m \}$$

şeklinde verilmiştir.

Spor branşına göre tanımlanması gereken bütün mevkilerin listelendiği küme;

$$M = \{ j \mid j=1, 2, 3, \dots, n \}$$

şeklinde verilmiştir.

Spor branşına özgü bütün yeteneklerin listelendiği küme;

$$Y = \{ y \mid y=1, 2, 3, \dots, k \}$$

şeklinde ifade edilmiştir.

3.2.3. Temel parametreler

Temel parametrelerden ilki, her bir mevkinin oyunun sonucuna olan etkisidir. Bu temel parametreye, karar vericinin mevkilere oyuncu ataması yaparken hangi mevkinin ne derecede önemli olduğunun kıyaslanması ve buna göre hareket edilmesi gerekliliğinden dolayı ihtiyaç vardır. Bu çalışmada;

MS_j : j. mevkinin oyunun sonucuna etkisi, ağırlığı veya önem düzeyi

şeklinde tanımlanmıştır. Bu parametre, tüm mevkiler (j) için $MS_j \geq 0$ ve $\sum_{j=1}^n MS_j = 1$ özellikleri geçerlidir.

Geliştirilecek modellerde, kullanılacak olan ikinci temel parametre, her bir mevkinin sergileyeceği yeteneklerin maç sonucuna etki açısından önem düzeyleri, ağırlıklarıdır. Bu çalışmada;

YM_{yj} : y. yeteneğin j. mevkiye göre maç sonucuna etki açısından önem düzeyi, ağırlığı

şeklinde tanımlanmıştır. Bu parametre, tüm yetenek-mevki (yj) ikilileri için $YM_{yj} \geq 0$ ve tüm mevkiler (j) için $\sum_{y=1}^k YM_{yj} = 1$ özellikleri geçerlidir.

Üçüncü temel parametre olarak, her bir oyuncunun yeteneklere göre bir sonraki maçtaki performansları olur. Bu çalışmada;

P_{iy} : i. oyuncunun y. yeteneği açısından izleyen maçtaki performans tahmini şeklinde tanımlanmıştır.

Kaynaklarda yer alan çalışmalara yapılan eleştirilerden biri de her oyuncunun her mevkide oynayabileceği varsayımının yapılmasıydı. Bahsi geçen bu varsayımın önüne geçmek ve antrenörün oyuncular ile ilgili bilgilerini bu konuya dâhil etmek için oyuncuların hangi mevkilerde oynayabileceği, temel parametrelerden biri haline getirilmektedir. Bu çerçevede;

$$OM_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i. \text{ oyuncu } j. \text{ mevkide oynayabilir ise,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda,} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanmıştır.

Antrenörün her mevkinin yeteneklere göre göstermesini istediği asgari performans düzeyleri de geliştirilecek modellerde parametre olarak kullanılacaktır. Bu asgari değerler, antrenörün karşı takıma göre stratejisini belirlediği ve oyuncuların atamasının bu eşik değerlerin altında olmamasını sağlamak amacıyla kullanılacaktır. Bu çalışmada;

ED_{jy} : j. mevkiye atanacak oyuncunun y. yetenekte göstermesi istenen asgari performans

şeklinde tanımlanmıştır.

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminde, uyum kavramı oyuncuların kişisel tercihleri ile alakalı bir boyut olup, maç sonucu açısından da önemlidir. Bu çerçevede, ilk olarak, her bir oyuncunun takım memnuniyet düzeyi için diğer oyuncular ile anlaşma göstergesi olarak;

OU_{ip} : i. oyuncunun p. oyuncu ile uyum düzeyi

şeklinde tanımlanmıştır. Burada, tüm ikili oyuncu kombinasyonları ($i-p, i \neq p$) için $0 \leq OU_{ip} \leq 1$ özelliği geçerlidir.

Uyum ile ilgili ikinci temel bileşen ise, takım uyumunun oyuncular açısından değerlendirmesi olacaktır. Bu çalışmada;

$$TU_{ipj} = \begin{cases} 1, & i. \text{oyuncu } p. \text{oyuncuyu } j. \text{mevkiye uygun gördü ise,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanmıştır.

Yukarıda tanımlanıp, simgeler ile gösterilen temel parametrelerin nasıl elde edilebileceği veya tahmin edilebilecekleri, buna bağlı olarak tez çalışmasında hangi yöntemlerin seçileceği dördüncü bölümde detaylı bir şekilde incelenecektir.

3.2.4. Karar değişkenleri

Modellerde kullanılan karar değişkenleri;

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i. \text{oyuncu herhangi bir mevkiye atanır ise,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda.} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i. \text{oyuncu } j. \text{mevkiye atanır ise,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda.} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanmıştır.

3.2.5. Ortak kısıtlar

Maç öncesi takım kurma probleminin zorunlu olarak gerçekleşmesi istenen kısıtları aşağıda açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Herhangi bir oyuncu takıma ya alınacak ya alınmayacaktır. Bu oyuncu eğer ki, takımda yer alıyorsa, yalnız bir mevkide görev alabilecektir. O halde, her durumda ve her oyuncu için;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.1)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Saha içinde her mevkide mutlaka bir oyuncu görev almalıdır. O halde;

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

x_{ij} değişkeninin j mevki indeksine göre verilen değerler toplamı, i . oyuncunun takıma alınıp alınmayacağını belirleyeceğinden dolayı;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.3)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Karar vericinin belirlemiş olduğu eşik değerler (ED_{jy}), mevkilere göre yeteneklerin her birinin alt limitlerini ifade etmektedir. Antrenörün j . mevkiye atanan oyuncunun y . yeteneğinde arzuladığı beklentisini karşılamak için bu değer ED_{jy} eşik değerinin altına inmemelidir. O halde;

$$\sum_{i=1}^m P_{iy} x_{ij} \geq ED_{jy}, \quad j = 1, \dots, n, \quad y = 1, \dots, k \quad (3.4)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Bir oyuncu bir mevkide oynayıp oynayamayacağı antrenörün uygun gördüğü mevkilerde oynayabilir. Uygunsa, herhangi bir sakatlığı yoksa ve cezalı değilse saha içinde antrenörün uygun gördüğü mevkiye atanabilir. O halde;

$$x_{ij} \leq OM_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.5)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Yukarıdaki kısıtlara ek olarak karar değişkenleri, sıfır-bir değer alabilir tanımlamaları da modellerde yer alacağından;

$$x_i, x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.6)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

3.2.6. Amaçlar

Takım oluşturma esnasında, seçenekleri biri diğeriyle karşılaştırarak en iyi seçeneği belirlemek için kullanılacak amaçlar veya karar ölçütleri;

- 1) Maçtaki toplam performansını en büyükmek.
- 2) Eşik değerlerinden sapmalara bağlı fonksiyonel yapıları en küçükmek.
- 3) Takım uyumunu en büyükmek.

olmak üzere, üç başlık altında toplanmıştır. Bu amaçlar, tekil olarak veya birlikte göz önüne alınarak geliştirilen modeller izleyen sayfalarda verilmiştir.

3.3. MODEL 1 (M1): Performans Temelli Model

Birinci modelde, amaç fonksiyonu; takıma seçilen yani sahada yer alacak oyuncuların toplam ağırlıklı tahmini performanslarının en büyükmesi olarak ele alınmıştır. Böylece birinci model;

M1: (3.1) - (3-6) kısıtları altında,

$$Enb z = f_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{y=1}^k P_{iy} Y M_{yj} M S_j x_{ij} \quad (3.7)$$

şeklinde önerilmektedir.

M1'in amaç fonksiyonu (3.7); oyuncuların yeteneklere göre tahmini performansları, yeteneğin mevkiye göre ağırlığı ve atandıkları mevkilerin maç sonucuna göre ağırlığı ile çarpımlarının toplamının en büyükmesidir. Bu fonksiyon, oyuncuların bir sonraki maçta her bir yetenek tahminleri, atandıkları mevkinin maç sonucu açısından önemi ve o mevki için yeteneklerin önem düzeylerinin çarpımlarının toplamıyla bulunmaktadır. Böylelikle, takımın bir sonraki maçta sergilemesi tahmin edilen en büyük toplam performansı, ağırlıklandırılmış bir şekilde, bulunacaktır.

M1'de (mn + m) sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu da karar modelinin karmaşıklığının oyuncu sayısına ve mevki sayısına göre belirlendiğini göstermektedir. Kısıt sayısı ise (2m + n(k+2m+1)) adettir. Görüldüğü gibi, M1 iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle O(m²) büyüklüğündedir çünkü oyuncu sayısı(m), genellikle mevki(n) ve yetenek(n)

sayısından fazladır. Yetenek sayısının (k), oyuncu sayısından (m) fazla olduğu sporlarda; $M1, O(k^2)$ büyüklüğünde olur.

Modelin uygun çözüm alanının boş küme olmaması için sağlanması gereken ilk koşul oyuncu sayısının mevkilerin sayısından büyük ($m \geq n$) olması gerekmektedir. Yeterli oyuncu durumu sağlanmadığı zamanlarda, antrenörün sezon başında oyuncu havuzunu yetersiz sayıda kurduğu anlamına gelir ki bu mümkün değildir.

Uygun çözüm alanını boş olmaması için sağlanması gereken ikinci koşul ise, oyuncuların oynayabileceği mevkileri gösteren OM_{ij} temel parametresinin her bir satır ve sütun vektörü için, elemanların toplam değerinin asgari olarak 1 değerinde olmasıdır. Başka bir deyişle, her bir mevkiye atanabilecek oyuncu ve her oyuncunun bir mevkiye atanabilir olması gerekmektedir. Bunun için, bu durumunun sağlanamaması antrenörün sezon başında oyuncu havuzunu kurarken, bütün mevkiler için oyuncu almadığını gösterir. Bunun için problemin OM_{ij} parametresinde,

$$\sum_{i=1}^m OM_{ij} \geq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad \text{ve} \quad \sum_{j=1}^n OM_{ij} \geq 1, \quad i = 1, \dots, m$$

eşitsizliklerinin sağlanması bu durumu oluşturmaz.

Antrenörün belirlemiş olduğu mevkilere göre gerçekleşmesini istediği asgari yeteneklerin sağlanmadığı durumda da $M1$ 'den çözüm alınamaz. Bu durum, antrenörün belirlediği eşik değerlerden birinin veya daha fazlasının oyuncuların tahmini performanslarının üzerinde seyretmesi halinde karşılaşılr. Bu yüzden takım antrenörü, mevkilere göre yeteneklerin eşik değerlerini belirlerken oyuncularının yetenek düzeylerini çok iyi değerlendirebilmelidir. Böyle durumlarda karşılaşılr veya karar vericinin bu eşiklerden sapmalara göre seçim yapmak istemesi halinde kullanılmak üzere, aşağıdaki Model 2 geliştirilmiştir.

3.4. MODEL 2 (M2): Hedef Programlama Modeli

$M2$, karar vericinin eşik değerlerden olan sapmalara göre takım kurmak istemesi veya ilk modelde eşik değerlere bağlı olarak oluşabilecek çözümsüzlüklerin giderilmesi amacıyla kurulmuş bir doğrusal hedef programlama modelidir. Bu model, daha önce tanımlanmış olan izin kümeleri, temel parametreleri ve karar

değişkenlerini esas alarak, yeni sapma karar değişkenleri kullanmaktadır. Yeni bağıl karar değişkenleri;

p_{jy} : j. mevkinin y. yeteneğindeki pozitif sapma miktarını,

n_{jy} : j. mevkinin y. yeteneğindeki negatif sapma miktarını,

gösteren değişkenlerdir.

M1'de yer alan ED_{jy} eşik değerleri, antrenörün her bir mevkideki her yetenek için beklediği asgari düzeyler olduğundan, bu değerler, hedef programlama çerçevesinde hedef değerler olarak ele alınmıştır [35][36].

M2'de eşik değerler, hedef değerler olarak ele alınmasından dolayı, mevkilere atanan oyuncuların, yeteneklerinin eşik değerlere olan negatif ve pozitif sapmaları kullanılarak eşitlenmelidir. Buna göre;

$$\sum_{i=1}^m P_{iy} x_{ij} + n_{jy} - p_{jy} = ED_{jy}, \quad j = 1, \dots, n, \quad y = 1, \dots, k \quad (3.8)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Negatif ve pozitif sapmalar, pozitif değerlere sahip olmalıdır. O halde;

$$n_{jy}, p_{jy} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad y = 1, \dots, k \quad (3.9)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Böylece ikinci model;

M2: M1'de yer alan (3.1), (3.2), (3.3), (3.5) ve (3.6) numaralı kısıtları, (3.8) ve (3.9) numaralı kısıtları altında:

$$Enk \{ h_1(n_{11}, p_{11}), h_2(n_{12}, p_{12}), \dots, h_{nk}(n_{jy}, p_{jy}) \} \quad (3.10)$$

şeklinde sunulmuştur.

Negatif sapmalar, oyuncuların atandıkları mevkilerin yeteneklerine göre antrenörün belirlediği eşik değerlerden az olması halinde, pozitif sapmalar ise atanan oyuncunun yeteneği eşik değer üzerinde seyretmesi durumunda ortaya çıkar.

Modelin çözümü için, (3.10)'da ki fonksiyonel yapı, farklı şekillerde belirlenebilir. M2'nin amaç fonksiyonunun kapalı fonksiyonel yapı olarak (3.10) nolu ifadede verilmiştir. Aşağıda bazı özel tutum veya tutumlara bağlı olarak, M2'nin amaç fonksiyonunun açık ifadeleri belirtilerek, karşı gelen modelin çözülebilirliği üzerinde durulmuştur.

3.4.1. Negatif sapmaların ağırlıklı toplamları (M2a)

Birinci özel durum, karar vericinin, her bir yetenek-mevki ikilisi (jy) için istenmeyen negatif sapmalarının önem düzeylerinin yetenek-mevki ve mevki maç sonucu önem düzeyleri ile ağırlıklandırılması uygun görmesidir. Bu durumda, yukarıdaki modelin amaç fonksiyonu;

$$Enk z = f_{21} = \sum_j^n \sum_y^k Y_{M_{yj}} MS_j n_{jy} \quad (3.11)$$

şeklinde oluşturulur.

M2'de amaç fonksiyonu(3.11), şeklinde oluşturulduğunda ($mn + m + 2nk$) sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu da karar modelinin karmaşıklığının, oyuncu sayısına, mevki sayısına ve yetenek sayısına göre belirlendiğini göstermektedir. Kısıt sayısı ise, ($2m + n(3k+2m+1)$) adettir. Görüldüğü gibi, model iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle $O(m^2)$ büyüklüğündedir.

3.4.2. Ağırlıklandırılmış negatif sapmaların mevkilerin önem düzeyine göre önceliği (M2b)

İkinci amaç fonksiyonu, karar verici kişi, bu problemde, öncelikli mevkilere göre ağırlıklı sapmaların en küçüklenmesini isteyebilir. Bu koşulda, mevkilerin önem düzeylerine (MS_j) göre büyükten küçüğe sıralanarak amaç fonksiyonu;

$$Enk \left\{ P_a \left(\sum_y^k Y_{M_{ya}} n_{ay} \right), P_b \left(\sum_y^k Y_{M_{yb}} n_{by} \right), \dots, P_l \left(\sum_y^k Y_{M_{yl}} n_{ly} \right) \right\} \quad (3.12)$$

şeklinde yazılır. Buna göre, MS_j değeri en büyük olan birincil önceliğe sahip olur ve MS_j 'lere göre büyükten küçüğe gidecek şekilde öncelikler belirlenir. (3.12)'de gösterilen amaç fonksiyonuna göre $MS_a \geq MS_b \geq \dots \geq MS_l$ şeklinde düzenlenerek yapılmıştır.

M2'de amaç fonksiyonu(3.12), şeklinde oluşturulduğunda $(mn + m + 2nk)$ sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu da karar modelinin karmaşıklığının, oyuncu sayısına, mevki sayısına ve yetenek sayısına göre belirlendiğini göstermektedir. Kısıt sayısı ise, $(2m + n(3k+2m+1))$ adettir. Görüldüğü gibi, model iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle $O(m^2)$ büyüklüğündedir. Bununla birlikte, önceliklere göre çözüm aranırken M2'nin her bir öncelik için çözdürülmesi ve çıkan sonucun modele kısıt olarak modele eklenmesi gerekmektedir. Buna göre, M2'nin mevki sayısı (n) sefer çözdürülmesi gerekmektedir.

3.4.3. Ağırlıklı negatif sapmaların en büyüğünün en küçüklenmesi (M2c)

M2'nin amaç fonksiyonu için oluşabilecek son durum, antrenörün ortaya çıkabilecek bütün sapmaların birbirine yakın olmasını istemesi halidir. Başka bir deyişle, antrenör, istenmeyen sapmaların bir mevki veya yetenekte oluşması değil bütün atanacak bütün oyunculara yayılmasını istemektedir. Bu durumda yapılabilecek destek, modelde oluşabilir negatif sapmalarının en büyüğünün küçüklenmesi olabilir. Bu şekilde bir yaklaşım ile bir anlamda, negatif sapmaları birbirine yaklaştıran bir çözüm önerilebilir. Yukarıdaki modele ek olarak;

S: oluşabilecek istenmeyen sapmaların ağırlıklandırılmış haldeki en büyüğünü gösteren bağıl karar değişkeni tanımlanır.

Tanımda verildiği gibi ağırlıklandırılmış en büyük sapmanın, bütün oluşabilir negatif sapmalardan büyük olmalıdır. Buna göre;

$$YM_{yj} MS_j n_{jy} \leq S, \quad j = 1, \dots, n, \quad y = 1, \dots, k \quad (3.13)$$

kısıtı ile sağlanır.

Eklenecek yeni kısıt ile birlikte M2'nin amaç fonksiyonu;

$$Enk z = f_{22} = S \quad (3.14)$$

şeklinde yazılır.

M2, amaç fonksiyonu(3.14) şeklinde ve (3.12) numaralı kısıt eklenerek oluşturulduğunda $(mn + m + 2nk + 1)$ sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu da karar modelinin karmaşıklığının, oyuncu sayısına, mevki sayısına ve yetenek

sayısına göre belirlendiğini göstermektedir. Kısıt sayısı ise, $(2m + n(4k+2m+1))$ adettir. Görüldüğü gibi, model iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle $O(m^2)$ büyüklüğündedir.

3.5. Model 1 ve Model 2'nin Birlikte Değerlendirilmesi

Model 1'in sonucu, mevkiler ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etki açısından önem düzeyleri ile tartılı en yüksek toplam performansa sahip olacak takımı vermektedir. Böylece, oluşan bu takımın mevkilere atanan oyuncularını, antrenörün her mevkinin her bir yeteneği için ön gördüğü asgari performans değerinin üzerinde bir performansa sahip olacaklardır.

Antrenörün belirlemiş olduğu eşik değerleri karşılayan her hangi bir takımın olmadığı durumda, yani Model 1'in uygun çözüm alanının boş küme olduğu durumda, antrenörün eşik değerleri hedef değerlere dönüştürülerek, Model 2 geliştirilmiştir. Model 2'de bu hedef değerlere bağlı oluşabilir negatif sapmalar farklı fonksiyonel bağıntılar ile en küçüklenmektedir.

Model 2'nin her bir uzantısının çözümlerinde, Model 1'deki amaç fonksiyonu olan f_1 değeri hesaplanacak olursa, hedef programlama modellerinin kurduğu takımın f_1 değerleri, Model 1'in f_1 değerinden küçük veya eşit olacaktır. Bu durumda göstermektedir ki, Model 2'nin kullanılmasını tercih eden karar vericiler oluşabilir en yüksek ağırlıklı performansa sahip takımdan ödün vereceklerdir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, hedef programlama modelini kullanan karar vericiler asgari beklentilerini ne kadar yüksek tutarsa oluşacak takımın toplam performansından o ölçüde ödün vermektedirler.

Karar vericiler, Model 2 sonuçlarıyla; Model 1'in amaç fonksiyonu değerinden oluşacak farklılaşmaya bağlı sapmaların da değerlendirilmesini isteyebilir. Bu takdirde, Model 1'in amaç fonksiyonu değerine makul bir hedef tespiti yapılarak, Model 2'nin uzantılarının kısıtlarında ve/veya amaç fonksiyonunda değerlendirmeye alınabilir. Bu ekleme sayesinde, karar verici hem asgari beklentilerine göre atanan oyuncuların performans sapmalarını hem de takımın toplam ağırlıklı performansından olan sapmaları bir arada değerlendiren yeni modellere sahip olacaktır.

Model 1 ve Model 2 sistem yaklaşımı düşüncesiyle oyuncular, geçmiş maçlardaki performanslarıyla; antrenör, rakip takım ve tüm diğer faktörler doğrultusunda eşik değerler belirleyerek modellemenin temel bileşenlerini oluşturmuşlardır. Oyuncular bireysel olarak M1 ve M2'ye yansıtılırken, maçın sonucunu kendi aralarındaki ilişkilerin de önemli düzeyde etkileyici olacağı göz önüne alınarak izleyen kesimde takım uyumuna dayalı model geliştirilecek, daha sonra da önceki modeller ile takım uyumu birlikte ele alınacaktır.

3.6. Model 3 (M3): Takım Uyumu Modeli

Takım uyumu ve oyuncu uyumu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde maç öncesi takım kurma probleminde en iyi takımın kurulması istenirken uyum kavramı mutlaka gözetilmelidir. Buna bağlı olarak, oyuncuların her biri için oluşturulan takımdan memnuniyet düzeyleri ve diğer mevkilerde istedikleri oyuncular göz önüne alınmalıdır. Böylece bu memnuniyet düzeyleri, oluşturulmuş takımın ne kadar iyi bir şekilde kurulduğu hakkında bilgi verecektir. Spor kulüplerinde takım kurma problemlerine ilişkin geçmiş çalışmalarda takım ve oyuncu uyumu göz önüne alınmamıştır.

Bölüm 2'nin sonunda ayrıntıları ile belirtilen takım uyumu, M1 ve M2'de yer almamıştır. Modellere takım uyumunun yansıtılması ile M3 oluşturulmuştur. Uyum kavramının M3'te kullanılması için yeni bağıl karar değişkenleri tanımlanmalıdır. M3'te yer alan yeni bağıl karar değişkenlerinden ilki;

q_{ij} : i. oyuncu j. mevkiye atanırsa, oluşturulacak takımdan i. oyuncunun memnuniyet düzeyini

ifade etmektedir.

İkinci bağıl karar değişkeni ise;

TM: Oluşturulacak takımdan mevki-oyuncu bazlı toplam memnuniyet düzeyi

şeklinde tanımlanmıştır.

Aşağıda yer alan Model 3, takıma alınacak oyuncuların kurulan takımdan memnuniyetini ve takımda yer alacak diğer arkadaşlarını istedikleri mevkilere göre yerleştirilme memnuniyetini enbüyükleyen karar modelidir.

Model 3' e özgü olan ilk kısıt (3.15)'te gösterilmiş ve bu kısıt takıma alınacak oyuncular için oluşturulmuş takımdan memnuniyet düzeyinin elde edilmesi için kullanılmıştır. Buna göre;

$$\sum_{\substack{p=1 \\ p \neq i}}^m OU_{ip} x_p x_{ij} = q_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3.15)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

(3.15) numaralı kısıtı doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Bu sebepten dolayı, bu kısıt McCormick Açılım yöntemi ile doğrusal bir hale getirilmiştir çünkü doğrusal karar modellerine ilişkin bilimsel birikimden yararlanarak, modeli bir paket program ile çözmek ve çözüm sonrası analizleri yapmak yerinde olur. McCormick Açılım yöntemi, kısıtlarda tamsayı iki sayının çarpımından kaynaklı doğrusallığın bozulduğu karar modellerinde kullanılmaktadır [37]. (3.15) numaralı kısıt bu yöneme göre aşağıdaki hale dönüşmektedir. Bu yöntem hakkında ve M3'te yer alan kısıtın dönüşümü hakkında detaylı bilgi EK-1'de sunulmuştur. Bu açılıma göre kısıt (3.15) yerine;

$$q_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15a)$$

$$q_{ij} \geq \sum_p^m OU_{ip} x_{ij} + \sum_p^m OU_{ip} x_p - \sum_p^m OU_{ip}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15b)$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} x_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15c)$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} x_p, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15d)$$

kısıtları kullanılmalıdır.

Her bir oyuncunun, diğer mevkilerde oynamasını istediği oyuncuların kurulacak takımda yer alıp almadığının toplamları TM'nin değerini vermektedir. Basit bir ifadeyle, her bir oyuncunun mevkisel olarak kurulmasını beklediği ve kurulan takıma göre, toplam memnuniyet düzeyidir. O halde;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq 1}}^m \sum_j^n TU_{ipj} x_{pj} = TM \quad (3.16)$$

kısıtı sağlanmalıdır.

Böylece, üçüncü model;

M3: Model 1' de yer alan 3.1-3.6 kısıtları, (3.15a, b, c, d) ve (3.16) kısıtları altında;

$$Enb z = f_3 = \sum_i^m \sum_j^n q_{ij} MS_j + TM \quad (3.17)$$

şeklinde sunulmuştur.

M3'ün amaç fonksiyonu (3.17) oyuncuların her birinin takımdan memnuniyetinin ve mevkisel atamalardan hoşnutluk düzeylerinin toplamının en büyüklenmesini sağlamaktadır. Bütünsel olarak M3 incelendiğinde, beklenen sonuç oyuncuların antrenörün maça göre belirlemiş olduğu eşik değerlere uygun ve en uyumlu takımın kurulmasıdır.

M3'de $(2mn + n(m^2 - m) + 2m + 1)$ sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu modelin karmaşıklığı da tıpkı M1'deki gibi oyuncu sayısına ve mevki sayısına göre belirlenmektedir. M3'de kısıtı sayısı ise $(n(k+6m+1) + 2m + 1)$ adettir. Görüldüğü gibi, model iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle $O(m^3)$ büyüklüğündedir.

M3, yetenek-mevki (YM_{yj}) maç sonucuna etki önem düzeylerini atamaları yaparken, göz önüne almamaktadır. Buradan yola çıkarak, M3'ün sadece antrenörün belirlediği eşik değerleri karşılayabilen ve mevkilerin önem düzeyi kullanılarak, oyuncuların uyum açısından ele alarak takıma seçim yapan doğrusal bir karar modeli olduğunu göstermektedir. Karar verici, oyuncu performansı ve uyumunu birlikte değerlendirerek karar vermek istemesi halinde kullanılmak üzere aşağıdaki Model 4 geliştirilmiştir.

3.7. Model 4 (M4): Çok Ölçütlü Model

M4, karar vericinin M1 ve M3'ü iki ölçütlü bir doğrusal karar modeli haline dönüştürülmüş halidir. Böylece dördüncü model;

M4: M1' de yer alan 3.1-3.6 kısıtları ve M3'te yer alan 3.15(a, b, c, d) ve 3.16 kısıtları altında;

$$Enb \{f_1, f_3\} \quad (3.18)$$

şeklinde verilmiştir.

Çok ölçütlü modelden hareketle, M2'de olduğu gibi iki ölçütü ağırlıklandırarak toplamları tek ölçüt haline dönüştürülerek çözülebilir. (3.18) numaralı ifadede yer alan f_1 ve f_3 ölçütleri için antrenörün uygun gördüğü önem düzeyleri verilir ise, M4 tek ölçütlü şekilde maç öncesi takım kurma problemine yanıt verebilir.

M4'ün amaç fonksiyonunda yer alan iki ölçüte, karar vericiden hedef değerler elde etmek mümkünse, bu değerler kullanılarak hedef programlama yöntemiyle de çözüm elde edilebilir. Böylelikle, karar verici iki ölçüt için asgari beklentilerini modele yansıtması olacaktır.

M2'deki amaç fonksiyonu (3.11)'de olduğu gibi ölçütleri önceliklendirerek M4 çözümlendirilebilir. Karar verici, bütünlük olarak takımda yer alacak oyuncuların toplam performansı veya oluşturulan takımın uyumu ölçütlerinden birinin diğerine göre öncelikli olduğunu belirtmelidir.

M4'ün iki ölçütüne göre, karar vericiye koşullu en iyileri alternatif çözümler olarak verilerek, değerlendirmesine sunulabilir. Böylece, karar verici, birbirinden üstün olmayan çözümleri tek tek inceleyip, tecrübelerine ve takımına olan görüşlerini olası çözümlerin içerisinde belirleme imkanına sahip olacaktır.

M4'de, M3'te olduğu gibi $(2mn + n(m^2 - m) + 2m + 1)$ sayıda karar değişkeni bulunmaktadır. Bu modelin karmaşıklığı da tıpkı M1 ve M3'deki gibi oyuncu sayısına ve mevki sayısına göre belirlenmektedir. M4'de kısıt sayısı $(n(k+6m+1) + 2m + 1)$ adettir. Görüldüğü gibi, model iki indisli bir yapıda olup, karar değişkeni ve kısıt sayısı yönleriyle $O(m^3)$ büyüklüğündedir.

3.8. Önerilen Modellerde Çözüm Sonrası Analizler

Yukarıda önerilen dört doğrusal karar modelinde duyarlılık analizinin nasıl yapılabileceği bu alt başlıkta anlatılacaktır. Duyarlılık analizi ya da çözüm sonrası analizler, model çıktılarının sağ taraf sabitlerinde ve amaç fonksiyonu

katsayılarında meydana gelen değişimlerde modellerin çözümlerinin değiştii noktaları bulmak için kullanılır [38].

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma kararlarında önceki bölümlerde bahsedildiği gibi ekonomik ve sportif başarı açısından önemli ve hassas kararlardır. Bu yüzden, model çözümlerinin parametre ve katsayılara bağlı olarak hassasiyetlerin bulunması ve karar vericiye bu bilgilerin sunulması; son karar aşamasında karar vericiye faydalı olacaktır.

Önerilen modellerin bileşenlerini inceleyecek olursak, değişkenliğin olma ihtimali en yüksek olan kontrol edilemeyen değişken oyuncuların izleyen maçta her bir yetenekte gösterecekleri performanslardır. İlk olarak, mevkilerin ve mevkilere bağlı olarak yeteneklerin oyunun sonucuna etkileri parametresi elde edilirken ilgilenilen spor branşında antrenör olan kişilerin görüşleri alınarak bulunacaktır. Böylece, çok sayıda antrenörün görüşüne dayalı olarak elde edilecek bu parametrelerin değişkenliğinin az olması beklenir. Diğer bileşenlerde ise durum antrenör ve oyuncuların görüşlerine dayalı olarak elde edilmeleridir. Bu kişilerin görüşleri takımdan beklentilerini ve tutumlarını yansıtacağı için görüşlerinde maç aşamasında değişkenliklerin olması beklenmez.

Oyuncu performanslarının bir sonraki maç için tahmin edilmesi, gerçek hayatta çok fazla sayıda fiziksel ve psikolojik faktörün etkili olması sebebiyle zordur [9]. Bununla birlikte, bir sonraki bölümde detaylı bir şekilde anlatılacağı gibi oyuncuların geçmiş performanslarındaki performans kayıtları izleyen maç için önemli bir göstergedir ve bu faktörleri kapsamadığı varsayılmıştır. Yapılan bu tahminler ve diğer bileşenler sebebiyle karar vericinin duyarlılık analizine ihtiyaç duyduğu en önemli parametre oyuncuların her bir yetenekte izleyen maçta göstereceği tahmini performans (P_{iy}) parametresidir.

Önerilen modellerin hepsi karma tam sayılı programlama modelleri olduğundan duyarlılık analizi yapmak mümkün değildir [39]. Bu yüzden karar vericilere çözümün oyuncu performansı açısından duyarlılığının bildirilmesi desteği her bir oyuncunun yeteneklerine göre değişimlerinin çözümü değiştirme aralıkları verilerek bulunabilir [40].

Modellerin çözüm duyarlılığını bulmak için izlenecek yöntemde ilk adım modellerin çözdürülmesi ve sonuçların elde edilmesidir. Buna bağlı olarak, atanmış

oyuncuların yeteneklerdeki seviyesi değiştirilerek modellerden yeni çözümler elde edilir. Çözümün değiştiği uç noktalar bulunarak her bir oyuncunun her bir yeteneğindeki çözümü değiştirmeyen aralıkları bulunur. Böylece karar verici bireysel ve yetenek bazında tekil olarak performans parametresinin çözüme göre duyarlılığına erişmiş olur.

Çözüm sonrası yapılabilecek bir diğer analizde, model sonuçlarına göre oluşturulmuş takımdan bir oyuncunun oynamaması durumunda takımda oluşacak değişikliğin incelenmesidir. Maç öncesinde ani bir sakatlık, antrenörün bir oyuncudan vazgeçmesi veya bir oyuncunun tahmin edilen performansı gösteremeyeceğinin düşünülmesi gibi olağandışı durumlarda bu analize başvurulur. Bu analiz, aynı zamanda antrenöre maç içerisindeki kararlarında destek olacaktır.

Bölüm 5'te yapılacak olan Ankara'daki bir voleybol takımının maç öncesi uygulamasında, yukarıda bahsedilen çözüm sonrası analizler önerilen modeller için örnekleme yapılarak, bu analiz sonuçlarının yorumu da sunulacaktır.

3.9. Önerilen Modellerin Genel Değerlendirmesi

Önerilen modellerden, karar verici ile görüşülerek, kendisinin düşünce yapısı ve beklentilerine uygun olarak seçilecek model maç öncesi takım kurma problemine uygulanabilir. Her bir model, kendine özgü amaçları temsil edecek şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle, karar vericiye modellerden elde edilen çözümler diretilmemektedir.

Antrenör, takıma dâhil edilen oyuncuların toplam yeteneğini enbüyüklemek istiyorsa, M1'i kullanmalıdır. Ancak, verilen eşik değerlerden kaynaklı modelde çözümsüzlükler var ise eşik değerler revize edilip M1'i tekrar çözdürülebilir.

Antrenör belirlemiş olduğu eşik değerlerde ısrarcı ise, bu değerler hedef değer olarak ele alınıp M2 modelini probleme çözüm aramak için kullanılabilir. Bu modelde, 3 farklı fonksiyonel yapıda amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Karar verici ile ikili görüşmeler yapılarak bu fonksiyonel yapılardan biri seçilerek M2 şekillendirilir ve takımda yerini alacak oyuncular bulunur.

Kaynaklarda yer alan maç öncesi takım kurma problemine ilişkin çalışmalardan farklı olarak, M1 ve M2 modelleri, antrenörün takıma alınacak oyunculardan

yetenek düzeyi beklentisini kapsayan bir yaklaşıma imkan vermektedirler. Böylece, karar verici, karar sürecinin dışında tutulmayarak, kendisine etkin bir rol verilmiştir. Bu modellerin çıktıları, karar vericinin uzun yıllar tecrübelerini, spor branşındaki uzmanlığını, rakip takımı irdeleme yeteneğini yansıtacaktır. Ayrıca bu modellerde, mevkilerin ve yeteneklerin maç sonucuna etkilerinin de göz önüne alarak amaç fonksiyonlarında seçenekleri bir diğeri ile kıyaslarken kullanılması, oyuncu atamalarının bu önem düzeylerine göre yapıldığını göstermektedir.

Karar verici, oyuncular arası uyuma ve takım uyumuna göre probleme çözüm aramak isterse, önerilen M3 bunun için etkili bir yoldur. M3, böylelikle, oyuncuların diğeri takım oyuncuları hakkındaki görüşleri ve antrenörün mevkilerdeki yetenek düzeyleri için belirlemiş olduğu eşik değerlere göre takımı oluşturacaktır.

M3 modeli oluşturulurken, atanacak oyuncuların memnuniyet düzeyleri (q_{ij}) değerlerine veya takımın toplam memnuniyet (TM) düzeylerine eşik değerler verilerek çözümlendirilmesi düşünülmüştür. Ancak, oyunculara bağlı olarak elde edilen oyuncuların diğeri takım arkadaşları ile uyumu (OU_{ip}) ve diğeri mevkilere istedikleri arkadaşlarını gösteren (TU_{ipj}) değerlerine antrenörün müdahale etmesi uygun görülmemiştir. Bu yüzden hedef programlama yaklaşımı uygulanmamıştır.

Karar verici takım uyumu ve oyuncu performanslarının bütünsel bir şekilde göz önüne almak isterse, M4 etkili bir bütünleşik modeldir. M4'ün iki ölçütlü amaç fonksiyonu, antrenörün uygun gördüğü şekilde düzenlenip maç öncesi takım kurma problemine yanıt aramaktadır.

Kaynaklarda yer alan maç öncesi takım kurma problemine ilişkin çalışmalardan, M1'den ve M2'den farklı olarak, M3 ve M4 karar sürecine oyuncuların görüşlerini de dâhil etmektedir. Maçlarda, performansı ortaya koyanlar oyunculardır. Oyuncuların performanslarının diğeri takım arkadaşlarıyla olan uyumuna bağlı olduğu yadsınamayacak bir etkidir [18]. Bölüm 2'de anlatıldığı gibi, takım ve oyuncular arası uyumun maç öncesi takım kurma probleminde göz önüne alınması gerekmektedir. Böylece, M3 ve M4 modelleri takım uyumu ile ilgili bileşenlerin takım kurma problemlerinde dikkate alındığı ilk çözüm yöntemi olması sebebiyle emsalsizdir.

Önerilen modellerin hepsinde, genel felsefe olarak antrenör problemin dışında bir kişi şeklinde alınmamıştır. Antrenörün takıma yansıtmak istediği stratejisi,

takımdan beklentisi ve en iyi takımı kurarken ki beklentilerinden hareketle önerilen yaklaşımlar oluşturulmuştur. Bu da önerilen modellerin, kaynaklarda yer alan spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemlerine getirilen çözüm yaklaşımlarından farklılık göstermektedir. Böylece, probleme ilişkin kaynaklardaki yaklaşımlara göre antrenörün etkin bir rol üstlendiği karar süreçleri önerilmektedir.

Geliştirilen M3 ve M4'te, antrenörün görüşlerinin yanı sıra oyuncuların performansı ortaya koyan kişiler olması sebebiyle onların da performansları en iyi sergileyebilecek bir takımda olmaları gerekmektedir [16][17]. Bu yüzden, oyuncuların da görüşlerinden yararlanılarak en iyi anlaşıkları ve diğer mevkilerde istedikleri oyuncuların oynaması bu modellerde göz önüne alınmaktadır.

Önerilen modellerden sonuç elde edildiğinde, sadece saha içine atanan oyuncular elde edilebilir. Karar vericinin, yedekleri de ataması gerektiği durumlarda; atanan oyuncular, oyuncular kümesinden çıkarılarak aday yedek oyuncular kümesi bulunur. Bu küme, yeni oyuncu kümesi olarak alınıp, istenilen model bir daha çözdürülür. Bu durumda modellerin iki sefer çözdürülmesi gerekmektedir. Eğer, modelin bir sefer çalıştırılarak, yedekler ile birlikte çözümü istenir ise yedekler de bir mevki olarak değerlendirilip, temel parametreleri buna uygun şekilde tahmin edilerek ve oluşturularak yapılması gerekmektedir. Böylece bu iki yaklaşımdan birisi seçilerek, modelin çıktılarında yedek oyuncuların da kimler olacağı bulunabilir.

İzleyen bölümde, yukarıda önerilen modellerin temel parametrelerinin, nasıl elde edileceği veya tahmin edileceği ile ilgili yöntemler ele alınıp, yöntemlerin avantajları ve dezavantajları üzerinde durulacaktır.

Daha sonra, Bölüm 5'te, bu bölümde önerilen modellerde spor branşına, karar vericiye ve oyunculara göre şekillenecek olan dizin kümeleri, parametreler, karar değişkenleri ve amaçlar Ankara'da bir voleybol spor kulübü için belirlenerek, uygulamada modellerin çözümleri sergilenecektir.

4. MODEL PARAMETRELERİNİN VE DİZİN KÜMELERİNİN BULUNMA VEYA TAHMİNLEME YÖNTEMLERİ

Karar modellerinin spor kulüplerinde takım kurma problemlerine gerçek katkısı, yani bir anlamda model sonuçlarının uygulanabilirliği ve böylece beklenen sonuçların elde edilebilirliği, modelin kendi içerisinde tutarlı olmasına ve modelde yer alan parametrelerin doğruluğuna bağlıdır. Dördüncü bölümde, çalışmanın bütünlük yaklaşımı doğrultusunda, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminde gerekli olan parametrelerin bulunması veya tahmin edilmesi üzerinde durulacaktır.

Model parametrelerinin hesaplanması veya tahmin edilmesi için gerekli veri-bilgi kaynakları antrenör, oyuncular, uzmanlar ve benzeri olabilir. Bilgi kaynağına esas olan bileşen, bazen, bu parametrenin yansımalarına da taraf olabilir. Bu anlamda, verilecek kararın riskini taşıyan veya paylaşan konumuna geleceklerinden, problemin karar verici veya karar vericileri olurlar. Karar vericiler parametrelerin neler olacağını ve parametrelerin alacakları değerlerin nasıl bulunacağını belirlerken dikkatli davranmalıdırlar. Çünkü bu değerlendirmeler model çıktılarının doğruluğuna ve uygulanabilirliğine doğrudan etki etmektedir [41]. Bu yüzden, model parametrelerini objektif yöntemler ile belirlemek sübjektif değerlendirmelere bağlı olarak ortaya çıkabilecek yanlışlık yapma, yanlış davranma ve/veya hata yapma gibi durumlar ortadan kaldırılacaktır.

İdeal durum objektif yöntemlerin kullanılması olmakla birlikte, gerçek hayat problemlerinde yer alan önceliklendirme, tercihte bulunma ve kişi istekleri doğrultusunda tasarlanmış parametreler için bu yöntemleri kullanmak mümkün olmamaktadır [42]. Buna ek olarak, bu yapıda tasarlanmamış parametrelerin bazılarının veri kaynaklı olarak objektif tahmin edilmesi de mümkün olmayabilir. Yukarıda belirtilen özellikteki parametrelerin değerlerinin bulunması için sübjektif yöntemlere başvurulur.

Bölüm 3'te önerilen yeni karar modellerinin dizin kümelerinin ve parametrelerinin nasıl bulunacağı veya tahmin edileceği önemlidir. Önerilen karar modellerinin parametreleri bulunurken, ortamın uygunluğuna göre öncelikli olarak objektif yöntemlere başvurulmalı; veri bilgi kaynağı elverişli olmadığında da sübjektif yöntemler tercih edilmelidir. İzleyen alt başlıklarda, dizin kümelerinin belirlenmesi

ve parametrelerinin elde edilme veya tahmin edilme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

4.1. Dizin Kümelerinin Belirlenmesi

Bölüm 3'te önerilen karar modellerinde, oyuncu, mevki ve yetenek olmak üzere üç adet dizin kümesi bulunmaktadır. Modellerin çözümlerinin geçerliliğinden ve uygulanabilirliğinden söz edebilmek için bu kümelerin doğru bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bu kümelerin her birinin nasıl oluşturulacağı izleyen alt başlıklarda detaylı bir biçimde verilmektedir.

4.1.1. Oyuncular kümesinin belirlenmesi

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminin oyuncular kümesi, sezon başında oluşturulmuş kadrodan, oyun kuralları ve/veya antrenör istekleri sebebiyle yeni oyuncuların eklenmesi veya çıkartılmasıyla oluşur.

Her maç öncesi oyuncular kümesindeki elemanlar güncellenmelidir çünkü spor kulüplerinde maç öncesi takımda bütün sporcular; sakatlık, kart veya men cezası, özel izin, lisans yetiştirmemesi veya antrenörün isteğine bağlı olarak kadroda yer almaması gibi sebeplerden ötürü yer almayabilir. Buna ek olarak, bu sebeplerin ortadan kalkmasıyla geri dönüş yapan oyuncular, genç takımdan (alt yapıdan) alınan yeni oyuncular veya sezon içi transfer edilen yeni oyuncular kadroya dâhil olabilir.

4.1.2. Mevkiler kümesinin belirlenme yöntemi

Önerilen karar modellerinde yer alan ikinci dizin kümesi, spor branşına göre şekillenen, mevkiler kümesidir. Bölüm 3.1.1.'de bahsedildiği gibi mevkiler sahada oyuncuların konumuna ve/veya sorumluluklarına göre ayrıştığı bölümlendirmelerdir [25].

Spor branşına göre takıma ait mevkilerin belirlenmesi için ilk yol uluslararası resmi federasyonların hazırlamış oldukları el kitaplarından veya yayınlarından yararlanılarak oluşturulabilir. Resmi federasyonlar oyun kurallarını ve özelliklerini anlattıkları bu yayınlarında, genellikle saha içi mevki ayrımını da yapmaktadırlar. Bunun örnekleri futbol, voleybol, basketbol, hentbol ve benzeri spor branşları için

görülmektedir. Detaylı bilgi için Türkiye Futbol Federasyonu, Türkiye Voleybol Federasyonu ve FIBA resmi sitelerine bakılabilir.

Bazı takım branşlarında, mevkilerin net bir biçimde ayrımı yapılmamasından veya federasyon yayınlarında mevki kavramı tanımlanmamasından dolayı, mevkilerin neler olduğuna bu yolla ulaşmak mümkün olmayabilir. Bu sporlara, örnek olarak, su altı hokeyi, beysbol, kriket gösterilebilir. Böyle bir takım sporuyla ilgilenen karar vericiler, mevki ayrımını spor bilimiyle ilgili yapılmış akademik çalışmalardan, konuyla ilgili antrenörlerden veya kendi kendilerine mevki ayrımını yaparak mevkiler kümesini oluşturabilirler.

4.1.3. Yetenekler kümesinin belirlenme yöntemi

Önerilen karar modellerinde yer alan son dizin kümesi yetenekler kümesidir. Bölüm 3.1.2.'de tanımlandığı gibi mevkilerde yer alan oyuncuların görevlerini yerine getirebilmesi için spor branşına özgü hareketler ve faaliyetlerin her birine yetenek denir [28].

Yetenekler kümesi her bir spor branşına göre değişiklikler göstermektedir. Bunun sebebi, her bir takım sporu türünde oyun içi amaçların farklılık göstermesi ve buna bağlı olarak oyuncuların değişik hareketler kullanmaya ihtiyaç duymasıdır [28]. Spor dalına göre değişiklik gösteren yetenekler kümesini, karar verici, ilgilendiği spor dalına göre oluşturmalıdır.

Mevki listesini oluştururken yapıldığı gibi oyun içi hareketler, yani yetenekler, de resmi ulusal ve uluslararası federasyonların el kitaplarında veya yayınlarında bulunabilir [43]. Bu bilgilere erişilemiyorsa veya bulunamıyorsa, karar verici akademik çalışmalardan veya kafa avcılığı (scouting) yapan spor kulüplerinin yetenekler listesinden yararlanabilir [43].

Yetenekler kümesi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, bu kümede yer almaya aday yeteneklere ilişkin verilerinin toplanabilir, güvenilir ve ulaşılabilir olmasıdır. Günümüz teknolojisinde oyuncuların yetenekleriyle ilgili verilerin sağlanması mümkündür. Bu nedenden dolayı karar vericilerin bu parametreyi oluştururken sıkıntı yaşamaması beklenmemektedir.

4.2. Modellerin Parametrelerinin Bulunması veya Tahmin Edilmesi Yöntemleri

Bölüm 3'te önerilen karar modellerine ait parametreler mevki ve mevkilere göre yeteneklerinin önem düzeyleri, oyuncuların bir sonraki maçta yeteneklere göre performanslarının tahmini, oyuncuların oynayabilir olduğu mevkiler, mevkilerin yeteneklere göre eşik değerleri, oyuncular arası uyum düzeyleri ve oyuncu isteğine bağlı başlangıç takım önerisi şeklindedir.

İzleyen alt başlıklarda, bu parametrelerin elde edilme veya tahminleme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

4.2.1. Mevkilerin ve mevkilere göre yeteneklerin önem düzeyinin tahmin edilme yöntemi

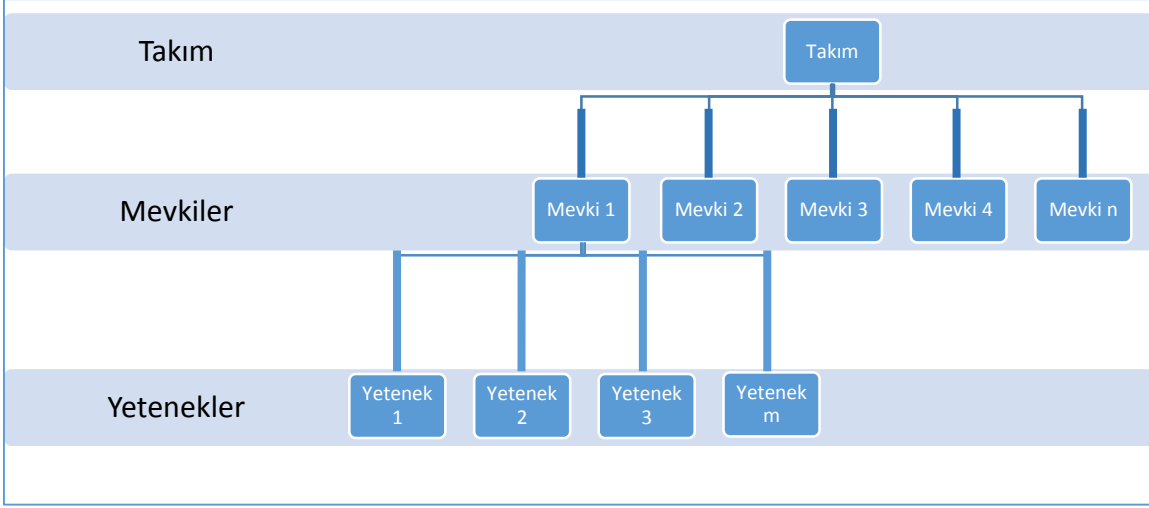
Mevki ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etki açısından önem düzeyleri önerilen modellerin en önemli parametrelerindedir. Bölüm 2.7.3.'te belirtildiği gibi her mevkinin maç sonucuna etkisi farklıdır [10]. Mevkilerin önem düzeylerinde durum böyle iken, her bir mevkiye göre yeteneklerin de maç sonucuna etki açısından farklı önem düzeylerine sahip olduğundan bahsedilebilir [43].

Kaynaklarda yer alan çalışmalarda göz ardı edilen bu iki parametre, yeni karar modellerinin amaç fonksiyonunda veya amaç fonksiyonunda yer alan bağıl karar değişkenlerinin katsayıları olarak kullanılmaktadır. Böylelikle mevkilere atanacak oyuncuların performanslarının maç sonucuna etkilerinin birbiriyle kıyaslanmasını sağlamaktadırlar. Bu sebepten dolayı bu katsayıların objektif bir şekilde elde edilmesi veya tahmini çok önemlidir.

Her maçın durumuna, çevre koşullarına, taktiğine vs. bağlı olarak farklılık gösteren bu parametrelerin değerlerini matematiksel yöntemler ile kesin bir şekilde bulmak mümkün değildir. Diğer yandan bu önemli parametrelerin tek kişiye dayalı olarak belirlenmesi de akılcı olmayacaktır. Çünkü ekonomik ve sportif başarı açısından önemli olan maç öncesi takım kurma problemi kararlarında yanıtıcı faktörler ve gerçek hayat uygulanabilirliğinden uzaklaşmalar istenmeyen durumlardır.

Mevkilerin ve mevkilere göre yeteneklerin önem düzeyleri, önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, takım kavramının mevkilere, mevkilerin de yeteneklere göre

ayrışmasından ve buna bağlı olarak oyun sonucuna etkilerinin farklılığından ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu parametreler, Şekil 4.1’de gösterildiği gibi, hiyerarşik bir yapıya sahiptir:



Şekil 4.1 Mevki ve yeteneklerin hiyerarşik yapısı

Şekil 4.1’de yeteneklerin her birinin mevkilere etkisi ve mevkilerin de etkilerinin takımın toplam performansını oluşturduğu gösterilmektedir.

Kaynaklarda, birden fazla faktörün kendi aralarında önem düzeylerinin belirlenmesi için Çok Nitelikli Oranlama Yöntemi (Simple Multi-attribute Rating Technique (SMART)), puan paylaşırma (point allocation), DELPHI tekniği, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi yöntemler önerilmektedir [42].

SMART yöntemi bütünsel bir ağırlıklandırma yöntemi olup alternatiflerin sıralanması ve ölçütlerin ağırlıklandırılması için kullanılan yöntemdir [44]. Bu yöntemde, karar verici ölçütlere en önemsizden başlayarak en önemliye doğru değer atamalarında bulunur. Yani, ölçütleri doğrudan değerlendirip önem sıralamalarını veya düzeylerini belirler. Bu değerlerin normalizasyonu ile ölçütlerin ağırlıkları bulunmuş olunur [45][46]. Ancak, SMART tekniğinde değerlendirmelerin kıyaslama olmadan doğrudan yapılması ve sayısal bir değerlendirme yöntemi olması değerlerin anlamsız çıkma riskini doğurur [45][46]. Bu yüzden, maç öncesi takım kurma probleminde kullanılması sakıncalı görülmektedir.

Puan paylaşırma (Point allocation) ile ağırlıklandırma yönteminde, karar vericinin yüz puan üzerinden bileşenlerin/faktörlerin önem derecesine göre dağıtması istenmektedir. Bu puan paylaştırmada, karar verici toplamların yüz olacak şekilde

olmasına şartlandırılmayarak ve daha sonrasında yüzölçüm puan dilimine normalize edilerek ağırlandırma yöntemi uygulanır [42]. Puan paylaşımında yeniden puanlamanın zor olması ve paylaşımında hatalı sonuçlar elde edilme olasılığının yüksekliği sebebiyle maç öncesi takım kurma probleminde kullanılması uygun görülmemektedir [45][47].

DELPHI tekniği ile ağırlıklandırma üç aşamadan oluşan ve tekrarlanan bir süreçtir. Karar vericiler veya konuda uzmanlar ölçütlerin ağırlığı ile ilgili görüşlerini sunarlar, izleyen adımda karar vericilerden veya konuda uzmanlardan ölçütleri ağırlıklandırmaları istenilir. Son olarak alınan ağırlıklandırmalar karar vericilere veya uzmanlara tekrar sunulur ve yeniden değerlendirme yapmaları istenir [42]. DELPHI tekniğinde yanlış yönde ortak anlaşma sağlanması olasılığı bulunmaktadır [48][49].

Yukarıda belirtildiği gibi, bu yöntemler ile spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen modellerde yer alan mevki ve mevkilere göre yeteneklerin ağırlıklarının bulunması sakıncalıdır. Parametrelerin ağırlıklandırma yönteminin belirlenmesi için yukarıda bahsi geçen sebeplerden ve Şekil 4.1'de gösterilen yapıya uygunluğundan dolayı AHS seçilmelidir.

AHS faktörlerin ağırlıklandırılması için ikili karşılaştırmaları kullanan niceliksel bir yöntemdir [50]. AHS, faktörlerin veya ölçütlerin ağırlıklandırılması için birçok uygulamada kullanılmıştır (bakınız [51][52]). Buna ek olarak, AHS yönteminin spor kulüplerinde; Sipahi ve Or [53]'ün çalışmasında futbol sporunda başarı faktörlerinin ağırlıklandırmasında, Özceylan [10]'ın futbol sporu için takım kurma problemleri üzerine çalışmasında yeteneklerin ağırlıklandırılmasında ve Chen vd. [14]'nin beyzbol takımları için atıcı seçimi çalışmasında belirlenen ölçütlerin ağırlıklandırılmasında kullanıldığı görülmektedir.

AHS ile ağırlıklandırma, antrenörlerin her bir faktörü ikili olarak Saaty [50]'nin çalışmasında yer alan ve aşağıda Çizelge 4.1'de gösterilen 1-9 ölçeği kullanılarak değerlendirdiği yöntemdir.

Çizelge 4.1 Saaty 1-9 İkili Karşılaştırma Ölçeği [50]

Önem Oranı	Tanım
1	Eşit Önem
3	Orta Derecede Önem
5	Kuvvetli Derecede Önem
7	Çok Kuvvetli Derecede Önem
9	Kesin Derecede Önemli
2, 4, 6, 8	Ara Değerler

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemlerinde mevki ve mevkilere göre yeteneklerin bulunması için analitik hiyerarşi sürecinin akış şeması Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.

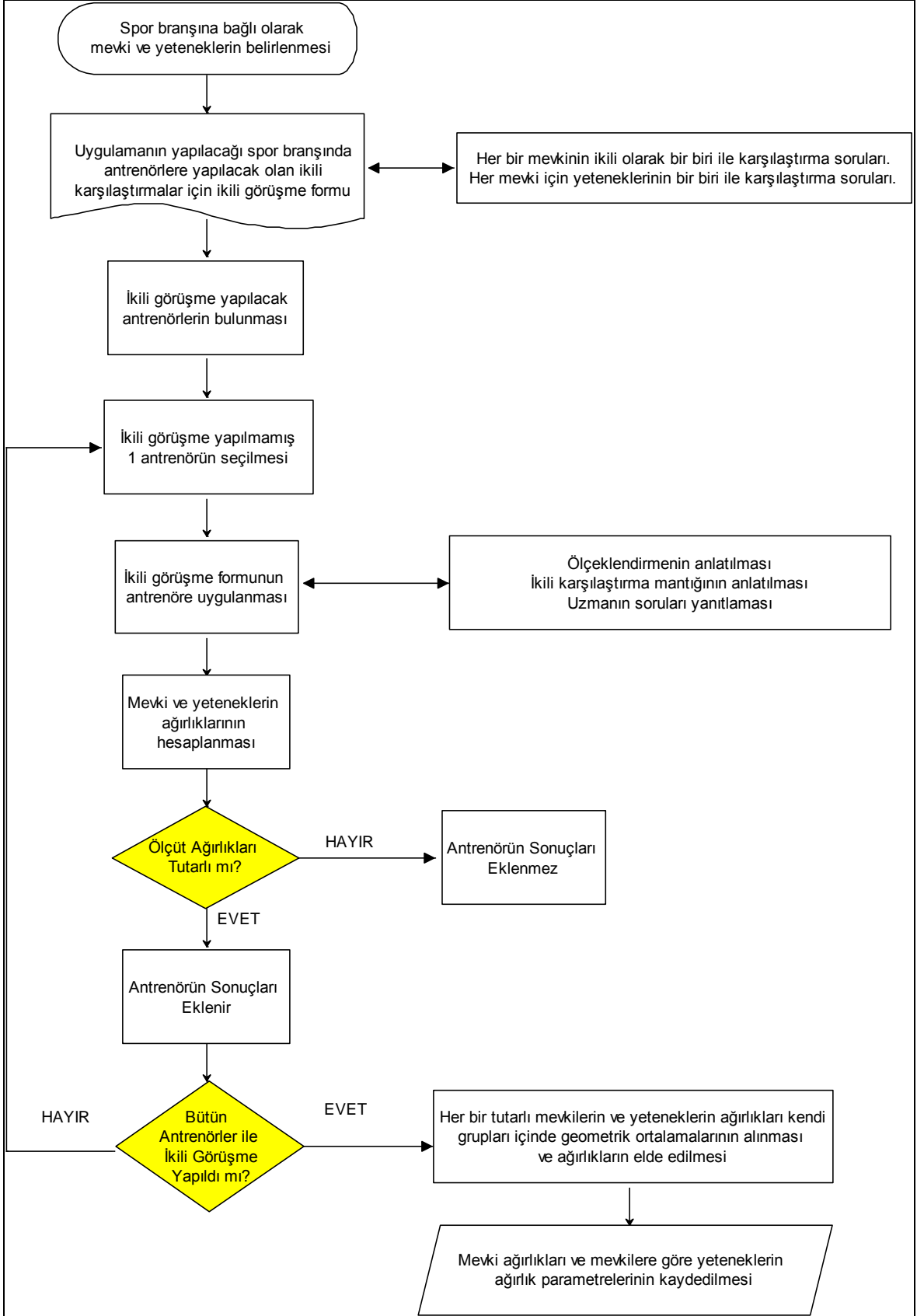
Şekil 4.2’de gösterildiği gibi ilk olarak, spor branşının takımı oluşturan mevkileri ve mevkilere ait yeteneklerin belirlenmesi gerçekleştirilmelidir. Bu belirlemelere ve Çizelge 4.1’de yer verilen ölçeklendirmeye bağlı olarak ikili karşılaştırma için ikili görüşme formu oluşturulmalıdır. Bu ikili görüşme formunun soruları, her bir mevkinin bir biri ile karşılaştırılması sorularından ve her bir mevki için yeteneklerinin bir biri ile karşılaştırılması sorularından oluşmalıdır.

İkili görüşme formunun hazırlanmasının ardından bu soruları yanıtlaması gereken ilgilenilen spor branşının uzmanları bulunmalıdır. Bu uzmanlar, ilgilenilen spor branşındaki antrenörler, menajerler, oyuncu yetiştiricileri, spor bilimi ile ilgilenilen akademisyenler ve spor yorumcularıdır. Ancak, spor ile ilgili resmi bir kurumdan belgelenebilir uzmanlığa sahip olan kişiler antrenörlerdir ve bu sebepten dolayı ikili görüşme formu antrenörlere yapılmalıdır.

Her bir antrenöre, önceki adımda hazırlanan ikili görüşme formu bir seferde ve tek başına yapılır. İkili görüşme formunda yer alan soruların yanıtlamasının öncesinde ikili karşılaştırma mantığı, ölçeklendirme mantığı form uygulanan antrenöre detaylı bir şekilde anlatılır.

Antrenörün karşılaştırmalarına göre ikili görüşme formunun sonuçlarının hesaplanması ve AHS sürecine ait tutarlılık analizi yapılarak tutarlı sonuçların kaydedilmesi bir sonraki aşamadır. Bütün antrenörler ile bu ikili görüşme formu

yapıldıktan sonra tutarlı olan her bir mevki için ve mevkilere göre her bir yeteneğin ağırlıkların geometrik ortalaması alınarak MS_j ve YM_{yj} parametreleri bulunur.



Şekil 4.2 Spor Kulüplerinde Maç Öncesi Takım Kurma Problemlerinde Mevki ve Yeteneklerin Ağırlıklandırılması için Analitik Hiyerarşi Sürecinin Akış Şeması

AHS'de ikili karşılaştırmaların antrenör kişilere uygulanabilmesi için EK 2'de gösterilen voleybol sporunda ağırlıklandırma için ikili görüşme formu sunulmuştur. Bu form spor branşında her bir antrenöre uygulanılarak önem dereceleri ile alakalı bireysel görüşleri alınacaktır. Tutarlı olarak doldurulan bu ikili görüşme formundan elde edilen ağırlıkların her bir faktör için geometrik ortalaması alınacaktır ve toplamı 1 olacak şekilde normalize edilecektir [54]. Bunun sebebi antrenör görüşleri arasındaki oransal farklar mutlak farklarına göre daha önemlidir [55].

Mevki ve mevkilere göre yetenek önem düzeyleri parametrelerinin hassas bir şekilde belirlenmesi sübjektifliğin azaltılması amacıyla Şekil 4.3'te gösterilen süreç çok sayıda antrenöre yapılmalıdır. AHS'nin bu konuda sağladığı bir avantaj da her bir antrenör değerlendirmesinin tutarlılığının ölçülebilir olmasıdır. Böylece tutarsız olan antrenör görüşleri sürece dahil edilmeyerek, parametrelerin doğruluğu hakkında bir şüphe doğurmayacaktır [56].

Mevki ve mevkilere göre yeteneklerinin önem düzeyleri parametresinin güvenilirliği model sonuçlarının doğruluğu açısından önem arz etmektedir. Bu sebeple, erkek takımı ve kadın takımı antrenörlerinin her bir mevkinin ve mevkilere göre her bir yeteneğin maç sonucuna etkilerinin düzeylerinin birbirinden farklı olup olmayacağı test edilmelidir. Çünkü takım sporlarında mevki ve yeteneklerin cinsiyete göre farklı olması halinde erkek takımı için yapılan uygulamalarda kadın takımı çalıştıran antrenörlerin ağırlıklandırmalarının kullanılamayacağına işaret eder.

Kadın ve erkek takımlarını çalıştıran antrenörlerin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla Mann Whitney testi en uygundur. Testin ilk varsayımı iki grubun birbirinden bağımsız olmasıdır. İkinci varsayım bağımlı değişkenlerin oransal değerler olmasıdır ki bu problem için mevki ve yeteneklerin ağırlıklarının oransallığından dolayı uygundur. Üçüncü varsayıma uygun olarak, ikili görüşme formu aynı anda bir antrenöre yapıldığı için gözlemler arası bağımsızlıkta mevcuttur.

Kadın ve erkek sporlarında görev yapan antrenörler için yapılan ikili görüşme formlarının sonuçlarının aralarında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla Mann-Whitney parametrik olmayan testi yapılarak, bu iki örneklemin aynı dağılımdan gelip gelmediği araştırılmalıdır. Bu testte;

H₀: Erkek takımında görev yapan antrenörlerinin ağırlıklandırması ile kadın takımında görev yapan antrenörlerinin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

H₁: Erkek takımında görev yapan antrenörlerinin ağırlıklandırması ile kadın takımında görev yapan antrenörlerinin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark vardır.

şeklinde olur.

Bu tez çalışmasında bütünsellik yaklaşımı gereği ve en iyi çözüm ihtiyacı sebeplerinden dolayı bu ağırlıklar matematiksel modellerde kullanılmak üzere tahmin edilmektedir. Ancak, bulunan bu ağırlıklar farklı takım kurma yaklaşımlarında da kullanılabilir çünkü çok sayıda antrenörün tutarlı görüşlerinden faydalanarak elde edilmektedir.

5. bölümde yer alan uygulamada, MS_j ve YM_{yj} parametreleri voleybol spor branşı için AHS ile tahmin edilecektir. Bu parametreler, ölçekselsel olarak değişkenlik göstermeyen verilerdir. Antrenör olan kişiler ile yapılan ikili görüşmelerde ve EK-2'de sunulan ikili görüşme formu kullanılarak, ikili görüşme uygulanan katılımcılardan her bir mevkinin ve her bir mevkiye göre yeteneklerin maç sonucuna etkileri açısından ikili karşılaştırılması yaptırılmaktadırlar. Karar vericinin hızlı bir şekilde çözüm aradığı bir ortamda ve buna benzer koşullarda, karar vericiler bu önem düzeylerini kullanarak çok ölçütlü karar verme tekniklerinden olan TOPSIS, Elimination and Choice expressing reality (ELECTRE), Multicriteria Optimization and Comprimised Solution (VIKOR) gibi yöntem ve yaklaşımlar ile sonuç elde edebilirler. Bu yöntemlere ek olarak, bu tez çalışması kapsamında Sırala-Seç algoritması da önerilmiştir. Sırala-Seç algoritması temelinde, AHS ile elde edilen ağırlıklara göre en önemli mevkiden başlayarak, aday oyuncuların performanslarını ilgililenen mevki için yetenek ağırlıklarını kullanarak hesaplar ve en iyisini oyuncuyu bu mevkiye atanmasını sağlamaktadır. Bütün mevkilere oyuncu atandığında algoritma sonlanmaktadır.

Karar vericiler çok sayıda oyunculu maç öncesi takım kurma problemleri ve/veya çok sayıda mevkisi olan bir spor branşı ile ilgileniyor ve buna ek olarak, probleme yanıt verme zamanları çok kısıtlı ise aşağıda Çizelge 4.2'de sözde kodu verilen Sırala-Seç algoritmasını kullanabilirler.

Çizelge 4.2 Sırala-Seç Algoritmasının Sözde Kodu

Adım 1: Mevkiler kümesinde yer alan önem düzeyi en yüksek mevkiyi **SEÇ**.
 $M = \{j \mid j=1, 2, 3, \dots, 7\}$

Adım 2: Seçilen mevki için oyuncu kümesinden aday oyuncuların listesinin **OLUŞTUR**. "AO:Aday oyuncu kümesi"
 $O = \{i \mid i=1, 2, \dots, i\} \gg \gg \gg AO = \{s \mid s \in O \text{ ve } M_{sj} = 1\}$

Adım 3: Aday oyuncular kümesindeki oyuncuların ilgilenilen mevki için yeteneklere göre ağırlıkları kullanarak bir sonraki maç performansını **HESAPLA**.

Adım 4: En yüksek ağırlıklı performansa sahip oyuncuyu **SEÇ** ve ilgilenilen mevkiye **ATA**. Atanan oyuncuyu oyuncu kümesinden ve ilgilenilen mevkiyi mevkiler kümesinden **ÇIKAR**.

Adım 5: **EĞER** mevkiler kümesi boş ise **DUR. DEĞİL** ise Adım 1'e **GİT**.

4.2.2. Oyuncuların yeteneklere göre izleyen maçta performanslarının tahmin yöntemi

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma probleminde en önemli parametre olan oyuncuların her bir yetenek için bir sonraki maçta sergilemesi tahmin edilen performanslar, Bölüm 2.6.'da eleştirildiği gibi, geçmiş çalışmalarda dikkate alınmamış veya objektif olarak bulunmamıştır. Kaynaklarda önerilen modellerin veya yaklaşımların sonuçları bu sebepten dolayı eleştirilerek yeni modeller önerilmiştir.

Karar vericiler, teknolojik gelişmeler sayesinde oyuncuların geçmiş maçlardaki performanslarına yetenekler bazında ulaşabilmektedir. Bu veriler, her bir başarılı hareketin yapılan toplam denemelerin oranıyla elde edilmektedir [7]. Bölüm 3.1.3.'te değinildiği gibi, ilgili veriler uluslararası ve ulusal resmi spor federasyonlarınca doğruluğu sorgusuz olan bir şekilde kayıtlanmaktadır.

Oyuncuların geçmiş maçlardaki performansları işlenmemiş veriler halinde başarılı hareketler ve toplam deneme sayıları olarak tutulmaktadır. Kaynaklarda

sporcuların yeteneklerdeki performans düzeyleri, bu verilerin oranlanmasıyla elde edilmektedir [6]. Bu oranlar yüzdelik yapıda sergilenerek her bir oyuncunun maç özelinde yüz üzerinden nasıl bir performans sergilediğine ulaşılmaktadır.

Oyuncu performans tahminleri aynı zamanda diğer parametrelere kıyasla belirsizliği daha yüksek olan bir parametredir. Oyuncuların performanslarının her maç için sabit olmayacağı açıktır [9]. Karar modellerinde oyuncuların yetenek bazında üstünlük kıyaslamaları yapıldığı için bu parametrenin model sonuçlarına doğrudan etkisi bulunmaktadır. Sportif anlamda da kişilerin performansları fizyolojik ve psikolojik birçok etmenden dolayı sürekli dalgalanma gösterir.

Oyuncuların gelecek maç için yeteneklere göre performans tahminlemeleri sporcu temelinde, her bir sporcunun kayıtlanmış verilerinden hareketle farklı yöntemler birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır. Böylece sporcuya özgü en iyi tahminleme yönteminin seçilerek, yakın gelecekteki yeteneklerde göstereceği performansı bu yöntem ile tahmin edilebilir. Başka bir deyişle, tahminleme sporcu temelinde, her bir sporcunun kayıtlanmış verilerinden hareketle yakın gelecekteki performansını tahmin için farklı yöntemlerin birlikte değerlendirilip, sonrasında bu yöntemlerden tahmin hatası en düşük olan yöntemin seçilerek yapılmalıdır.

Regresyon analizi, üstel düzeltme, ortalamalar, hareketli ortalamalar gibi yöntemler kaynaklarda en çok kullanılan tahmin yöntemleridir. Bu çalışmada bahsi geçen bu yöntemler oyuncuların bir sonraki maç performans tahmini için kullanılabilir.

Bir spor branşı için bir yöntem belirlemek ve buna bağlı olarak her bir oyuncunun gelecek performansının tahminin yapılması daha az zaman alıcı bir yöntem olmasına rağmen tahminlerin hassasiyetleri önerilen modeller için büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, önerilen tahminleme süreci Şekil 4.3'te gösterildiği gibi oyuncuların yeteneklere göre geçmiş performanslarının elde edilmesi, her oyuncuya uygun tahmin yönteminin seçimi ve oyuncunun bir sonraki maç performansının tahmini şeklinde olmaktadır.

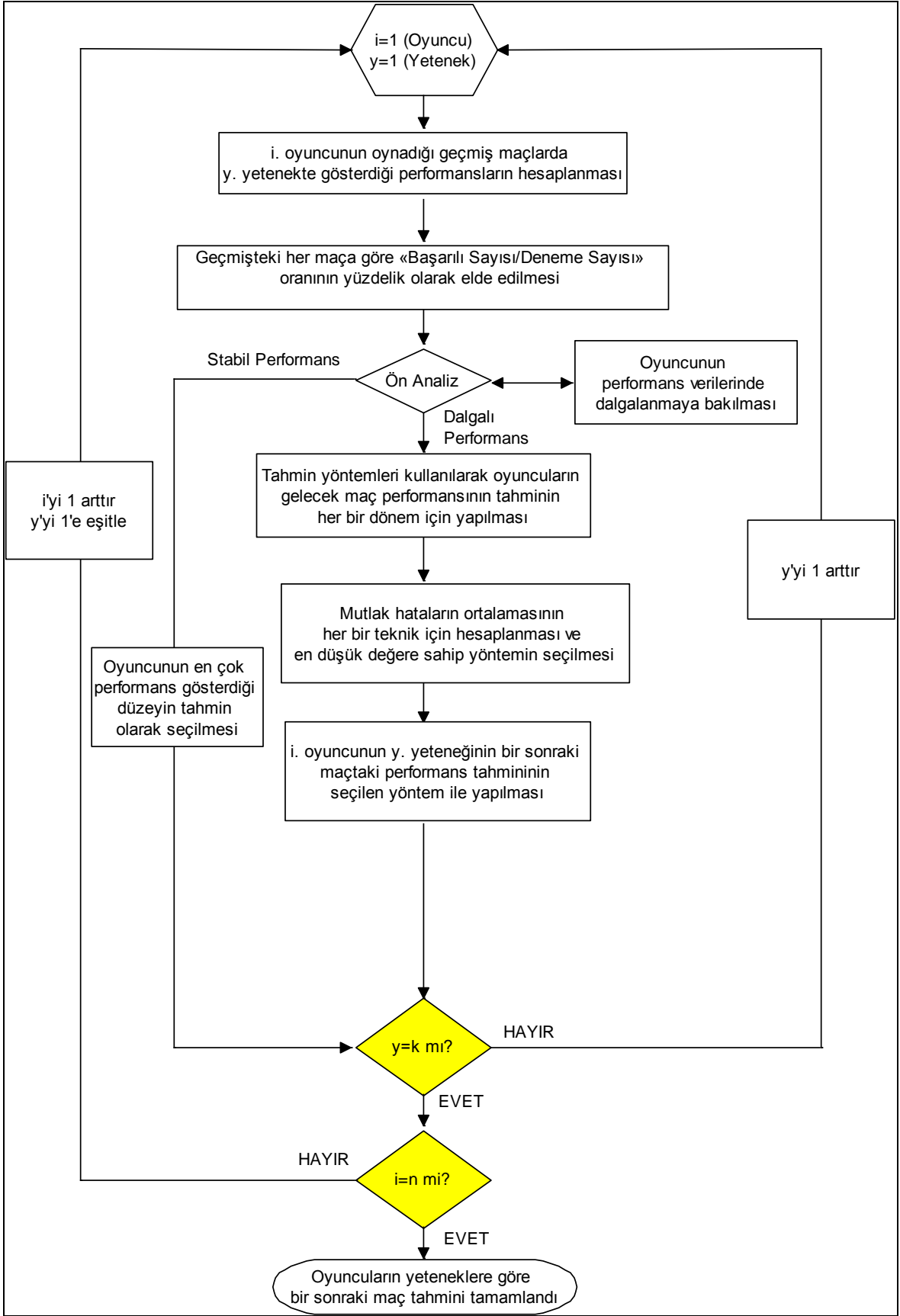
Şekil 4.3'te gösterilen oyuncuların yeteneklere göre bir sonraki maç için performanslarının tahminin iş akış şemasında 1. oyuncunun 1. yeteneğinden başlayarak, oyuncunun bu yetenekteki geçmiş maçlardaki performansları elde edilir ve yüzde değerlere dönüştürülür.

İlk olarak, oyuncunun geçmiş performans verileri ön analize tabi tutularak, sabit performans gösteren oyuncuların yetenekleri için en çok sergilenen performans değeri P_{iy} olarak kaydedilir. Ön analizde, ilk olarak, geçmiş performansların 1. çeyrek, 3. çeyrek ve ortanca değerlerinin hesaplaması yapılır. Sonrasında elde edilen bu 3 değer arasında %5 veya daha az bir fark olması durumunda oyuncunun statik bir performans gösterdiğinin belirtisi olacağı kabul edilmiştir. Ters durumda, oyuncunun performansının dalgalı seyrettiğinden bahsedilebilir.

Sonraki adım, geçmiş performanslar kullanılarak, 2'li, 3'lü ve 4'lü hareketli ortalamalar, ortalama, üstel düzeltme ($\alpha=0,2$), tek dönemli doğrusal regresyon ve eğilim doğrusal regresyon yöntemleri ile bir sonraki dönem tahminlerinin yapılmasıdır. Her bir yöntemin dönemlere göre mutlak hatalarının ortalaması alınır ve en küçük değere sahip yöntem i. oyuncunun k. yeteneğini tahminlemek için seçilir.

Bütün oyuncuların bütün yetenekleri için önceki adımlar tekrardan izlenir ve tamamlanınca durulur. Her bir oyuncunun her bir yeteneği için seçilen yöntem kullanılarak bir sonraki maç için tahminleme yapılır. Tahmin değerleri önerilen modellerde yer alan P_{iy} parametresinin her bir elemanını oluşturacak şekilde belirlenir.

Oyuncu tabanında hangi yöntemin daha iyi olduğuna ve tahmin yöntemi olarak seçileceğine karar verilirken mutlak hataların sapması veya hataların karesinin ortalaması kullanılabilir. Bu yöntemler, kaynaklarda en sık kullanılan ve işlem yükü az olan yöntemlerdir.



Şekil 4.3: Oyuncuların İzleyen Maç Performanslarının Tahminleme Süreci

4.2.3. Oyuncuların oynayabilir oldukları mevkilerin belirlenmesi

Önerilen karar modellerinde yer alan oyuncuların oynayabilir oldukları mevkiler parametresi, kaynaklarda yer alan çalışmalarda, her oyuncunun her mevkide oynayabilir varsayımında dolayı, göz önüne alınmamıştır.

Sporcuların her bir mevkide aynı şekilde performans gösteremeyeceği, mevkilerin görev ve sorumluluklarının farklı olması sebebiyle mümkün değildir [9]. Bu durumun mümkün olduğunu varsayarak modellerden elde edilen çözümlere güvenilemez.

Bölüm 3.1.7.'de bahsedildiği gibi, antrenöre, çeşitli sebeplerden dolayı, takıma ön atama imkânı da verilmesi gerekmektedir. Birden çok mevkide oynayabilir oyuncuların hangi pozisyonda daha iyi oynayacağını kıyaslamasını model mevkilere ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etkisi ağırlığını kullanarak sağlayacaktır.

Antrenörün ön atama imkânını ve oyuncuların kabiliyetlerine göre atanabilecekleri mevkiler listesini oluşturan OM_{ij} {0-1} parametresi oyuncu bilgilerine en yakın isim olan karar vericinin, yani takım antrenörünün belirlemesi gerekmektedir.

Antrenör, oyuncuların her biri için tek tek bu parametreyi hazırlamalıdır. Antrenör i . oyuncunun j . mevkide oynayabileceğini düşünüyorsa OM_{ij} parametresinin değeri bir olacaktır. Eğer ki, antrenör i . oyuncuyu j . mevkiye ön atama yapmak istiyorsa, i . oyuncu dışındaki tüm oyuncuların j . mevki için OM_{pj} ($p \neq i$) değerlerine sıfır vererek sağlayabilir.

Antrenörün sağlamak isteyebileceği başka bir ön atama ise herhangi bir oyuncunun takıma dâhil edilmemesi olabilir. Bu takdirde, oyuncular dizin kümesinin yenilenebileceği gibi, bir i . oyuncunun OM_{ij} değerlerinin tamamı sıfır değerinde alınarak antrenörün bu tutumu gerçekleştirilebilir.

4.2.4. Mevkilerin yetenekler bazında eşik değerlerinin belirlenmesi

Bölüm 3.1.6.'da sunulmuş olan eşik değerler kavramı antrenörün takımına alacağı oyunculardan mevkilerin her bir yeteneği için beklediği asgari performans düzeyleridir. Bu parametre, antrenörün stratejik oyun planına bağlı tutum ve beklentilerine göre değer alır. Bu yüzden antrenör her maç öncesinde karşı

takıma, çevresel faktörlere, stratejisine ve benzeri etmenlere bağlı olarak, mevkilerde yer alacak oyuncuların en düşük yetenek seviyelerini belirlemelidir.

Eşik değerlerin aralığı oyuncu performanslarında olduğu gibi 0 ile 100 arasında olabilmektedir. Bunun sebebi oyuncuların yetenek düzeyleri geçmişte yapılan maçlardaki performanslarının yüzdelik olarak gösterilmiş olmasıdır. Antrenör eşik değerleri belirlerken, yüzdesel olarak bir mevkinin bir yeteneğinden en düşük beklentisini düşünerek bu parametrenin verilerini oluşturmalıdır.

4.2.5. Oyuncu uyum düzeylerinin belirlenmesi ve oyuncuların istediği başlangıç takımının belirlenmesi yöntemi

Bölüm 3'te önerilen modellerde yer alan uyum ile ilgili parametreler, uyum kavramıyla ilgili yapılan geçmiş çalışmalardan yararlanılarak, oyuncular arası uyum ve takım uyumunun niceliksel olarak şekillenebilmesi için önerilmiştir.

Oyuncuların tutum ve görüşlerinden hareketle elde edilecek uyum parametreleri için ikili görüşme formu kullanılmalıdır. İkili görüşme formunun ilk bölümünde, oyuncudan kendisini de dâhil ederek bir başlangıç pozisyonu önerisi istenmektedir. Kendisinin yer aldığı ve oyunda olmak istediği diğer oyunculardan kurulu bu takım önerisi, oyuncunun antrenör koltuğuna oturup kendisinin en mutlu olacağı takımı ifade etmektedir.

İkili görüşme formunun ikinci bölümünde ise, ikili görüşme yapılan oyuncunun diğer oyuncular ile olan uyum düzeyini ölçmek için 5'li Likert ölçeği kullanılarak oluşturulmalıdır [57]. Bu ölçek, oyuncunun her bir oyuncu ile birlikte sahada olmak isteme derecesi olarak düzenlenmiş olup, sırasıyla "Hiçbir zaman=1; Nadiren=2; Bazen=3; Çoğu Zaman=4; Her Zaman=5" şeklinde olur. İzleyen bölümde böyle bir ikili görüşme formu voleybol takımı için uygulanacaktır.

Dördüncü bölümdeki açıklamalar, spor takımlarında maç öncesi takım kurma problemleriyle ilgilenen karar vericilerin önerilen modellerin parametreleri belirlemede bir yol gösterici olma niteliğindedir. Önerilen modellerin uygulaması 5. bölümde Ankara'daki bir voleybol takımı için yapılacaktır. Böylece, modellerin uygulanabilirliği, dizin kümeleri ve parametrelerinin elde edilmesi veya tahmin edilmesi yöntemleriyle birlikte gösterilecektir.

5. ÖNERİLEN YAKLAŞIMLARIN ANKARA'DA BİR VOLEYBOL KULÜBÜNDE UYGULAMASI

Bu bölümde, üçüncü bölümde geliştirilen yeni karar modellerinin Ankara'da bulunan ve Türkiye Voleybol Efeler liginde mücadele eden bir voleybol takımında uygulaması yapılmıştır. Bu spor kulübünün 2015-2016 sezonunda 16 maçı geride kalmıştır. Spor kulübünün 17. maç için kadrosunun, sahada yer alacak oyuncular ve yedekler olmak üzere, belirlenmesi uygulamada ele alınmıştır. Üçüncü bölümde önerilen modellere ait parametreler ve dizin kümeleri, bu takımın oyuncularına ve voleybol sporuna özgü değerler kullanılarak, dördüncü bölümde ele alınan kavram ve tekniklere uygun bir biçimde oluşturulmuş veya elde edilmiştir.

İzleyen alt başlıklarda, ilk olarak önerilen modellerde kullanılan temel parametreler, en uygun ve en iyi yöntem ile bulunması veya elde edilmesi yapılmıştır. Bunu izleyen alt başlıklarda, önerilen modeller bu parametreler kullanılarak çözdürülmüş ve kurulacak başlangıç takımları sunulmuştur. Daha sonrasında, modellerin çözümlerinin karşılaştırılması ve modeller ile yapılabılır çözüm sonrası analizlere yer verilmiştir. Son alt başlıkta ise, uygulamanın genel değerlendirilmesi yapılarak takım antrenörüne sağlanan katkılara değinilmiştir.

5.1. Dizin Kümeleri ve Temel Parametreler

İzleyen alt başlıklarda, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen yeni modellere ait dizin kümeleri ve parametreler bulunmuştur.

5.1.1. Dizin kümeleri

Önerilen modellerde yer alan oyuncular, mevkiler ve yetenekler dizin kümeleri Ankara'daki voleybol takımı için aşağıda açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

Oyuncular kümesi takımda yer alan ve sezonun 17. maçında oynayabilir olan oyuncularından oluşturulmuştur. Takımda sakatlığı ve cezası bulunmayan ve maç için sahada yer alabilir 14 sporcu olup, oyuncular kümesi,

$$O = \{ i \mid i=1, 2, 3, \dots, 14 \}$$

şeklindedir. Buna göre, oyuncu sayısını gösteren m , 14 değerini almıştır.

Uygulamada voleybol sporu için mevkilerin ve yeteneklerin belirlenmesi voleybol sporu el kitabından alınarak yapılmıştır [27]. Toyoda [27], voleybol sporunda yedi

mevki ve beş temel yeteneğin olduğunu belirtmiştir. Bu mevkiler pasör (P), libero (L), 1. orta oyuncu (OO1), 2. orta oyuncu (OO2), 1. köşe oyuncu (KO1), 2. köşe oyuncu (KO2) ve pasör çaprazıdır (PÇ). Buna göre mevkiler kümesi

$$M = \{ j \mid j=1, 2, 3, \dots, 7 \}$$

şeklindedir ve mevki sayısını gösteren n, 7 değerini almıştır.

Voleybol oyununda sahada 6 oyuncu yer almaktadır ancak libero oyuncu saha içinde OO1 veya OO2 ile değişerek oynadığından, voleybolda 7 mevki bulunmaktadır. Saha içinde her sayı kazanıldığında gerçekleşen rotasyon oyuncuların amatör seviyelerde her mevkide oynamasına yol açmaktadır. Fakat profesyonel liglerde servis atışından sonra her oyuncunun kendi mevkisine geçmesiyle birlikte, saha içinde her oyuncunun bir mevkiye aidiyetini oluşturmaktadır. Yukarıda belirtilen mevkiler kümesi elemanları bütün voleybol kaynaklarında kabul edilen mevkilerdir.

Spor branşına özgü temel yeteneklerin listelendiği küme ise pas, hücum, blok, servis ve servis karşılama olarak oluşmaktadır ve buna göre voleybolda yetenekler kümesi;

$$Y = \{ y \mid y=1, 2, 3, 4, 5 \}$$

şeklinde ifade edilmiştir. Böylece, yetenek sayısını ifade eden k değeri 5'tir.

Yetenekler kümesi oluşturulurken voleybol el kitabı ve kaynaklarda voleybol ile ilgili kullanılan yeteneklerin neler olduğu araştırılmıştır. Buna göre, oluşturulan kümede ölçülebilir olarak oyuncuların performans göstergeleri yukarıda belirtilen yeteneklerden oluşturulmuştur. Bununla birlikte, maç sonucunu etkileyen (oyunda sayı kazanma veya karşı takımın sayı almasını engelleyici) hareketler bunlardan ibarettir. Bu yüzden yetenekler kümesinin voleybol spor branşı için bu elemanlardan oluşması gerektiği söylenmiştir.

Voleybol takımı kurma uygulamasında dizin kümeleri, takımın oyuncu durumu ve voleybol branşının kendine özgü durumları dikkatle incelenerek oluşturulmuştur.

5.1.2. Mevkilerin ve mevkilere göre yeteneklerin önem düzeyinin tahmin edilmesi

Her bir mevkinin ve mevkilere göre her bir yeteneğin maçın sonucuna etki düzeyleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Önerilen modellerde, MS_j her bir mevkinin maç sonucuna etkisi ve YM_{yj} her mevkiye göre yeteneğin maç sonucuna etki parametreleridir. Modellerde gerekli olan bu parametreler 4. bölümde değinildiği gibi AHS ile tahmin edilmiştir.

AHS için gerekli olan ikili karşılaştırmalar, Türkiye Voleybol Federasyon'unun voleybol takımı antrenörlük belgesi verdiği kişilere yaptırılmıştır. Bu görüşmeler sırasında kişilerin AHS'nin ikili karşılaştırmalar mantığının iyi bir şekilde izah edildiğinden ve anlaşıldığından da emin olunmuştur. Bu surette, EK 2'de yer alan voleybol sporu için düzenlenmiş ikili görüşme formunda yer alan sorular belirlenmiş antrenörlere yöneltilerek görüşleri alınmıştır.

İkili görüşme formu ne kadar fazla sayıda antrenöre uygulanır ise, bu ilgili parametreleri güvenilirlik derecesi de o düzeyde artacaktır. İkili görüşme formları voleybol sporunda antrenör olan 20 kişiye uygulanmıştır. Bu kişilerin 12'si erkek voleybol takımında ve 8'i kadın voleybol takımında antrenör olarak görev yapmaktadır. Bu ikili görüşmelerin sonuçları EK 3'te sunulmuştur.

Kadın ve erkek voleybol sporunda mevki ve yeteneklerin önem düzeylerinin belirlenmesi için uygulanan görüşme formlarının sonuçlarıyla elde edilen ağırlıkların aralarında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla Mann-Whitney parametrik olmayan testi ile bu iki örneklemin aynı dağılımdan gelip gelmediği araştırılmıştır. Bu testte;

H_0 : Erkek voleybol takımında görev yapan antrenörlerin ağırlıklandırması ile kadın voleybol takımında görev yapan antrenörlerin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : Erkek voleybol takımında görev yapan antrenörlerin ağırlıklandırması ile kadın voleybol takımında görev yapan antrenörlerin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark vardır.

şeklinde olur.

Minitab 13.0.0.0 ile elde edilen her bir yeteneğin p değeri aşağıda Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Mann Whitney Testinin p Değerleri

Parametre/Yetenekler	Servis	Blok	Pas	Hücum	Servis K
p (Asymp. Sig. 2-tailed)	0,953	0,639	0,953	0,598	0,159

Testin sonuçlarına göre, p değerleri 0,05’ten büyük oldukları için %95’lik güvenle erkek voleybol takımı antrenörleri ile kadın voleybol takımı antrenörlerinin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark yoktur hipotezi reddedilemez.

Yapılan bu teste göre erkek voleybol takımı antrenörlerinin mevki ve yetenek ağırlıklandırmaları kadın voleybol takımı antrenörlerinin ağırlıklandırmaları arasında anlamlı bir fark yoktur. Böylece voleybol sporu için yapılan bu uygulamada ikili görüşme yapılan 20 antrenörün de ağırlıkları kullanılabilir.

EK-3’te sunulan ağırlıklandırma sonuçlarında, antrenörler tutarlı ikili karşılaştırmalar yaptılar ise yeşil renk, tutarsız ikili karşılaştırmalar yaptılar ise kırmızı renk ile işaretlenmiştir. Antrenör görüşlerinin, tutarsız oldukları mevki ağırlıkları ya da yetenek ağırlıkları, modellerde yer alan MS_j ve YM_{yj} parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmamıştır.

Mevkilerin ikili karşılaştırmasında tutarlı olan antrenörlerin ağırlıklarının geometrik ortalaması alınarak ve toplamı 1 olacak şekilde normalize edilerek, aşağıda verilen Çizelge 5.2 düzenlenmiştir. Buna göre, MS_j parametresinin değerleri her bir mevki (j) için Çizelge 5.2’deki değerlerden oluşmuştur.

Çizelge 5.2 Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bulunan Mevkilerin Ağırlıkları (MS_j)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ	Toplam
Ağırlıklar	0,26	0,07	0,12	0,12	0,13	0,13	0,18	1,00

Tutarlı görüş bildiren antrenörlerin ağırlıklarının geometrik ortalaması ile MS_j parametresinin tahmini yapılmış olmaktadır. Bu tahminlemeye göre, voleybol takımı kurma problemlerinde en yüksek önem düzeyine sahip mevki pasör ve en düşük önem düzeyine sahip mevki ise libero mevki olmaktadır.

Mevkilere göre her bir yeteneğin ikili karşılaştırmasında tutarlı olan antrenörlerin ağırlıklarının geometrik ortalaması alınarak ve toplamı 1 olacak şekilde normalize edilerek, aşağıda verilen Çizelge 5.3 düzenlenmiştir. Buna göre, YM_{yj} parametresinin değerleri her bir mevki (j) ve her bir yetenek (y) için Çizelge 5.3'teki değerlerden oluşmuştur.

Çizelge 5.3 Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bulunan Mevkilere göre Yeteneklerin Ağırlıkları (YM_{yj})

Mevki/Yetenek	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Servis	0,21	0,00	0,27	0,27	0,21	0,21	0,27
Servis K.	0,00	1,00	0,00	0,00	0,44	0,44	0,00
Blok	0,16	0,00	0,54	0,54	0,12	0,12	0,22
Hücum	0,00	0,00	0,18	0,18	0,22	0,22	0,51
Pas	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

NOT: Her bir mevkinin en önemli yeteneğini ve önem düzeyi değerini göstermektedir.

Her bir mevkiye göre yeteneklerin ağırlıklarının tahmin sonuçları voleybol sporunda pasör mevki için pas, libero mevki için servis karşılama, orta oyuncu 1 ve orta oyuncu 2 mevki için blok, köşe oyuncu 1 ve köşe oyuncu 2 mevki için servis karşılama ve pasör çaprazı mevki için hücum yetenekleri en yüksek önem düzeyine sahip yetenekler olduğunu göstermektedir. Çizelge 5.3'te görüldüğü üzere, servis hariç bütün yeteneklerin her biri için bir mevki yüksek sorumluluk almaktadır. Servis yeteneğinde bu durumun farklı oluşunun sebebi libero haricindeki tüm mevkilerin bu yeteneği sergiliyor oluşudur. Çizelge 5.3'te beklenene ters düşen aksi bir durum yoktur. Toyoda [27]'nin el kitabında her bir mevkilin en yüksek görev aldığı yetenekler ile her bir mevki için en yüksek önem düzeyine sahip yetenek çiftleri de uyum sağlamaktadır.

5.1.3. Oyuncuların bir sonraki maç için performans tahmini

Oyuncuların gelecek maç için yeteneklere göre performans tahminleri Bölüm 3'te önerilen matematiksel modellerde yer alan P_{iy} parametresini oluşturmaktadır. P_{iy} , i. oyuncunun y. yetenekte izleyen maçtaki performansdır. Bölüm 4.2.2.'de sunulan Şekil 4.2'deki süreç takımında yer alan 14 oyuncu için uygulanarak, oyuncuların 17.

maçta yeteneklere göre göstermesi tahmin edilen performanslarının tahmini bu alt başlıkta yapılmıştır.

Oyuncuların yeteneklere göre geçmiş performansları Türkiye Voleybol Federasyonu bilgi bankasından alınmıştır. Oyuncuların oyuna girmedikleri maçlarda gösterdikleri performanslar 0 değerini almaktadır. Oyuncuların oynamadıkları maçlardaki performanslara bağlı tahminler yapılması oyuncunun bir sonraki maçtaki performans tahminini gerçekçilikten uzaklaştıracağından, oyuncuların oynamadıkları maçlar tahminleme sürecine dâhil edilmemiştir.

Türkiye Voleybol Federasyon'undan alınan veriler hali hazırda başarılı denemelerin bütün denemelere oranı şeklindedir. Her bir oyuncu için geçmişte oynadıkları maçlar için yeteneklere göre performansları EK-5'te verilmiştir. Ek-5'te sunulan bu veriler bir sonraki maç performansının tahmin edicileri olarak kullanılmışlardır. Ancak, bu noktada oyuncuların pas yeteneklerinin Türkiye Voleybol Federasyonu bilgi sisteminde kayıt altına alınmadığı gözlenmiştir. Bunun sebebi maç içerisinde her oyuncunun bütün paslarını kayıt etmek ve bunların başarılı veya başarısız olduğunu gözlemlemek maç içerisinde zamanın kısıtlı olduğundan dolayı mümkün değildir. İstatistiksel verileri kayıt altına alan görevliler pas yeteneğinin sadece pasörler tarafından uygulanmasından dolayı onların pas verimliliğini kayıtlamışlardır.

Elde edilen oyuncu verileri ilk olarak ön analize tabi tutulmuş ve oyuncunun performansı değişken değil ise geçmiş performanslarında en çok gösterdiği performans bir sonraki maçta göstereceği performans değeri olarak alınmıştır. Ön analizde oyuncunun geçmiş performanslarındaki ortalama, ortanca, tepe değer, 1. ve 3. çeyrek değerler arasında %5'lik bir fark yok ise oyuncunun performansının sabit olduğu kabul edilmiştir.

Ön analiz sonucunda, oyuncunun performansı sabit değil ise, sırasıyla ikili hareketli ortalama, üçlü hareketli ortalama, geçmiş tüm dönemlerin ortalaması, üstel düzeltme, bir önceki dönem ile bulunulan dönem arasındaki doğrusal bağlantı ve eğilim eğrisi doğrusal regresyonu yöntemleri ile dönemsel tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler ve gerçekleşen değerlerin aralarındaki standart hatalarda (tahmin ile gerçekleşen değer uzaklığı) 1. oyuncunun blok yeteneği için EK-6'da sunulmuştur. Bunun yanı sıra, EK 6'da her yöntemin mutlak hataların ortalama

sapması (Mean Absolute Deviation) ve hangi yöntemin seçilmesi gerektiği de bu oyuncu için belirtilmiştir. Buna ek olarak, seçilen yöntem vasıtasıyla elde edilen bir sonraki maç için oyuncunun yeteneklere göre performans tahmini de belirtilmiştir.

Oyuncuların bir sonraki maç tahminleri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Ancak, pas yeteneği pasör mevkisinde oynayabilir oyuncular için pasör verimliliği değeri Türkiye Voleybol Federasyonu tarafından geçmiş maçların hepsi göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Pasör verimliliği istatikselsel verisi bu yetenek ile ilgili elde edilebilir başka bir bilgi olmayışı sebebiyle pasör mevkisinde oynayabilir olan 2. oyuncu ve 14. oyuncu için doğrudan verilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 5.4 Oyuncuların Yeteneklere göre Bir Sonraki Maçta Göstermesi Tahmin Edilen Performanslar (Başarılı Denemeler X 100 /Bütün Denemeler) (P_{iy})

Oyuncular/Mevkiler	Servis				
	Servis	Karşılama	Blok	Hücum	Pas
1. Oyuncu	50,00	0,00	28,41	41,30	0,00
2. Oyuncu	50,00	0,00	0,00	61,18	42,80
3. Oyuncu	0,00	58,21	0,00	0,00	0,00
4. Oyuncu	51,13	0,00	0,00	73,54	0,00
5. Oyuncu	30,99	42,95	27,50	65,72	0,00
6. Oyuncu	35,40	50,25	37,09	63,22	0,00
7. Oyuncu	44,50	26,86	43,16	76,54	0,00
8. Oyuncu	41,23	0,00	33,00	54,50	0,00
9. Oyuncu	45,68	62,14	32,48	64,09	0,00
10. Oyuncu	39,28	0,00	52,79	80,05	0,00
11. Oyuncu	50,00	0,00	55,30	74,23	0,00
12. Oyuncu	0,00	0,00	0,00	14,03	0,00
13. Oyuncu	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00
14. Oyuncu	47,39	0,00	18,23	49,48	48,00

NOT: Her bir yetenekte beklenen performansı en yüksek olan oyuncuyu ve değerini göstermektedir.

Çizelge 5.4'e göre birinci oyuncunun servis yeteneğinde göstermesi tahmin edilen performans bu yeteneği her iki defa sergileyişinin birinde başarılı olması yönündedir. Aynı oyuncu servis karşılama yeteneğinde ise sekiz hareketinden birinde pozitif etki yaratacağı yönündedir. Öte yandan pas yeteneğinde bu

oyuncunun hiçbir hareketinde maç skoruna etkide bulunmayacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 5.4'e göre ligin 17. maçında servis yeteneğinde 4. oyuncu, servis karşılama yeteneğinde 9. oyuncu, blok yeteneğinde 11. oyuncu, hücum yeteneğinde 10. oyuncu ve pas yeteneğinde 14. oyuncunun en yüksek performansları göstereceği tahmin edilmektedir.

5.1.4. Oyuncuların oynayabilecekleri mevkiler

Takım antrenörünü ile 17. maçta oyuncuların oynayabilecekleri mevkilerin belirlenmesi için görüşülmüştür. Bu görüşme sonucunda aşağıda verilen Çizelge 5.5 her bir oyuncunun oynayabileceği mevkiler OM_{ij} parametresinde olduğu gibi 1 değeri, diğer durumlarda 0 değeri verilerek oluşturulmuştur. Takım antrenörü bu maç özelinde ön atama yapmak istememiştir.

Çizelge 5.5 Takım Oyuncularının Oynayabileceği Mevkiler (OM_{ij})

Oyuncular/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
1. Oyuncu	0	0	1	1	0	0	0
2. Oyuncu	1	0	0	0	0	0	0
3. Oyuncu	0	1	0	0	0	0	0
4. Oyuncu	0	0	1	1	0	0	0
5. Oyuncu	0	0	0	0	1	1	1
6. Oyuncu	0	0	0	0	1	1	0
7. Oyuncu	0	0	1	1	0	0	0
8. Oyuncu	0	0	0	0	0	0	1
9. Oyuncu	0	0	0	0	1	1	0
10. Oyuncu	0	0	1	1	0	0	1
11. Oyuncu	0	0	1	1	0	0	0
12. Oyuncu	0	0	0	0	1	1	1
13. Oyuncu	0	1	0	0	0	0	0
14. Oyuncu	1	0	0	0	0	0	0

5.1.5. Eşik değerler

Maç öncesinde takım antrenörü ile yapılan görüşmede, her bir mevkinin yeteneklere göre eşik değerleri olan ED_{ij} 'ler için antrenörden bir çizelge doldurması istenmiştir. Bu değerler, oyuncuların bir sonraki maç için performanslarının yeteneklere göre tahmininde olduğu gibi 0 ile 100 arasındadır. Buna göre, antrenörün mevkilere göre arzuladığı beklentileri Çizelge 5.6'da verildiği gibidir.

Çizelge 5.6 Antrenörün 17. Maç için Mevkilerin Yeteneklerine göre Eşik Değerleri (Normal Beklentiler) (ED_{ij})

Yetenekler/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Servis	35	0	20	20	20	20	20
Servis K.	0	10	0	0	20	20	0
Blok	10	0	20	20	20	20	20
Hücum	0	0	25	25	20	20	40
Pas	40	0	0	0	0	0	0

Performans temelli model, antrenörün çok yüksek arzuladığı beklentileri olması durumunda çözümsüzlük sonucunu geri döndüreceğinin gösterilmesi amacıyla antrenörden beklentilerini yükseltmesi istenmiştir. Buna göre, takım antrenörü normal beklentilerinin üzerinde yüksek beklentili eşik değerler çizelgesini de oluşturmuştur ve bu eşik değerler Çizelge 5.7' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Antrenörün 17. Maç için Mevkilerin Yeteneklerine göre Eşik Değerleri (Yükseltilmiş Beklentiler) (ED_{ij})

Yetenekler/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Servis	40	0	30	30	30	30	30
Servis K.	0	30	0	0	30	30	0
Blok	25	0	30	30	30	30	30
Hücum	0	0	35	35	30	30	50
Pas	50	0	0	0	0	0	0

İki çizelgedeki değerler iki farklı veri kümesi olarak ele alınmıştır. Böylelikle, normal beklentiler ve yüksek beklentiler için matematiksel modeller her bir eşik değerler veri kümesi için iki defa çözdürülmüştür.

5.1.6. Oyuncu uyum parametreleri

Üçüncü bölümde önerilen Model 3 ve Model 4'ün parametrelerinden olan OU_{ip} ve TU_{ipj} bu alt başlıkta elde edilmiştir. Bölüm 4.2.5.'te bahsedildiği gibi oyuncuların birbiri ile uyum düzeyleri ve her bir oyuncunun sahada olmasını istediği takım EK-4'teki ikili görüşme formunun her bir oyuncuya doldurtulması ile yapılarak bulunmuştur. OU_{ip} i. oyuncunun p. oyuncu ile uyumunu ve TU_{ipj} , i. oyuncunun p. oyuncuyu j. mevkide oynamasını isteyip istemediğini OU_{ip} i. oyuncunun p. oyuncu ile uyumunu göstermektedir.

EK-4'teki ikili görüşme formlarının ilk bölümünün, oyuncuların değerlendirmelerine göre sonuçları, aşağıdaki Çizelge 5.8 verilmiştir. Bu çizelgede, her bir oyuncunun diğer oyuncular ile uyum düzeyi yer almakta ve en uyumlu olduğu oyuncular "5" değeri ile, en uyumsuz olduğu oyuncular ise "1" değeri ile gösterilmiştir. Oyuncunun kendisi ile olan uyum düzeyi olmayacağı için çizelgenin köşegeni 0 değerlerini almaktadır.

Çizelge 5.8 Her Bir Oyuncunun Birbiri ile Uyum Düzeyi (OU_{ip})

Oyuncular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	2	4	4	5	1	5	3	5	2	3	4	5	5
2	1	0	3	1	3	5	3	5	5	5	3	1	3	1
3	5	2	0	5	5	3	5	2	3	3	5	5	5	5
4	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	3	5	5	0	4	5	1	5	4	5	5	5	5
6	1	5	1	1	1	0	4	5	5	5	3	5	5	3
7	3	1	5	4	5	1	0	1	1	1	5	5	4	5
8	5	4	4	5	5	4	4	0	5	5	5	4	5	5
9	2	5	4	5	4	5	5	5	0	5	2	2	5	4
10	1	5	3	2	4	4	5	1	5	0	1	3	4	2
11	1	2	4	1	5	3	1	3	3	3	0	5	5	5
12	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	0	4	5
13	5	4	1	5	5	4	5	4	4	4	5	5	0	5
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0

Oyuncuların birbiri ile uyum düzeyine ek olarak EK-4'te yer alan ikili görüşme formu sonucunda, oyuncuların sahada kendileri dâhil olarak yer almak istedikleri takım da bulunmuştur. Yapılan ikili görüşmelerin sahada yer almasını istedikleri oyuncular aşağıda yer alan Çizelge 5.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Her Bir Oyuncunun Sahada Birlikte Yer Almak İstedığı Takım

Oyuncular/Mevkiler	P	L	OO1-OO2	KO1-KO2	PÇ
1. Oyuncu	14	13	1-7	5-9	8
2. Oyuncu	2	3	7-10	6-9	5
3. Oyuncu	14	3	7-11	6-9	5
4. Oyuncu	14	3	4-7	6-9	5
5. Oyuncu	14	3	7-11	5-9	10
6. Oyuncu	2	13	7-11	6-9	10
7. Oyuncu	14	3	7-11	5-9	12
8. Oyuncu	14	13	7-10	6-9	8
9. Oyuncu	2	13	7-10	6-9	8
10. Oyuncu	2	3	4-7	6-9	10
11. Oyuncu	14	13	7-11	5-9	8
12. Oyuncu	14	3	4-7	5-9	12
13. Oyuncu	14	13	4-7	5-9	8
14. Oyuncu	14	3	7-10	6-9	8

Çizelge 5.9'da verilen her bir oyuncunun takım antrenörü rolünde gibi davranarak, sahaya sürmek istediği ve kendini de dâhil ettiği takımlar yer almaktadır.

5.2. Modellerin Çözümünde Kullanılan Yazılım ve Donanım

Önerilen modeller, Intel (R) Core (TM) i7-3537U CPU @2.00 GHz-2.50 GHz işlemcili 8,00 GB yüklü bellekli 64 bit işletim sistemli bir dizüstü bilgisayarda çözülmüştür. Bu bilgisayarın özellikleri standart bir ev bilgisayarında bulunabilir.

Çözdürücü program olarak CPLEX Studio sürüm 12.6.0.0 kullanılmıştır. Bu paket program, firmanın web sitesinde erişime açık halde bulunmaktadır ve kolayca indirilebilmektedir.

5.3. Performans Temelli Modelin Çözümü (Model 1'in Çözümü)

Bölüm 3.3.'te spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların mevki ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etki açısından ağırlıklı performanslarını en büyükmektedir. Performans temelli doğrusal karar modelinin uygulaması Bölüm

5.1.'de bulunan parametreler, antrenörün normal ve yüksek beklentili eşik değerleri kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine göre çözülen Model 1'in çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.10'daki gibidir. Çizelge 5.10, mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 5.10 Performans Temelli Modelin Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	11	6	9	10
Amaç fonksiyonu değeri: 52.70 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 1'in çözümü 0,11 saniye de elde edilmiştir. Çizelge 5.10'da görüldüğü üzere, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 7. ve 11. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 9. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 10. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri 52.70'tir ve 100 üzerinden olan oyuncu performanslarına göre 17. maç öncesinde kurulabilecek en iyi takımdır.

Antrenörün yüksek beklentilerine göre performans temelli modelin çıktıları bulunamamaktadır. Bunun sebebi, mevkilere göre yeteneklerde istenen yüksek beklentili eşik değerlerin takımda yer alan oyuncu performanslarından daha büyük olmasıdır. Antrenörün belirlediği eşik değerlerin oyuncu performanslarından yüksek olması durumunda karar modeli çözümsüzdür.

5.4. Hedef Programlama Modellerinin Çözümü (Model 2'nin Çözümü)

Bu alt başlıkta, Bölüm 3.4.'te önerilen hedef programlama modellerinin Bölüm 5.1.'de uygulama için elde edilen parametreler ile çözümlerine yer verilmiştir. İzleyen alt başlıklarda, önerilen her bir amaç fonksiyonu için hedef programlama modellerinin çözümleri bulunmuştur.

5.4.1. Model 2.a'nın çözümü

Bölüm 3.4.1'de spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların yeteneklerinin antrenörün beklediği asgari performanslara olan ağırlıklı negatif sapmaların toplamlarını en küçüklemektedir. Bu modelin uygulaması, Bölüm 5.1.'de bulunan parametreler, antrenörün normal ve yüksek beklentili eşik değerleri kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine göre Model 2a'nın çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.11'deki gibidir. Çizelge 5.10, mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.11 Model 2a Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	10	7	6	5	8
Amaç fonksiyonu: 0 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2a'nın çözümleri 0,13 saniye de elde edilmiştir. Çizelge 5.11'de belirtildiği üzere, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 7. ve 10. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 5. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 8. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri 0'dır ve bunun sebebi, amaç fonksiyonunda eşik değerlerden olan negatif sapmaların yer alması ve oyuncuların 17. maç tahmin edilen performanslarının hiçbirinin eşik değerlerin altında seyir etmemesinden kaynaklanmıştır.

Antrenörün yüksek beklentilerine göre Model 2a'nın çıktıları Çizelge 5.12'de verilmiştir. Çizelge 5.12, mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 5.12 Model 2a Çıktısı (Yüksek Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	10	7	6	9	8
Amaç fonksiyonu: 0,61 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2a'nın çözümleri 0,05 saniye de elde edilmiştir. Çizelge 5.12'de gösterildiği üzere, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 10. ve 7. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 9. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 8. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu 0,61 değerindedir. Bu sonuç göstermektedir ki, antrenörün yüksek beklentilerinden 100 üzerinden 0,61'lik bir sapmaya sahip bir takım oluşturulmuştur.

5.4.2. Model 2b'nin çözümü

Bölüm 3.4.2'de spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların yeteneklerinin antrenörün asgari beklentilerine olan negatif sapmalarının mevki ağırlığının önceliğine göre en küçükleme. Bu doğrusal karar modelinin uygulaması Bölüm 5.1.'de bulunan parametreler kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine göre Model 2b'nin çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.13'de verildiği gibidir. Çizelge 5.13, mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.13 Model 2b Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	1	6	5	10
Amaç fonksiyonu: 0 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2a'nın çözümleri 0,06 saniyede elde edilmiştir. Çizelge 5.13'te sunulan çözüme göre, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta

oyuncu mevkilerine 7. ve 1. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 5. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 10. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri her bir mevki için çözdürüldüğünde sıfır değerindedir ve bunun sebebi, amaç fonksiyonunda eşik değerlerden olan negatif sapmaların yer alması ve oyuncuların 17. maç için tahmin edilen performanslarının hiçbirinin eşik değerlerin altında seyir etmemesinden kaynaklanmıştır.

Antrenörün yüksek beklentilerine göre Model 2b'nin çıktıları Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.14 Model 2b Çıktısı (Yüksek Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	11	7	6	9	10
Amaç fonksiyonu: 1. Mevkiye göre= 0,61 ve diğer mevkilere göre 0'dır. (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2a'nın çözümleri toplamda 0,10 saniye de elde edilmiştir. Bu çözüme göre, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 11. ve 7. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 9. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 10. oyuncu atanmalıdır.

5.4.3. Model 2c'nin çözümü

Bölüm 3.4.3'de spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların yeteneklerinin antrenörün asgari beklentilerine olan ağırlıklı negatif sapmaların en büyüğünü en küçüklemektedir. Bu modelin uygulaması, Bölüm 5.1.'de bulunan parametreler kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine Model 2c'nin çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.15'teki gibidir. Çizelge 5.15 mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 5.15 Model 2c Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	1	6	5	8
Amaç fonksiyonu: 0 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2c'nin çözümleri 0,13 saniye de elde edilmiştir. Bu çözüme göre, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 7. ve 1. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 5. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 8. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri 0'dır ve bunun sebebi, amaç fonksiyonunda eşik değerlerden olan negatif sapmaların yer alması ve oyuncuların 17. maç için tahmin edilen performanslarının hiçbirinin eşik değerlerin altında seyir etmemesinden kaynaklanmıştır.

Antrenörün yüksek beklentilerine göre Model 2c'nin çıktıları Çizelge 5.16'da verilmiştir:

Çizelge 5.16 Model 2c Çıktısı (Yüksek Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	1	7	5	6	8
Amaç fonksiyonu: 0,33 (Başarılı Deneme X 100 / Bütün Denemeler)							

Model 2c'nin çözümleri 0,06 saniye de elde edilmiştir. Çizelge 5.16'da verildiği üzere, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 1. ve 7. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 5. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 8. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri 0,33'dür ve buna göre yeteneklerden her bir atanan oyuncu için en büyük sapma yüz üzerinden bu değerdedir.

5.5. Takım Uyumu Modelinin Çözümü (Model 3'ün Çözümü)

Bölüm 3.5.'te spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların birbiri ile uyumu ve mevkisel atamalardan duyduğu memnuniyet düzeylerinin toplamını en büyükmektedir. Bu modelin uygulaması, Bölüm 5.1.'de bulunan parametreler ve antrenörün normal beklentileri kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine göre Model 3'ün çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.17'de gösterilmiştir. Çizelge 5.17, mevkilere atanan oyuncuları gösterecek şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.17 Model 3 Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	10	6	9	8
Amaç fonksiyonu: 82.84/130							

Model 3'ün çözümleri 0,22 saniye de elde edilmiştir. Çizelge 5.17'ye göre, pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncu mevkilerine 11. ve 7. oyuncu, köşe oyuncularını mevkilerine 6. ve 9. oyuncu ve pasör çaprazı mevkisine 8. oyuncu atanmalıdır. Amaç fonksiyonu değeri bu uygulama için 130 üzerinden 82,84'tür. Kurulan bu takım, oyunda olan oyuncuların en uyumlu ve en memnun olacağı takımdır. Amaç fonksiyonu değerinin birimi yoktur çünkü oyuncuların bir biri ile uyumundan (1-5 tamsayı ölçeği) ve oyuncuların sahada yer almak isteyeceği diğer oyuncular (0-1 tamsayı ölçeği) değerlerine göre hesaplanmaktadır.

5.6. Çok Ölçütlü Modelin Çözümü (Model 4'ün Çözümü)

Bölüm 3.6.'da spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen çok ölçütlü doğrusal karar modeli, takıma alınan oyuncuların birbiri ile uyumu ve mevkisel atamalardan duyduğu memnuniyet düzeylerinin toplamını ve atanan oyuncuların ağırlıklı performanslarını en büyükmektedir. Bu modelin uygulaması,

Bölüm 5.1.'de bulunan parametreler ve antrenörün normal beklentileri kullanılarak bu alt başlıkta yapılmıştır.

Antrenörün normal beklentilerine göre Model 4'ün çıktıları aşağıda verilen Çizelge 5.18'deki gibidir. Çizelge 5.18, mevkilere atanan oyuncularını gösterecek şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.18 Model 4 Çıktısı (Normal Beklentiler)

Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ	Model 1 Amaç Fonksiyonu	Model 3 Amaç Fonksiyonu
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	10	6	9	8	49,28	82,84
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	11	7	6	9	8	49,66	82,69
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	7	11	9	6	5	49,98	81,33
Atanan Oyuncu Numarası	14	3	11	7	9	6	10	52,70	78,50

Çizelge 5.18'de gösterilen ilk çözüm sadece Model 3'ün amaç fonksiyonuna göre elde edilen çözümdür ve dolayısıyla, Çizelge 5.17'de yer alan çözüm ile aynıdır. Bulunan ilk çözümdeki atamalara göre Model 1'in amaç fonksiyonunun değeri hesaplanmış ve 49,28 olarak bulunmuştur.

İlk çözümün amaç fonksiyonları modele kısıt olarak eklenerek ($f_3 < 82,84$ ve $f_1 > 49,28$), Model 3'ün amaç fonksiyonunu en büyükleyen ikinci çözüm ve aynı süreç tekrarlanarak çözümsüzlük noktasına gidilmiştir. Son elde edilen çözüm, Çizelge 5.10'da gösterilen Model 1'in amaç fonksiyonunun en büyüklendiği birinci model ile aynı çözümdür.

Yukarıda verilen çözüm karar vericiye sunulurken, hangi takım ile sahaya çıkmak istediği kararı kendisine bırakılmıştır. İlk çözüm en uyumlu takım iken, son çözüm en iyi performansa sahip takımdır. Aradaki çözüm noktaları pareto-optimal çözüm noktalarıdır.

5.7. Model Çözümlerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Bu alt başlıkta, üçüncü bölümde önerilen modellerin Ankara'daki voleybol takımı için elde edilen çözümlerinin birlikte değerlendirilmesi yapılmış ve bu modellerin çözüm sonrası analizlerine yer verilmiştir.

Aşağıda yer alan Çizelge 5.19'da ve Çizelge 5.20'de, sırasıyla antrenörün normal ve yüksek beklentileri için önerilen bütün modellerin çıktıları sunulmuştur:

Çizelge 5.19 Modellerin sonuçlarının bir arada gösterilmesi (Normal Beklentiler)

Modeller/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
M1 (N)	14	3	7	11	6	9	10
M2a (N)	14	3	10	7	6	5	8
M2b (N)	14	3	7	1	6	5	10
M2c (N)	14	3	7	1	6	5	8
M3 (N)	14	3	7	10	6	9	8
M4 (N)	14	3	7	10	6	9	8
	14	3	11	7	6	9	8
	14	3	7	11	9	6	5
	14	3	11	7	9	6	10

Çizelge 5.20 Modellerin sonuçlarının bir arada gösterilmesi (Yüksek Beklentiler)

Modeller/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
M1 (Y)	Çözümsüz						
M2a (Y)	14	3	10	7	6	9	8
M2b (Y)	14	3	11	7	6	9	10
M2c (Y)	14	3	1	7	5	6	8
M3 (Y)	Çözümsüz						
M4 (Y)	Çözümsüz						

Çizelge 5.19'da rahatlıkla gözlenebileceği gibi pasör mevkisine 14. oyuncu, libero mevkisine 3. oyuncu, orta oyuncular mevkilerinden birine 7. oyuncu ve köşe

oyuncular mevkilerinden birine 6. oyuncu mutlaka atanmaktadır. Bu sonuç göstermektedir ki, önerilen modellere göre belirtilen bu oyuncular mevkilerinde diğer oyunculardan üstündür ve takımda yer almalıdırlar. Bu oyuncuların dışında modellerin çıktılarında mevkilerde değişkenlikler vardır. Örneğin, diğer orta oyuncu ataması 1., 10. ve 11. oyuncudan birisi şeklinde olur iken, diğer köşe oyuncu mevkisi 5. ve 9. oyuncudan birisi şeklindedir. Pasör Çaprazı mevkisinde ise, 5., 8. ve 10. oyuncudan birisi atanmaktadır.

Çizelge 5.19'u ve Çizelge 5.5'i inceleyerek, sonuçları değerlendirmek gerekirse; ilk olarak pasör mevkisinde oynayabilir iki oyuncu bulunmaktadır. Bunlar 2. ve 14. oyunculardır ve bu oyuncuların bir sonraki maç için performans tahminleri incelenirse pasör mevkisi için AHP sonuçlarına göre en önemli yetenek olan pas yeteneğinde 14. oyuncunun bariz bir üstünlüğü olduğu görülmektedir. Aynı şekilde libero mevkisi için de 3. ve 13. Oyuncular atanabilmektedir. Bu oyunculardan 3. oyuncu 13. oyuncuya göre libero mevkisi için gerekli olan servis karşılama yeteneğinde çok üstündür.

Modellerin çözüm süreleri kıyaslanırsa hepsinin 1 saniyenin altında çözümler elde ettiği ve bir birlerine çok yakın sürelerde olduğu görülmektedir. 14 oyuncudan 7'sinin seçilerek oluşturulan takımda karar modellerinin çok hızlı sürede yanıt verdiği söz edilebilir. Bu sebepten dolayı, karar vericinin sırala-seç algoritmasına ihtiyacı bulunmamaktadır.

Sonuçların elde edilmesi ile birlikte, takım antrenörüne çeşitli boyutlarda katkılar sağlanmıştır. En bariz katkı, bu kadar çok sayıda veri içeren karar probleminde antrenöre takımın kurulmasında destek verilmektedir. Bu destek verilmez ise, Bölüm 5.1.'de elde edilen verileri takım antrenörü sezgilerine ve tecrübelerine dayanarak harmanlamakta ve atamaları kendi başına yapmaktadır.

Karar vermedeki katkıya ek olarak, modellerden elde edilen birden fazla sonuçtan yola çıkarak takım antrenörü maç esnasında yapabileceği olası değişiklikleri de gözlemleyebilir. Örneğin köşe oyuncuları mevkisine 6. ve 9. oyuncunun oynamasına karar verdi ise maç esnasında köşe oyuncularından birinin tahmin edilen performansının altında performans göstermesi durumunda 5. Oyuncunun iyi bir alternatif olacağı model sonuçlarında görülmektedir.

Bütünsellik yaklaşımından yola çıkılarak önerilen ve problemin bütün boyutlarını karar sürecine dahil eden çok ölçütlü model (Model 4) çıktıları normal beklentiler için 4 farklı takım oluşturmuştur. Bu takımlar, pareto optimal sonuçlardır ve takım antrenörü en uyumlu takım ile en yüksek performansa sahip takım arasında ödünleşen bu 5 takımdan birini seçebilir.

Takım antrenörünün bu takımlardan seçim yaparken dikkat etmesi gereken husus sahada yer almasını istediği takımın nasıl bir özellikte olması gerektiğidir. En yüksek performansa sahip takım istenirse 5. önerilen takım, en uyumlu takım istenirse 1. takım sahaya sürülür. Önerilen bu takımlar bir birleri ile kıyaslanırsa, ya uyum bazında ya da performans bazında biri diğerinden üstündür.

Çizelge 5.20 ise antrenörün yüksek beklentileri olduğunda modellerin çıktılarına göre kurulan takımları göstermektedir. İlk olarak, Model 1, Model 3 ve Model 4 kısıtları gereği oyuncuların performans değerlerinden yüksek beklentiler olması durumunda çözümsüzlük ile karşılaşmaktadır. Model 2 ise yüksek beklentili durumlar için tasarlanmıştır ve 3 farklı amaç fonksiyonu yapısı için sonuç vermektedir.

Normal beklentilere göre elde edilen çözümlerde olduğu gibi 14., 3., 6. ve 7. oyuncular takımda mevkilerinde yer almaktadır. Modelin 3 farklı amaç fonksiyonuna göre çözümlerinde, diğer köşe oyuncu mevkisinde 5. ve 9. oyuncu, pasör çaprazı mevkisinde 8. ve 10. oyuncu, diğer orta oyuncu mevkisinde 1., 10. ve 11. oyuncular takımda yer alabilmektedir.

Takım antrenörü yüksek beklentilerine göre hedef programlama modelinin oluşturduğu üç farklı takımı inceler iken amaç fonksiyonlarını iyi kavramalıdır. İlk amaç fonksiyonu, beklentilerden olan negatif sapmaların ağırlıklı toplamlarını en küçüklemektedir. Bu duruma göre, Model 2a'nın kurduğu takım, toplamsal olarak antrenörün beklentilerine en yakın takımdır. Model 2'nin ikinci amaç fonksiyonu ise, en önemli mevkiye göre öncelikli olarak yetenek ağırlıklı negatif sapmaların en küçülenmesidir. Böylece, Model 2b'nin kurduğu takıma voleybol sporundaki mevkilerin önem sırasına göre antrenörün beklentilerine en yakın takımdır denilebilir. Son amaç fonksiyonu ise takım antrenörünün beklentilerine göre oluşabilecek ağırlıklı negatif sapmaların en büyüğünü en küçüklemektedir. Buna

göre, Model 2c'nin kurduğu takım antrenörün beklentilerini karşılayan ve/veya antrenör beklentilerinden en az dalgalanmaya sahip takımdır.

5.8. Modellerin Çözümleri Sonrası Analizler

Modellerin çözümleri sonrası yapılabilecek analizlerden ilki kadroda yer alan oyuncuların yeteneklere göre performanslarında oluşabilecek değişimlerinin kurulan takıma etkisini incelemektir. Bu amaçla, takıma alınan oyuncuların modellerin sonucunu etkilediği performans aralıkları maç öncesinden bulunabilir. Atanmış oyunculardan seçilen oyuncuların performans değerleri tamsayı olarak aşağı ve yukarı yönde değiştirilerek, eldeki çözümün değiştiği ilk noktalar çözümün değişmediği alt ve üst tamsayı değerleri verir.

Bu analizin örneklenmesi amacıyla, Model 1'in normal beklentiler için çözümünde 7. ve 11. oyuncular için yapılmıştır. Çizelge 5.21'de 7. oyuncunun, Çizelge 5.22'de 11. oyuncunun yeteneklere göre performansının çözümü değiştirmedikleri alt ve üst limitler aşağıda verilmiştir:

Çizelge 5.21 7. Oyuncunun Yeteneklere göre Performansının Çözümün Değişmediği Alt ve Üst Tamsayı Limitler

Limitler/Yetenekler	Servis	Servis Karşılama	Blok	Hücum	Pas
Çözümün Değişmediği Tam Sayı Üst Limiti	100	100	100	100	100
7. Oyuncu	44,50	26,86	43,16	76,54	0,00
Çözümün Değişmediği Tamsayı Alt Limiti	20	0	20	25	0

Çizelge 5.21'de görüldüğü gibi, 7. oyuncunun servis karşılama ve pas yeteneklerinde göstereceği performanslardaki salınımlar M1'in çözümünü etkilememektedir. 7. oyuncu, servis karşılama ve blok yeteneğinde 20-100, hücum yeteneğinde ise 25-100 değerleri arasında performans gösterirse, M1'in çözümü değişmemektedir.

Çizelge 5.22 11. Oyuncunun Yeteneklere göre Performansının Çözümün Değişmediği Alt ve Üst Tamsayı Limitler

Limitler/Yetenekler	Servis	Servis Karşılama	Blok	Hücum	Pas
Çözümün Değişmediği Tamsayı Üst Limiti	100	100	100	100	100
11. Oyuncu	50,00	0,00	55,30	74,23	0,00
Çözümün Değişmediği Tamsayı Alt Limit	21	0	20	25	0

Çizelge 5.22'de görüldüğü gibi, 11. oyuncunun servis karşılama ve pas yeteneklerinde göstermesi beklenen performanslardaki salınımlar M1'in çözümünü etkilememektedir çünkü bu oyuncu orta oyuncu mevkesine atanmıştır ve bu mevkide oynayan oyuncular bu yetenekleri sergilememektedir. 11. oyuncu, servis karşılama yeteneğinde 21-100, blok yeteneğinde 20-100, hücum yeteneğinde ise 25-100 değerleri arasında performans gösterirse, M1'in çözümü değişmemektedir.

Maç öncesinde ani bir sakatlık, antrenörün bir oyuncudan vazgeçmesi veya bir oyuncunun tahmin edilen performansı psikolojik sebeplerden dolayı gösteremeyeceğinin düşünülmesi gibi olağandışı durumlar için de çözüm sonrası analizler yapmak faydalı olacaktır. Böyle analiz, takıma alınmış oyuncuya karşı gelen (3.1) kısıtının sağ taraf sabiti sıfırı yapılarak, model çözdürülür ve kurulan yeni takım incelenir. Model 2a'nın yüksek beklentiler çözümü için bu analiz örneklenmiş ve aşağıda yer alan Çizelge 5.23'te sonuçlar verilmiştir:

Çizelge 5.23 Model 2a'nın Yüksek Beklentiler için Çözümünden Oyuncu Çıkarma Analizi

M2a (Y) Çözümü	14	3	10	7	6	9	8
Çıkarılan Oyuncular/Mevkiler	P	L	OO1	OO2	KO1	KO2	PÇ
14	2	3	10	7	6	9	8
3	14	13	10	7	6	9	8
10	14	3	11	7	6	9	8
7	14	3	10	11	6	9	8
6	14	3	10	7	5	9	8
9	14	3	10	7	6	5	8
8	14	3	11	7	6	9	10

NOT: Model2a (Y)'nin ilk çözümünden farklı olduğu mevkileri ve değişen oyuncuları göstermektedir.

Çizelge 5.23'te görüldüğü üzere M2a'nın çözümünde yer alan oyuncuların atanmasının engellenmesi durumunda yeni takımlar oluşmaktadır. Her atanmış oyuncu çıkarıldığında yeni bir oyuncu oyuna dahil olurken, 8. oyuncunun oynayamaması durumunda takıma 11 numaralı oyuncu dahil olmakta ve 10 numaralı oyuncu ile mevkileri yer değiştirmektedir.

5.9. Uygulamanın Değerlendirilmesi ve Sonuçlar

Ankara'daki voleybol takımı için önerilen modellerin uygulamasında elde edilen sonuçları, takım antrenörü kendi kazanma felsefesine en uygun olan yaklaşımla veya önerilen başlangıç takımlarından ilham alarak oyuncuları seçebilir. Bölüm 3.8.'de modellerin genel değerlendirmesinde bahsedildiği gibi, önerilen karar modellerinin çıktıları antrenöre diretilmemekte aksine bu yoğun veri kümesinin bir arada değerlendirilmesinin zorluğundan antrenörü kurtarmaktır.

Model çıktılarını elde eden takım antrenörüne sağlanan katkı olası başlangıç takımları ve amaçlarına göre en iyi olan takımları görmesidir. Maç öncesi takım kurma problemiyle ilgilenen antrenör, oyuncular performansının en büyük olduğu takımı, antrenör performans beklentilerinden en az toplam negatif sapmaya sahip takımı, en önemli mevki öncelikli olacak şekilde en az negatif sapmaya sahip takımı, oluşabilecek en büyük sapmanın en küçük olduğu takımı, oyuncular arası uyumun ve takım uyumunun en büyük olduğu takımı modeller sayesinde elde etmektedir. Buna ek olarak, en yüksek toplam performans ve en uyumlu takım

arasındaki ödünleşme eğrisine sahip takımı da elde etmektedir. Böylelikle, antrenör oluşturacağı takımı bu sonuçlara göre çevresel faktörler, maçın önemi, karşı takım ve benzeri kavramları değerlendirerek şekillendirir.

Uygulamada parametrelerin bulunması esnasında çeşitli zorluklar veya gereksinimler ortaya çıkmıştır. Model sonuçlarının doğruluğunun gözetilebilmesi için parametrelerinin en uygun ve/veya en iyi yaklaşım veya yöntemler ile elde edilmesi, tahmin edilmesi veya bulunması gerekmektedir. İlgilenilen parametrelerin çoğunluğu kişilerin sübjektif değerlendirmeleri olduğu için kişiler ile yapılan ikili görüşmelerde çalışmanın amacı, elde edilecek parametrenin işlevi ve ikili görüşmede veri elde etme yöntemi detaylı bir biçimde anlatılmıştır. Mevki ve mevkiler bağlı yetenek ağırlıklandırmalarında, kadın ve erkek voleybol takımı çalıştırıcılarından elde edilen önem düzeylerinin birlikte kullanılıp kullanılmayacağı denetlenmiştir. Antrenöre bağlı ve oyunculara bağlı olarak elde edilecek parametreler için yapılan ikili görüşmelerde süreç detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Uygulamada ele alınan takım kurma problemi 17. maç için yapılmıştır. Elde edilen veriler bazıları sonraki maçlar içinde kullanılabilir. Bu parametreler, mevki ve mevkilere bağlı olarak yeteneklerin ağırlıkları, antrenörün belirlediği oyuncuların oynayabilir olduğu mevkiler, oyuncular arası uyum parametreleridir. Ancak, antrenörün mevkilerin yeteneklere göre belirlediği eşik değerler parametreleri ve oyuncu dizin kümesi her maç özelinde tekrar elde edilmesi gereken parametrelerdir.

Uygulamanın sonucunda gözlenen bir olguda model 1, model 3 ve model 4'ün antrenörün çok yüksek beklentileri olması durumunda çözümsüzlük çıktısı vermesidir. Bu durum için tasarlanan hedef programlama modelinin kullanılması gerekmektedir. Antrenörün beklentileri yüksek ise, belirlediği eşik değerler hedef değerler konumunda olurlar. Model 2 çıktıları incelenerek takım kurma kararı verilebilir.

Uygulamada ve modellerin önerisinde oyuncuların performans tahmini geçmiş maç performansları göz önüne alınarak yapılmıştır. Model varsayımlarında bu verilerin mevcut olduğu ve elde edilebilir olduğu varsayılmıştır ve genelde bu durum söz konusudur. Oyuncuların bu sezon oynadıkları maç bulunmuyorsa veya

ilk defa sahaya girecekler ise takım antrenöründen oyuncu performansları istenebilir. Geçmiş çalışmalarda bu yöntem kullanılmıştır ve sübjektiflik sebebiyle bu çalışmada bu yöntem izlenmemiştir. Ancak oyuncu performanslarını elde etmek mümkün değil veya yeni oyuncular ise bu yöntemden başka bir yol mümkün değildir.

Genel olarak değerlendirmek gerekirse, uygulamada önerilen modellerin çalışabilirliği ve çıktıları gözlenmiştir. Bu aşamadan sonra model çıktılarının ve çözüm sonrası analizlerin antrenöre sunulması gerekmektedir. Antrenör model çıktılarının oluşturduğu takımları, 17. maç özelinde kendi görüşleri, çevresel faktörleri ve diğer bütün etkenleri değerlendirerek takımını oluşturur.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemi, karar vericinin antrenör olduğu ve mevcut kadrodan saha içinde yer alan mevkilere oyuncu atama problemidir. Kulüp yönetim tarzı, karşı takım, çevresel faktörler, anlık değişimler, ve benzeri etkilerin olduğu sezon başı ve maç esnası evrelerinin aksine, bu evre antrenörün görüş ve stratejisine ve oyuncuların göstereceği performans ve uyuma bağlı bir evredir. Ancak, sistematik bir yaklaşım olmaksızın çok sayıda veri ve kurulabilir olası takım fazlalığı sebebiyle maç öncesi takım kurma problemine yanıt aramak oldukça zordur.

Tez çalışmasının amacı olan antrenörlere bu karar sürecinde destek olacak ve yol gösterecek 4 farklı matematiksel model sunulmuştur. Önerilen bu modellerde en iyi takım olgusu, ilk ikisinde performans, üçüncü modelde takım ve oyuncu uyumu, son modelde ise iki ölçüt bir arada ele alınmıştır.

İlk model takımda yer alacak oyuncuların mevkilerin ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etki tartılarına göre toplam en yüksek performansa sahip takımı oluşturmaktadır. İkinci model, antrenörün mevkilere göre yeteneklerden performans beklentileri hedef değerler olarak alınarak, bu bağlamda oluşturulan takımın bu değerlerden olan negatif sapmalara bağlı fonksiyonların en küçüklendiği modellerdir. Üçüncü model, takım ve oyuncu uyumunun en büyüklendiği modeldir. Son model, birinci ve üçüncü modellerin amaç fonksiyonlarını aynı anda en büyükleyen çok ölçütlü modeldir.

Takım kurma problemleri ile ilgili önceki çalışmalara göre bu çalışmada önerilen modellerin üstünlükleri aşağıda listelenmiştir:

- Antrenörün tutum, beklenti, görüş ve stratejileri karar sürecine dahil edilmiştir. Antrenör, rakip takımı ve kendi takımının stratejisini göz önüne alarak, mevkilere göre yeteneklerden asgari beklentilerini belirlemiştir. Bu beklentiler, eşik değerler olarak alınarak modellemelerde esas alınmıştır. Bu sebepten dolayı önerilen modeller, antrenörün önceliklerini ve tercihlerini modellemede göz önüne alan ilk yaklaşımlardır.

- Antrenörün asgari beklentileri, uygun çözüm kümesini boş küme yaptığı durumlarda, hedef programlama yaklaşımıyla eşik değerlerden sapmaların farklı varyasyonlarla en küçüklenmesi ilk kez önerilmiştir.
- Yetenekleri icra eden oyuncuların performansları subjektif yollar ile değil, geçmiş performanslardan hareketle tahmin teknikleri ile elde edilmektedir. Böylece oyuncuların performans değerleri sabit ve statik olmaktan çıkartılmıştır.
- Oyuncuların oynayabilir olduğu mevkiler ilk kez ortaya konmuş ve karar sürecine dahil edilmiştir.
- Mevki ve yetenek kavramları kaynaklardan yararlanılarak hiyerarşik yapıda olduğu ortaya konmuştur. Mevki ve mevkilere göre yeteneklerin maç sonucuna etkileri AHS ile tahmin edilebilir olduğu tespit edilmiştir.
- Model kullanıcılarına kılavuz niteliği taşıyan model bileşenlerinin nasıl bulunabileceği, elde edilebileceği ve tahmin edilebileceğine ilişkin bir genel çerçeve oluşturulmuştur.
- Takım uyumu kavramı ve maç sonucuna etkisi ilk kez göz önüne alınarak, modellenmiştir. Kurulacak takım ile ilgili oyuncuların birbirleri ve takım ile ilgili görüşlerine ilk kez başvurulmuştur.
- Takım uyumu ve performansı iki ölçüt olarak ele alınıp, takım kurma problemine iki bileşenli çok ölçütlü bir yaklaşım olarak ilk defa önerilmiştir.
- Önerilen modeller, bir gerçek hayat problemi üzerinde uygulanmış ve kullanılabilirliği gösterilmiştir.
- Önerilen modellere ait temel bileşenlerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesi halinde modeller bütün takım sporu branşlarına uygulanabilir niteliktedir.
- Önerilen modellerin yedek oyuncuların belirlenmesinde ve maç esnası kararlarda antrenöre sağlayacağı faydalar belirtilmiştir.

Çalışma bütünüyle ele alındığında, spor kulüplerinde maç öncesi takım kurma problemleri için önerilen modeller takım antrenörlerine oluşturulabilir olası takımlar kümesini indirgeyerek destek vermektedir. Antrenör son kararını önerilen modellerin bu sonuçlarını inceleyip maçın ortamını, oyuncuların durumunu, maçın önemi ve benzeri nitel öğeleri de tekrar değerlendirerek şekillendirir.

Tez çalışmasının uzantıları olarak, sezon başı ve maç esnası evreleri için takım kurma ve/veya oyuncu seçimi problemleri için antrenöre destek sağlayacak modeller geliştirmek olabilir. Bu iki evre için kaynaklarda yer alan çalışmalar oldukça azdır. Bu tür çalışmalarda, araştırmacılar bu tez çalışmasında önerilen modellerin amaçlarını, kısıtlarını ve temel parametrelerini göz önüne alarak bu evreler için yeni modeller önerebilirler.

Önerilen modellerden yola çıkılarak, maç sonucunun nasıl biteceği, kazanan ve kaybedenin hangi takımlar olacağını tahminlemeleri için yeni yaklaşımlar geliştirilebilir. Buna ek olarak, mücadele eden takımların maçı kazanma olasılıkları da gelecek çalışmaların konusu olabilir.

KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] SCULLY, G.W., Sports, Economics of, International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, Permagon: Ebook, s. 14938–14944, 2001.
- [2] TRUDO, D., Sports, Economics of, International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition), Permagon: Ebook, s. 318-323, 2015.
- [3] BOON, Bart H. ve SIERKSMA Gerard, Team formation: Matching quality supply and quality demand, European Journal of Operational Research, no 148, s. 277–292, 2003.
- [4] BUDAK, Gerçek ve KARA İmdat, The team formation problems in different stages for multi-player sports, 27th European Conference on Operational Research 12-15 Haziran 2015, University of Strathclyde Glasgow.
- [5] BUDAK, Gerçek ve KARA, İmdat, Spor Kulüplerinde Maç Öncesi Takım Kurma Problemi, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği (YAEM) 35. Ulusal Kongresi, 9-11 Eylül 2015, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [6] TAVANA, Madjid, AZIZI, Farshad, AZIZI Farzad ve BEHZADIAN Majid, A fuzzy inference system with application to player selection and team formation, Sport Management Review, no 16, s. 97–110, 2013.
- [7] AHMED, Faez, DEB, Kalyanmoy ve JINDAL, Abhilash Multi-objective optimization and decision making approaches to cricket team selection, Applied Soft Computing, no 13, s. 402–414, 2013.
- [8] DADELO, Stanislav, TURSKIS, Zenonas, ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras ve DADELIENE, Ruta, Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set, Expert Systems with Applications, no 41, s. 6106–6113, 2014.
- [9] RAMPININI, E., COUTTS, A.J., CASTAGNA, C., SASSI R., ve IMPELLIZZERI F.M., Variation in Top Level Soccer Match Performance, International Journal of Sports Medicine, no 28, sayı 12, s.1018-1024, 2007.
- [10] ÖZCEYLAN, Eren, A mathematical model using AHP priorities for soccer player selection: a case study, South African Journal of Industrial Engineering, no 27, sayı 2, s.190-205, 2016.
- [11] MILLER, George A., The Magical Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, Psychological Review, no 63 s. 81-97, 1956.
- [12] WINTER, Edward M., JONES, Andrew M., DAVISON, Richard R. C., BROMLEY, Paul D., ve MERCER, Tom H., Sport and exercise physiology testing guidelines, Volume I: Sport testing, Volume II: Exercise and clinical testing, Leeds: British association of sport and exercise sciences. London, New York: Routledge, 2007.

- [13] CARO, Cary A., College Football Success: The Relationship between Recruiting and Winning, *International Journal of Sports Science & Coaching*, no 7/1, s. 139-152, 2012.
- [14] CHEN, Chih-Cheng, LEE, Yung-Tan ve TSAI, Chung-Ming, Professional Baseball Team Starting Pitcher Selection Using AHP and TOPSIS Methods, *International Journal of Performance Analysis in Sport*, no 14, sayı 2, s. 545-563, 2014.
- [15] LORAINS, Megan, BALL, Kevin ve MACMAHON, Clare, Performance analysis for decision making in team sports, *International Journal of Performance Analysis in Sport*, no 13, sayı 1, s. 110-119, 2013.
- [16] STEVENS, Diane E., ve BLOOM, Gordon A., The effect of team building on cohesion, *Avante-Ontario*, no 9, sayı 2, s. 43-54, 2003.
- [17] SAAVEDRA, Leahruth K., Effective team building: The role of coaches, *Strategies*, no 26, sayı 4, s. 3-6, 2013.
- [18] YUKELSON, David, Principles of effective team building interventions in sport: a direct services approach at penn state university. *Journal of applied sport psychology*, no 9, s.73-96, 1997.
- [19] JANET, Y. Murray ve CHAO, Mike C.H., A Cross-Team Framework of International Knowledge Acquisition on New Product Development Capabilities and New Product Market Performance. *Journal of International Marketing*, no 13, sayı 3, s. 54-78, 2005.
- [20] HINSZ, Verlin B., TINDALE, R. Scott, ve VOLLRATH, David A., The emerging conceptualization of groups as information processors, *Psychological Bulletin*, no 121, s. 43-64, 1997.
- [21] HUTCHINS, Edwin, The social organization of distributed cognition, Washington, DC, s. 283-307, 1991.
- [22] LEVINE, John M., RESNICK, Lauren B., ve HIGGINS, E. Tory, Social foundations of cognition, *Annual Review of Psychology*, no 44, sayfa 585-612, 1993.
- [23] STOUT, Renée, CANNON-BOWERS, Janis A., SALAS, Eduardo, ve Milanovich, Dana M., Planning, shared mental models, and coordinated performance: An empirical link is established, *Human Factors*, no 41, s. 61-71, 1999.
- [24] KATZENBACH, Jon R. ve SMITH Douglas K., *The wisdom of team*, Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- [25] NIKOLAIDIS, Pantelis T., Physical fitness in female soccer players by player position:a focus on anaerobic power, *Human Movement*, no 15, sayı 2, s 74–79, 2014.
- [26] BEN ABDELKRİM, N., CHAOUACHI, A., CHAMARI, K., CHTARA, M. ve CASTAGNA, C., Positional Role and Competitive-Level Differences in Elite-Level Men's Basketball Players, *Journal of Strength & Conditioning Research*: no 24, sayı 5, s.1346-1355, 2010.

- [27] TOYODA, Hiroshi, Fédération Internationale de Volleyball: Coaches Manual I: ChapterV -Volleyball for beginners, [EBOOK], bölüm 5, 2011.
- [28] SULLIVANA, Courtney, BILSBOROUGH, Johann C., CIANCIOSI, Michael, HOCKING Joel, CORDYA, Justin, ve COUTTS, Aaron J., Match score affects activity profile and skill performance in professional Australian Football players, Journal of Science and Medicine in Sport, no 17, s. 326–331, 2014.
- [29] SINGH, J. ve KUMAR, R., Specific Skills Profile of Male Handball Players, Journal of Exercise Science and Physiotherapy, no 4, sayı 2, s. 129-132, 2008.
- [30] TSEKOURAS, Yiannis E., KAVOURAS, Stavros, A., CAMPAGNA, Alessandro, KOTSIS, Yiannis P., SYNTOSI, Silia S., PAPAZOGLU, Kalomira ve SIDOSSIS, Labros S., The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players, European Journal of Applied Physiology, no 95, s. 35–41, 2005.
- [31] Türkiye Basketbol Federasyonu Resmi İnternet Sitesi, Spor Toto Basketbol Ligi İstatistikler Sekmesi “<http://www.bsl.org.tr/bsl/istatistikler/takimlar>”.
- [32] Türkiye Voleybol Federasyonu Resmi İnternet Sitesi > İstatistik > Veri Arşivi > 2015-2016 Sezonu > Türkiye Erkekler Birinci Ligi > Oyuncu İstatistikleri Bölümü: “<http://tvf-web.azurewebsites.net/Statistics.aspx?ID=15>”.
- [33] HUGHES, Mike D. ve BARTLETT, Roger M., The use of performance indicators in performance analysis, Journal of Sports Sciences, no 20, sayı 10, s. 739-754, 2002.
- [34] LOCKE, Edwin A. ve LATHAM, Gary P., The Application of Goal Setting to Sports, Journal of Sport Psychology, no 7, sayı 3, s. 205-222, 1985.
- [35] WINSTON, Wayne L., Operations Research: Applications and Algorithms, 4. Baskı, Thomson Learning Inc. Belmont, CA: ABD, 2004.
- [36] CHARNES, A. ve COOPER, W.W., Goal programming and multiple objective optimizations: Part 1, European Journal of Operational Research, no 1, sayı 1, s. 39-54, 1977.
- [37] MCCORMICK, Garth P., Computability of global solutions to factorable nonconvex programs: part I - convex underestimating problems, Mathematical Programming, North-Holland Publishing Company, no 10, s. 147-175, 1976.
- [38] IYER, Subramanian Rama, ve SHARDA, Ramesh, Prediction of athletes performance using neural networks: An application in cricket team selection, Expert Systems with Applications, no 36, sayı 3, s. 5510-5522, 2009.
- [39] YILDIRIM, E. Alper ve TODD, Michael J., Sensitivity analysis in linear programming and semide-nite programming using interior-point methods, Mathematical Programming, no 90, sayı 2, s.229-261, 2001.

- [40] SIDDIQUI, Azra, SIDDIQUI, Shumail Ahmad, Linear and Integer Programming with Sensitivity Analysis Approach, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, no 3, sayı 11, s. 109-112, 2013.
- [41] HILLIER, Frederick S. ve LIEBERMAN, Gerald J., Introduction to Mathematical Programming, McGraw-Hill Publishing Company, 213s, 1995.
- [42] ZARDARI, Noorul Hassan, AHMED, Kamal, SHİRAZİ, Sharif Moniruzzaman, ve YUSOP, Zulkifli Bin, Weighting Methods and Their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, s. 7-67, 2014.
- [43] BUDAK, Gerçek, KARA, İmdat, İÇ, Yusuf Tansel, Weighting the Positions and Skills of Volleyball Sport by Using AHP: A real life application, IOSR Journal of Sports and Physical Education, no 4, sayı 1, s. 23-29, 2017.
- [44] VON WINTERFELDT, Detlof, ve EDWARDS, Ward, Decision analysis and behavioural research, Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- [45] DEMİRCİ, Gülcan, AYAR, Bunyamin, KIVRAK, Serkan ve ASLAN, Gökhan, Contractor Selection in the Housing Sector Using the Simple Multi-Attribute Rating, Kowloon: Hong Kong Polytechnic University, s. 2672–2677, 2009.
- [46] VALIRIS, George, CHYTAS, Panagiotis, ve GLYKAS, Michael, Making decisions using the balanced scorecard and the simple multi-attribute rating technique, Performance Measurement and Metrics, no 6, sayı 3, s. 159–171, 2005.
- [47] DENG, Hepu, YEH, Chung-Hsing, ve WILLIS, Robert J., Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights, Computers and Operations Research, no 27, sayı 10, s. 963–973, 2000.
- [48] ANAGNOSTOPOULOS, K. P., ve PETALAS, C., A fuzzy multi-criteria benefit-cost approach for irrigation projects evaluation, Agricultural Water Management, no 98, sayı 9, s.1409–1416, 2011.
- [49] PENG, Hui, ve ZHOU, Huicheng, A fuzzy-dependent chance multi-objective programming for water resources planning of a coastal city under fuzzy environment, Water and Environment Journal, no 25, sayı 1, s. 40–54, 2011.
- [50] SAATY, Thomas L., Decision Making for leaders: The analytic hierarchy process for decisions in a complex world, RWS Publications, Pittsburgh USA, 2012.
- [51] YURDAKUL, Mustafa ve İÇ, Yusuf Tansel, AHP approach in the credit evaluation of the manufacturing firms in Turkey, International Journal of Production Economics, no 88, s. 269–289, 2004.
- [52] TRAMARICO, Claudemir Leif, MIZUNO, Daniele, SALOMON, Valério Antonio Pamplona ve MARINS, Fernando Augusto Silva, Analytic Hierarchy Process and Supply Chain Management: A Bibliometric Study, Procedia Computer Science, no 55, s. 441-450, 2015.

- [53] SİPAHİ, S. ve OR, E, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği ile forvet oyuncuların yetenek ve becerilerine göre değerlendirmesi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Dergisi, ULAKBİM, TÜBİTAK, no 16, sayı 50, s. 53-65, 2005.
- [54] SAATY, Thomas L., Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publication, Pittsburgh USA, 279s, 1996.
- [55] SAATY, Thomas L., Decision making with the analytic hierarchy process, International Journal of Services Sciences, no 1, sayı 1, s. 83-98, 2008.
- [56] MALCZEWSKI, Jacek, GIS and Multicriteria decision analysis, New York, NY: Wiley, 393s, 1999.
- [57] GABLE, Robert K., Instrument Development in Affective Domain. Kluwer Nijhoff Publishing, USA, 1986.

EKLER LİSTESİ

EK 1 McCormick Açılımı [37]

EK 2 Analitik Hiyerarşi Süreci için İkili Görüşme Formu

EK 3 Antrenörlerin Ağırlıklandırma Sonuçları

EK 4 Oyuncular İkili Görüşme Formu

EK 5 Oyuncuların Oynadıkları Geçmiş Maçlardaki Performansları (Başarılı Deneme/Toplam Deneme Sayısı)

EK 6 1. Oyuncunun Blok Yeteneği için Tahmin Yöntemi Seçimi

EK-1: McCormick Açılımı [37]

$$\sum_i \sum_j C_{ij}^l x_i x_j + g_0(x) \leq 0, \forall l \in L$$

$$x^L \leq x \leq x^U$$

Kısıtları altında;

$$Enk z = \sum_i \sum_j C_{ij} x_i x_j + g_0(x)$$

şeklindeki verilen bir modelde $x_i x_j$ ifadesi bu modeli doğrusallıktan çıkartır. Doğrusal programlama konusunda olan bilimsel birikimden yararlanarak, modeli bir paket program ile çözmek ve çözüm sonrası analizleri yapmak yerinde olur. Bu amaçla modelde yer alan iki tam sayı değişkenin çarpımı olan $x_i x_j$ ifadesi doğrusallaştırılmalıdır. Bu ifade $x_i x_j = w_{ij}$ şeklinde yazılıp yeni kısıtlar şu şekilde oluşturulmalıdır:

$$\sum_i \sum_j C_{ij}^l w_{ij} + g_0(x) \leq 0, \forall l \in L$$

$$w_{ij} \geq x_i^L x_j + x_i x_j^L - x_i^L x_j^L$$

$$w_{ij} \geq x_i^U x_j + x_i x_j^U - x_i^U x_j^U$$

$$w_{ij} \leq x_i^U x_j + x_i x_j^L - x_i^U x_j^L$$

$$w_{ij} \leq x_i x_j^U + x_i^L x_j - x_i^L x_j^U$$

$$x^L \leq x \leq x^U$$

$$w^L \leq w \leq w^U$$

Yukarıda gösterilen doğrusallaştırma dönüşümü M3'teki (3.15) numaralı kısıtta aşağıda gösterildiği gibi olmaktadır:

$$q_{ij} \geq \sum_p^m OU_{ip} * 0 * x_{ij} + \sum_p^m OU_{ip} x_p * 0 + \sum_p^m OU_{ip} * 0 * 0, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

$$q_{ij} \geq \sum_p^m OU_{ip} * 1 * x_{ij} + \sum_p^m OU_{ip} x_p * 1 - \sum_p^m OU_{ip} * 1 * 1, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} * 1 * x_{ij} + \sum_p^m OU_{ip} x_p * 0 - \sum_p^m OU_{ip} * 1 * 0, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} x_p * 1 + \sum_p^m OU_{ip} * 0 * x_{ij} - \sum_p^m OU_{ip} * 0 * 1, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$$

Böylece kısıt (3.15) aşağıdaki (3.15 a, b, c, d) şekline dönüşür:

$$q_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15a)$$

$$q_{ij} \geq \sum_p^m OU_{ip} x_{ij} + \sum_p^m OU_{ip} x_p - \sum_p^m OU_{ip}, i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15b)$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} x_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15c)$$

$$q_{ij} \leq \sum_p^m OU_{ip} x_p, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3.15d)$$

Bu kısıtların doğruluk gösterimi şu şekilde yapılabilir: x_{ij} değişkeninin 0 olduğu bir (ij) ikilisi için q_{ij} değişkeni 0 değerinde, aksi durumda x_{ij} değişkeninin 1 olduğu bir (ij) ikilisi için q_{ij} değişkeni $\sum_p^m OU_{ip} x_p$ değerinde olacaktır.

4) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Pasör. b) Pasör Çaprazı. c) Pasör ve Pasör Çaprazı eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

5) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Libero. b) Orta Oyuncular. c) Libero ve Orta oyuncular eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

6) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Libero. b) Köşe Oyuncular. c) Libero ve Köşe Oyuncular eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

7) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Libero. b) Pasör Çaprazı. c) Libero ve Pasör Çaprazı eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

8) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Orta Oyuncular. b) Köşe Oyuncular. c) Orta Oyuncular ve Köşe Oyuncular eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

9) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Orta Oyuncular. b) Pasör Çaprazı. c) Orta Oyuncular ve Pasör Çaprazı eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

10) Bir ERKEK voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Köşe Oyuncular. b) Pasör Çaprazı. c) Köşe Oyuncular ve Pasör Çaprazı eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

B BÖLÜMÜ- PASÖR

1) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemlidir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

2) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Pas. c) Servis ve Pas eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Blok. b) Pas. c) Blok ve Pas eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

C BÖLÜMÜ- ORTA OYUNCULAR

1) Bir ERKEK voleybol müsabakasında ORTA OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

5) Bir ERKEK voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis Karşılama. b) Hücum. c) Servis Karşılama ve Hücum eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

6) Bir ERKEK voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Blok. b) Hücum. c) Blok ve Hücum eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

E BÖLÜMÜ- PASÖR ÇAPRAZI

1) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

2) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis. b) Hücum. c) Servis ve Hücum eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir ERKEK voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Blok. b) Hücum. c) Blok ve Hücum eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

A-2 BÖLÜMÜ

1) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Pasör. b) Libero. c) Pasör ve Libero eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

2) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Pasör. b) Orta Oyuncular. c) Pasör ve Oyuncular eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Pasör. b) Köşe Oyuncular. c) Pasör ve Köşe Oyuncular eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

4) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Pasör. b) Pasör Çaprazı. c) Pasör ve Pasör Çaprazı eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

5) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Libero. b) Orta Oyuncular. c) Libero ve Orta oyuncular eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

6) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Libero. b) Köşe Oyuncular. c) Libero ve Köşe Oyuncular eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

7) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a)Libero. b) Pasör Çaprazı. c) Libero ve Pasör Çaprazı eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

8) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a)Orta Oyuncular. b) Köşe Oyuncular. c) Orta Oyuncular ve Köşe Oyuncular eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

9) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a)Orta Oyuncular. b) Pasör Çaprazı. c) Orta Oyuncular ve Pasör Çaprazı eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

10) Bir BAYAN voleybol müsabakasında maç sonucuna etki açısından hangi mevki diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a)Köşe Oyuncular. b) Pasör Çaprazı. c) Köşe Oyuncular ve Pasör Çaprazı eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

B-2 BÖLÜMÜ- PASÖR

1) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemdedir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

2) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis. b) Pas. c) Servis ve Pas eşit önemdedir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Blok. b) Pas. c) Blok ve Pas eşit önemdedir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

C-2 BÖLÜMÜ- ORTA OYUNCULAR

1) Bir BAYAN voleybol müsabakasında ORTA OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemdedir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir BAYAN voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis. b) Hücum. c) Servis ve Hücum eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

4) Bir BAYAN voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis Karşılama. b) Blok. c) Servis Karşılama ve Blok eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

5) Bir BAYAN voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Servis Karşılama. b) Hücum. c) Servis Karşılama ve Hücum eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

6) Bir BAYAN voleybol müsabakasında KÖŞE OYUNCULAR mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

- a) Blok. b) Hücum. c) Blok ve Hücum eşit önemlidir.
- Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.
- Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

E-2 BÖLÜMÜ- PASÖR ÇAPRAZI

1) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Blok. c) Servis ve Blok eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

2) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Servis. b) Hücum. c) Servis ve Hücum eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

3) Bir BAYAN voleybol müsabakasında PASÖR ÇAPRAZI mevkisinde oynayan bir oyuncunun maç sonucuna etki açısından hangi yeteneği diğerine göre daha önemlidir ve lütfen derecesini belirtiniz.

a) Blok. b) Hücum. c) Blok ve Hücum eşit önemdedir.

Orta derecede önemlidir. Kuvvetli derecede önemlidir.

Çok kuvvetli derecede önemlidir. Kesin derecede önemlidir.

EK3: Uzmanların Ağırlıklandırma Sonuçları [5][43]

Kişi Listesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	Ağırlıklar	Normalize Ağırlıklar
Mevkiler																							
P	0,16	0,37	0,46	0,11	0,1	0,37	0,17	0,19	0,02	0,45	0,14	0,38	0,24	0,26	0,40	0,14	0,50	0,23	0,22	0,23	0,03	0,20	0,26
L	0,11	0,37	0,03	0,02	0,12	0,08	0,02	0,03	0,02	0,06	0,14	0,03	0,05	0,03	0,04	0,10	0,07	0,13	0,24	0,07	0,03	0,06	0,07
001	0,02	0,05	0,21	0,3	0,03	0,06	0,17	0,05	0,25	0,04	0,14	0,07	0,15	0,04	0,09	0,12	0,14	0,16	0,03	0,03	0,14	0,09	0,12
002	0,02	0,05	0,21	0,3	0,03	0,06	0,17	0,05	0,25	0,04	0,14	0,07	0,15	0,04	0,09	0,12	0,14	0,16	0,03	0,03	0,14	0,09	0,12
KO1	0,18	0,05	0,03	0,11	0,33	0,15	0,17	0,12	0,11	0,09	0,14	0,07	0,05	0,11	0,18	0,15	0,06	0,11	0,18	0,22	0,09	0,10	0,13
KO2	0,18	0,05	0,03	0,11	0,33	0,15	0,17	0,12	0,11	0,09	0,14	0,07	0,05	0,11	0,18	0,15	0,06	0,11	0,18	0,22	0,09	0,10	0,13
PÇ	0,31	0,05	0,03	0,05	0,05	0,13	0,15	0,44	0,25	0,22	0,14	0,31	0,29	0,41	0,03	0,22	0,04	0,11	0,13	0,2	0,49	0,14	0,18
PASÖR																						0,77	1,00
Servis	0,06	0,65	0,09	0,47	0,11	0,32	0,07	0,17	0,67	0,07	0,33	0,09	0,78	0,10	0,21	0,07	0,09	0,33	0,07	0,06	0,05	0,17	0,21
Blok	0,22	0,06	0,09	0,05	0,11	0,21	0,12	0,08	0,06	0,14	0,33	0,09	0,07	0,11	0,09	0,15	0,09	0,33	0,47	0,22	0,47	0,13	0,16
Pas	0,72	0,29	0,82	0,47	0,78	0,47	0,81	0,75	0,27	0,79	0,33	0,82	0,15	0,80	0,70	0,78	0,82	0,33	0,47	0,72	0,47	0,50	0,63
																						0,80	1,00

EK4: Oyuncular İkili Görüşme Formu

Oyuncular ile İkili Görüşme Formu

İsim-Soy İsim:

1. İyi (Uyumlu) Başlangıç Takımı Önerisi:

Sizce, takımınız bir lig maçına nasıl bir başlangıç pozisyonuyla başlamalıdır? Lütfen aşağıdaki kutucuklara mevkilere göre oynamasını istediğiniz oyuncunun numarasını yazınız. Kendinizi mutlaka bu takımın içine bir mevkide dâhil ediniz.

Mevki	Pasör	Libero	Orta 1	Orta 2	Köşe 1	Köşe 2	P. Çaprazı
Oyuncu:							

2. Mevkilere Oyuncu Önerisi

Takımda yer aldığınız da aşağıdaki oyuncularla birlikte sahada olma istek derecenizi belirtiniz.

Sayı	Oyuncu İsmi	Hiçbir Zaman	Nadiren	Bazen	Çoğu Zaman	Her Zaman
1.	1. Oyuncu					
2.	2. Oyuncu					
3.	3. Oyuncu					
4.	4. Oyuncu					
5.	5. Oyuncu					
6.	6. Oyuncu					
7.	7. Oyuncu					
8.	8. Oyuncu					
9.	9. Oyuncu					
10.	10. Oyuncu					
11.	11. Oyuncu					
12.	12. Oyuncu					
13.	13. Oyuncu					
14.	14. Oyuncu					

**EK5: Oyuncuların Oynadıkları Geçmiş Maçlardaki Performansları (Başarılı
Deneme*100/Toplam Deneme Sayısı) (0-100 Aralığında)**

Oyuncu 1

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	38,5	0,0	100,0	75,0	0,0
2. Maç	50,0	0,0	33,0	58,5	0,0
7. Maç	50,0	50,0	0,0	50,0	0,0
11. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13. Maç	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0
14. Maç	50,0	0,0	50,0	75,0	0,0

Oyuncu 2

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Maç	53,6	0,0	0,0	100,0	0,0
3. Maç	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0
4. Maç	50,0	0,0	0,0	50,0	0,0
5. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. Maç	41,7	0,0	0,0	0,0	0,0
7. Maç	33,3	0,0	33,0	66,5	0,0
8. Maç	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0
11. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13. Maç	33,3	50,0	25,0	75,0	0,0
14. Maç	66,7	0,0	0,0	100,0	0,0

Oyuncu 3

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	0	56	0	0	0
2. Maç	0	70,5	0	0	0
3. Maç	0	69,5	0	0	0
4. Maç	0	59,5	0	0	0
5. Maç	0	50	0	0	0
6. Maç	100	76,5	0	0	0
7. Maç	0	57	0	0	0
8. Maç	0	50	0	0	0
9. Maç	0	59	0	0	0
10. Maç	0	59	0	0	0
11. Maç	0	50	0	0	0
12. Maç	0	69	0	0	0
13. Maç	0	62,5	0	0	0
14. Maç	0	69,5	0	0	0
15. Maç	0	56	0	0	0
16. Maç	0	75	0	0	0

Oyuncu 4

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
3. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Maç	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. Maç	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0
7. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8. Maç	47,6	0,0	0,0	70,0	0,0
9. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Maç	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12. Maç	40,9	0,0	0,0	61,0	0,0
13. Maç	47,4	0,0	75,0	60,0	0,0
14. Maç	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0
15. Maç	50,0	100,0	33,0	83,5	0,0
16. Maç	57,1	0,0	0,0	87,5	0,0

Oyuncu 5

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	33,3	0,0	0,0	58,5	0,0
2. Maç	50,0	50,0	0,0	55,0	0,0
3. Maç	0,0	100,0	0,0	50,0	0,0
4. Maç	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
5. Maç	60,0	50,0	50,0	100,0	0,0
6. Maç	54,2	70,0	0,0	69,5	0,0
7. Maç	42,9	37,5	33,0	55,5	0,0
8. Maç	43,3	68,5	0,0	64,5	0,0
10. Maç	43,3	51,5	33,0	75,0	0,0
11. Maç	35,0	54,5	100,0	88,0	0,0
12. Maç	50,0	0,0	0,0	75,0	0,0
13. Maç	50,0	58,0	0,0	52,5	0,0
14. Maç	50,0	0,0	0,0	67,5	0,0
15. Maç	43,8	50,0	100,0	78,0	0,0
16. Maç	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0

Oyuncu 6

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	50,0	60,0	0,0	79,5	0,0
2. Maç	50,0	39,0	33,0	78,5	0,0
3. Maç	38,2	59,0	0,0	61,5	0,0
4. Maç	46,9	50,0	50,0	69,5	0,0
5. Maç	27,8	50,0	100,0	61,0	0,0
7. Maç	37,5	55,5	33,0	45,0	0,0
8. Maç	29,2	59,5	75,0	72,0	0,0
9. Maç	38,9	50,0	0,0	68,0	0,0
10. Maç	33,3	87,5	100,0	56,0	0,0
11. Maç	33,3	46,0	0,0	72,0	0,0
12. Maç	55,2	70,0	0,0	43,5	0,0
13. Maç	37,5	72,0	50,0	69,5	0,0
14. Maç	37,5	55,5	40,0	71,5	0,0
15. Maç	0,0	0,0	0,0	66,5	0,0
16. Maç	33,3	35,5	33,0	84,5	0,0

Oyuncu 7

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	35,0	50,0	33,0	68,5	0,0
3. Maç	50,0	0,0	20,0	68,0	0,0
4. Maç	36,4	50,0	50,0	95,0	0,0
5. Maç	43,8	100,0	0,0	80,0	0,0
6. Maç	43,8	0,0	67,0	78,0	0,0
7. Maç	35,7	0,0	0,0	58,5	0,0
8. Maç	39,3	0,0	75,0	86,5	0,0
9. Maç	50,0	0,0	33,0	80,0	0,0
10. Maç	56,7	25,0	33,0	93,0	0,0
11. Maç	50,0	0,0	100,0	61,0	0,0
12. Maç	38,9	100,0	80,0	73,0	0,0
14. Maç	44,4	0,0	0,0	68,5	0,0
16. Maç	44,4	0,0	33,0	75,0	0,0

Oyuncu 8

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
8.Hafta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10.Hafta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.Hafta	50,0	0,0	33,0	75,0	0,0
15.Hafta	27,3	0,0	33,0	85,5	0,0
16.Hafta	46,4	0,0	33,0	57,5	0,0

Oyuncu 9

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1.Hafta	43,3	62,0	0,0	63,0	0,0
2.Hafta	50,0	58,5	33,0	45,5	0,0
3.Hafta	46,7	55,0	20,0	65,5	0,0
4.Hafta	47,1	70,0	0,0	71,5	0,0
5.Hafta	46,2	57,5	33,0	50,0	0,0
6.Hafta	50,0	76,5	100,0	73,5	0,0
7.Hafta	41,7	58,5	33,0	54,0	0,0
9.Hafta	50,0	65,0	33,0	72,0	0,0
12.Hafta	50,0	61,0	0,0	65,0	0,0
14.Hafta	33,3	63,0	40,0	63,0	0,0
15.Hafta	45,5	50,0	33,0	85,5	0,0
16.Hafta	42,3	68,0	33,0	60,0	0,0

Oyuncu 10

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	37,5	0,0	33,0	62,0	0,0
3. Maç	38,9	0,0	60,0	53,5	0,0
4. Maç	37,5	0,0	0,0	74,0	0,0
5. Maç	46,7	0,0	33,0	88,0	0,0
6. Maç	40,9	0,0	33,0	57,5	0,0
7. Maç	36,4	0,0	0,0	58,5	0,0
8. Maç	36,7	0,0	100,0	54,5	0,0
9. Maç	32,1	100,0	67,0	59,0	0,0
10. Maç	42,3	0,0	33,0	56,0	0,0
11. Maç	40,0	0,0	50,0	68,0	0,0
12. Maç	36,7	0,0	80,0	58,5	0,0
13. Maç	41,7	0,0	50,0	69,5	0,0
14. Maç	52,9	0,0	40,0	58,5	0,0
15. Maç	36,7	0,0	67,0	78,5	0,0
16. Maç	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0

Oyuncu 11

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0
2. Maç	50,0	0,0	100,0	66,5	0,0
3. Maç	52,9	0,0	40,0	84,5	0,0
4. Maç	45,5	0,0	25,0	71,5	0,0
5. Maç	46,2	0,0	0,0	65,0	0,0
6. Maç	46,7	0,0	33,0	66,5	0,0
7. Maç	45,8	0,0	33,0	85,5	0,0
8. Maç	25,0	0,0	50,0	62,5	0,0
9. Maç	45,0	0,0	33,0	85,5	0,0
10. Maç	45,0	0,0	100,0	90,0	0,0
11. Maç	46,7	0,0	67,0	83,5	0,0
13. Maç	54,2	0,0	100,0	78,5	0,0
16. Maç	50,0	0,0	0,0	100,0	0,0

Oyuncu 12

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. Maç	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0
8. Maç	50,0	0,0	0,0	80,0	0,0
9. Maç	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0
12. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Oyuncu 13

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
2. Maç	0,0	66,5	0,0	0,0	0,0
3. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Maç	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
8. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10. Maç	0,0	83,5	0,0	0,0	0,0
11. Maç	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0
13. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16. Maç	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Oyuncu 14

Maçlar	SERVİS	SERVİS K	BLOK	HÜCUM	PAS
1. Maç	40,91	0,00	33,00	50,00	0,00
7. Maç	40,63	50,00	20,00	62,50	0,00
10. Maç	56,67	0,00	0,00	50,00	0,00
13. Maç	55,56	0,00	33,00	100,00	0,00
16. Maç	50,00	0,00	0,00	25,00	0,00

EK6: Oyuncu #1 için Blok Yeteneği Tahmin Yöntemi Seçimi

Maçlar	2li Hareketli ortalama	3lü Hareketli Ortalama	4lü Hareketli ortalama	Ortalama	Üstel Düzeltme	Regresyon	Trend Regresyon
1. Maç Tahmini	-	-	-	-	-	-	-
2. Maç Tahmini	-	-	-	100,00	100,00	35,18	-
7. Maç Tahmini	66,50	-	-	66,50	86,60	26,11	0
11. Maç Tahmini	16,50	44,33	-	44,33	69,28	21,65	0
13. Maç Tahmini	0,00	11,00	33,25	33,25	55,42	21,65	0
14. Maç Tahmini	25,00	16,67	20,75	36,60	54,34	28,41	0
17. Maç Tahmini	50,00	33,33	25,00	38,83	53,47	28,41	18,93

NOT: 17. maç için 1. oyuncunun blok yeteneğinde göstermesi beklenen performansı göstermektedir.

Mutlak Hatalar ve Mutlak Hataların Ortalaması

Maçlar	HATA: 2'li Hareketli ortalama	HATA:3'lü Hareketli Ortalama	HATA: 4'lü Hareketli ortalama	HATA: Ortalama	HATA: Üstel Düzeltme	HATA: Regresyon	HATA: Trend Regresyon
2. Maç Tahmini Mutlak Hatası	-	-	-	67,00	67,00	2,18	-
7. Maç Tahmini Mutlak Hatası	66,50	-	-	66,50	86,60	26,11	0,00
11. Maç Tahmini Mutlak Hatası	16,50	44,33	-	44,33	69,28	21,65	0,00
13. Maç Tahmini Mutlak Hatası	50,00	39,00	16,75	16,75	5,42	28,35	50,00
14. Maç Tahmini Mutlak Hatası	25,00	33,33	29,25	13,40	4,34	21,59	50,00
Mutlak Hataların Ortalaması	39,50	38,89	23,00	28,20	46,53	19,98	25,00

NOT: 17. maç için 1. oyuncunun blok yeteneğinde en düşük mutlak hata ortalamasına sahip yöntemi ve hata değerini göstermektedir.