

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**PROJE BÜTÇE TAHSİSİ İÇİN BULANIK PROGRAMLAMAYA
DAYALI BİR DEĞERLENDİRME SÜRECİ VE KARAR DESTEK
SİSTEMİ ÖNERİSİ**

HAZIRLAYAN

SEDA NUR BUDAK

DOKTORA TEZİ

ANKARA – 2025

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**PROJE BÜTÇE TAHSİSİ İÇİN BULANIK PROGRAMLAMAYA
DAYALI BİR DEĞERLENDİRME SÜRECİ VE KARAR DESTEK
SİSTEMİ ÖNERİSİ**

HAZIRLAYAN

SEDA NUR BUDAK

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. KUMRU DİDEM ATALAY

ANKARA – 2025

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Doktora Programı çerçevesinde Seda Nur Budak tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 14 / 08 / 2025

Tez Adı: Proje Bütçe Tahsisi İçin Bulanık Programlamaya Dayalı Bir Değerlendirme Süreci Ve Karar Destek Sistemi Önerisi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)		İmza
Prof. Dr. Kumru Didem Atalay	Başkent Üniversitesi	
Prof. Dr. Yusuf Tansel İç	Başkent Üniversitesi	
Prof. Dr. Mehmet Kabak	Gazi Üniversitesi	
Doç. Dr. Yavuz Selim Özdemir	Ankara Bilim Üniversitesi	
Dr. Öğr. Üyesi Tusan Derya	Başkent Üniversitesi	

ONAY

Prof. Dr. Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih : ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 14 / 08 / 2025

Öğrencinin Adı, Soyadı : Seda Nur Budak

Öğrencinin Numarası : 21710413

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Prof. Dr. Kumru Didem Atalay

Tez Başlığı : Proje Bütçe Tahsisi İçin Bulanık Programlamaya Dayalı Bir Değerlendirme Süreci Ve Karar Destek Sistemi Önerisi

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 101 sayfalık kısmına ilişkin, 25 / 08 / 2025 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı 5'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden 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

Tarih: 14 / 08 / 2025

Öğrenci Danışmanı:

Prof. Dr. Kumru Didem Atalay

.....

Aileme...



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca desteklerini, teşviklerini ve rehberliklerini esirgemeyen Danışmanım Prof. Dr. Kumru Didem Atalay’a, tez çalışmam sırasındaki bilimsel katkılarından dolayı Sayın Doktor Öğretim Üyesi Tusan Derya’ya, Prof. Dr. Mehmet Kabak’a ve Prof. Dr. Yusuf Tansel İç’e içtenlikle teşekkür etmek isterim.

Bu zorlu süreçte sürekli ilgi ve desteğini esirgemeyen harika ailem Şeref, Fatma, Alperen ve Numan Furkan Budak’a, varlığıyla bana huzur veren bal kızım Misha’ya sevgilerimi sunarım.

Hepinize akademik ve kişisel hayatımdaki bu önemli başarının önemli bir parçası olduğunuz için teşekkür ederim.

İlginize ve desteğinize sonsuz teşekkürlerimle,

ÖZET

Seda Nur BUDAK

PROJE BÜTÇE TAHSİSİ İÇİN BULANIK PROGRAMLAMAYA DAYALI BİR DEĞERLENDİRME SÜRECİ VE KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

2025

Araştırma ve geliştirme projelerinin değerlendirilmesi ve finansman kararlarının etkinliği ile stratejik tutarlılığının artırılması, kamu kaynaklarının verimli kullanımı açısından kritik bir gerekliliktir. Mevcut uygulamalarda karşılaşılan güncelliğini yitirmiş, ağırlıkları sezgisel olarak atanmış ve kurumsal önceliklerle uyumlu olmayan değerlendirme kriterleri, kaynak tahsisinde etkinliği azaltan önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu kapsamda, uzman görüşleri ve literatür analizi yoluyla belirlenen kriterlerin görece önemleri Shannon entropisi ile nesnel olarak değerlendirilmiş ve sistematik bir değerlendirme çerçevesi tasarlanmıştır. Proje önerileri, k-ortalamlar kümeleme algoritması kullanılarak belirli profil gruplarına sınıflandırılmış ve bu profiller ile değerlendirme puanlarına dayalı olarak bütçe tahsisini optimize etmek amacıyla bir bulanık matematiksel programlama modeli geliştirilmiştir. Ayrıca, sürecin kurumsal ortamlarda uygulanabilirliğini artırmak için kullanıcı dostu bir karar destek sistemi tasarlanarak değerlendirme iş akışına entegre edilmiştir. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın daha hızlı, açık, izlenebilir ve stratejik olarak uyumlu değerlendirmeler sağladığını ve duyarlılık analizleriyle modelin sağlamlığının doğrulandığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, kurumsal karar alma süreçlerinin optimizasyonu, ulusal önceliklerle daha etkili uyum sağlanması ve Ar-Ge destek mekanizmalarının genel etkinliği ile izlenebilirliğinin güçlendirilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Proje Değerlendirme, Bütçe Tahsisi, Karar Destek Sistemleri, Bulanık Programlama, K-ortalamlar Kümeleme, Shannon Entropisi

ABSTRACT

Seda Nur BUDAK

A FUZZY PROGRAMMING-BASED EVALUATION PROCESS AND A DECISION SUPPORT SYSTEM PROPOSAL FOR PROJECT BUDGET ALLOCATION

Başkent University Institute of Science

Department of Industrial Engineering

2025

Improving the effectiveness and strategic consistency of research and development evaluation and funding decisions is a critical requirement for the efficient use of public resources. In current practice, obsolete evaluation criteria with subjectively assigned weights and inadequate alignment with institutional priorities pose a substantial challenge that reduces the effectiveness of resource allocation. The significance of criteria determined through expert consultation and literature review was objectively assessed using Shannon entropy, and a systematic evaluation methodology was established. Project proposals were classified into specific profile groups utilizing the k-means clustering algorithm, and a fuzzy mathematical programming model was formulated to optimize budget allocation based on these profiles and evaluation scores. A user-friendly decision support system was designed and integrated into the evaluation workflow to enhance practical applicability in institutional contexts. The findings indicate that the suggested methodology facilitates expedited, clearer, more traceable, and strategically aligned assessments, with sensitivity studies validating the model's resilience. These findings significantly enhance institutional decision-making, improve alignment with national priorities, and strengthen the efficiency and traceability of R&D support mechanisms.

KEYWORDS: Project Evaluation, Budget Allocation, Decision Support System, Fuzzy Programming, K-Means Clustering, Shannon Entropy

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tez Çalışma Konusunun Arka Planı	2
1.2. Problemin Tanımı.....	4
1.3. Tez Çalışmasının Amacı.....	5
1.4. Tez Çalışmasının Önemi	6
1.5. Tezin Yapısı.....	6
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
3. AR-GE PROJELERİ HAKEM DEĞERLENDİRME SİSTEMİ	15
4. METODOLOJİK YAKLAŞIM VE MODEL GELİŞTİRME ÇERÇEVESİ	28
4.1. Kriter Eleme ve Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma	31
4.2. Karar Destek Sistemi	34
4.3. K-ortalamlar Kümeleme.....	35
4.4. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Matematiksel Modeller	39
4.5. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Bulanık Matematiksel Model	43
4.5.1. Bulanık matematiğin temelleri.....	44
4.5.2. Bulanık doğrusal programlama	49
4.5.3. Önerilen bulanık matematiksel model	53
5. UYGULAMA	58
5.1. Kriter Eleme Sistematiği ve Kriterlerin Entropi Yöntemi ile Ağırlıklandırılması.....	58
5.2. Ar-Ge Projelerinin Hakem, Kurul ve Koordinatör Değerlendirme Süreci için Karar Destek Sistemi.....	64
5.2.1. Hakem Değerlendirme Modülü	67
5.2.2. Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü	69
5.2.3. Grup Koordinatörü Karar Modülü.....	72

5.3. K-ortalamlar Kümeleme Algoritması ile Projelerin Gruplandırılması	76
5.4. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Matematiksel Modelin Uygulaması	79
5.5. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Bulanık Matematiksel Modelin Uygulaması .	83
5.6. Ar-Ge Proje Değerlendirme Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi	93
6. SONUÇLAR.....	98
KAYNAKLAR.....	102



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Değerlendirme kriterlerine ilişkin yapılan literatür çalışmasının özeti.....	15
Tablo 3.2. ABD Ulusal Bilim Vakfının değerlendirme sistemiği	18
Tablo 3.3. Kanada Doğal Bilimler ve Mühendislik Araştırma Konseyinin değerlendirme sistemiği.....	18
Tablo 3.4 Avrupa Araştırma Konseyinin değerlendirme sistemiği	20
Tablo 3.5. Avrupa İnovasyon Konseyinin değerlendirme sistemiği	20
Tablo 3.6. Innovate UK değerlendirme sistemiği.....	21
Tablo 3.7. Japonya Bilim ve Teknoloji Ajansının değerlendirme sistemiği	22
Tablo 3.8. Avustralya Araştırma Konseyinin değerlendirme sistemiği	23
Tablo 3.9. TÜBİTAK sanayi programları değerlendirme sistemiği.....	25
Tablo 5.1. Karar verici bilgileri	58
Tablo 5.2. "Finansal fayda" ana kriteri için eleme sistemiği	59
Tablo 5.3. Karar vericiler tarafından sıralandırılan ve puanlanan kategoriler.....	60
Tablo 5.4. "Fayda Boyutu" için entropi yöntemi sonuçları	60
Tablo 5.5. Hakem değerlendirmesinde kullanılacak kriter seti	61
Tablo 5.6. GYK üye değerlendirmesinde kullanılacak kategori seti.....	71
Tablo 5.7. Çağrı sonuçları için kümeleme ve eşik değerler	79
Tablo 5.8. M1 ve M2 sonuçları	80
Tablo 5.9. M3 modeli sonuçları	85
Tablo 5.10. Mevcut ve önerilen sistem puanlamaları.....	93
Tablo 5.11. Temel istatistikler	94
Tablo 5.12. Mevcut ve önerilen sistem arasındaki korelasyon katsayıları	95

Tablo 5.13. Kolmogorov-Smirnov test sonuçları 96

Tablo 5.14. Eşleştirilmiş t-testi sonuçları 97



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Çalışmanın akış diyagramı	30
Şekil 4.2. Bulanık bir kümenin çekirdeği, desteği ve sınırları	46
Şekil 4.3. Üçgen bulanık sayı	49
Şekil 4.4. Bulanık doğrusal programlama problemlerinin sınıflandırılması	50
Şekil 4.5. μ_{Bx} üyelik fonksiyonuna ait grafik	56
Şekil 4.6. μ_{Dix} üyelik fonksiyonuna ait grafik	56
Şekil 5.1. Ar-Ge projeleri değerlendirme için geliştirilen KDS yapısı	65
Şekil 5.2. Proje değerlendirme süreci için KDS ana ekranı	65
Şekil 5.3. Hakem değerlendirmeleri için KDS ekranı	68
Şekil 5.4. Proje değerlendirmelerini içeren Excel veri tabanı dosyası görüntüsü	69
Şekil 5.5. GYK üyeleri için KDS ekranı	72
Şekil 5.6. GK için KDS ekranı	74
Şekil 5.7. Proje değerlendirme puanı hesaplama ekranı.....	74
Şekil 5.8. Sanayi Ar-Ge destek programı 2022 çağrısı projelerinin kümele sonucu.....	77
Şekil 5.9. Sanayi Ar-Ge destek programı 2023 çağrısı projelerinin kümele sonucu.....	78

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analitik Ağ Süreci
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
GK	Grup Koordinatörü
GP	Goal Programming
GYK	Grup Yürütme Kurulu
KDS	Karar Destek Sistemleri
FLP	Fuzzy Linear Programming
LP	Linear Programming
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
MOLP	Multi-objective Linear Programming
TFN	Triangular Fuzzy Number
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
WCSS	Within-Cluster Sum of Squares
ZBB	Zero Based Budgeting

1. GİRİŞ

Bilgi çağının şekillendirdiği modern dünyada, ekonomik büyüme, teknolojik ilerleme ve toplumsal refah, araştırma ve geliştirmenin (Ar-Ge) en önemli dinamiklerinden biridir. Ar-Ge, yalnızca yeni bilgi üretme süreci değildir; aynı zamanda yeni fikirlerin bu bilgiyi birleştirerek toplumun mevcut veya gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayan ürünlere, hizmetlere, süreçlere ya da sistemlere dönüştürülmesini kapsayan çok boyutlu bir süreçtir. Bu yönüyle Ar-Ge, bilimsel bilginin yalnızca soyut düzeyde kalmasını önleyerek; onu ekonomik katkı ve toplumsal ihtiyaçlara yanıt verebilen somut çıktılara dönüştüren stratejik bir araç konumundadır.

Ar-Ge faaliyetleri, sadece üniversiteler ve araştırma merkezleri gibi akademik kurumlarda değil; aynı zamanda sanayi kuruluşları, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları nezdinde de yaygın olarak yürütülmektedir. Akademik Ar-Ge, temel bilimsel bilgi üretimini desteklerken; endüstriyel Ar-Ge, bu bilgiyi teknolojiye dönüştürerek katma değeri yüksek çıktılar elde etmeyi amaçlar. Kamu destekli Ar-Ge politikaları ise bu iki alan arasında bir köprü kurarak, bilginin ticarileştirilmesini ve toplumsal faydaya dönüştürülmesini teşvik eder. Bu nedenle, Ar-Ge sadece bir araştırma disiplini değil; aynı zamanda inovasyon ekosisteminin temel yapı taşı olarak stratejik planlama, kaynak tahsisi ve ulusal rekabet gücü açısından da kritik bir konumdadır.

Ar-Ge'ye kamu desteği sağlanırken yalnızca teknik yeterlilik ya da bilimsel özgünlük değil; stratejik etki, toplumsal katkı ve ticarileşme potansiyeli gibi çok boyutlu kriterler de dikkate alınmalıdır. Ancak bu çok kriterli yapının sağlıklı işleyebilmesi için, kamu bütçesinin doğru projelere tahsis edilmesi gereklidir. Bu yalnızca kamu kaynaklarının verimli kullanımı açısından değil, aynı zamanda ulusal Ar-Ge ekosisteminin güvenilirliği ve sürdürülebilirliği açısından da hayati bir gerekliliktir.

Bu tezde, kamu kurumlarında Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesine yönelik mevcut sistemin sınırlılıklarına alternatif olarak, çok kriterli karar verme temelli ve veri odaklı bir değerlendirme yaklaşımı geliştirilmiştir. Literatür taraması ile belirlenen kriterler entropi yöntemiyle ağırlıklandırılmış, projeler bu kriterlere göre puanlanmış ve ardından k-ortalamar algoritması kullanılarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen üç farklı model aracılığıyla projelerin stratejik profillerine dayalı olarak gruplandırılması sağlanmış ve böylece karar vericilere nesnel, tutarlı ve karşılaştırılabilir bir değerlendirme yapısı sunulmuştur. Tez kapsamında geliştirilen bu sistemin, mevcut değerlendirme süreçlerine

tamamlayıcı bir araç olarak katkı sağlaması ve benzer uygulamalar için referans bir model oluşturması amaçlanmaktadır.

Bu bölüm, çalışmanın genel bağlamını ortaya koymakta; Ar-Ge'nin stratejik önemi, değerlendirme sistemlerinin mevcut durumu ve sınırlılıkları üzerinden araştırma konusunun arka planını sunmaktadır. Ardından, mevcut sistemin yetersizliklerine dayalı olarak problem durumu tanımlanmış; bu probleme yanıt olarak geliştirilen yaklaşımın amacı, kapsamı ve bilimsel/uygulamalı önemi açıklığa kavuşturulmuştur.

1.1. Tez Çalışma Konusunun Arka Planı

Teknolojik gelişmelerin hız kazandığı ve küresel rekabetin yoğunlaştığı günümüzde, Ar-Ge faaliyetleri hem ülkeler hem de işletmeler için artık bir tercih değil, stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Üretim süreçlerinin ileri teknolojiye dayalı hale gelmesi, uluslararası ticaretin dijitalleşmesi ve bilgiye dayalı ekonomilerin yükselişi, Ar-Ge'yi yalnızca teknolojik ilerleme için değil, aynı zamanda ekonomik dirençlilik ve ulusal güvenlik açısından da kritik bir konuma taşımıştır. Bu bağlamda, kamu kurumlarının Ar-Ge faaliyetlerine yönelik olarak sağladığı destekler, yalnızca bilimsel bilgi üretimini değil, aynı zamanda bu bilginin stratejik hedeflerle uyumlu şekilde toplumsal ve ekonomik çıktılara dönüşmesini sağlayan temel bir politika aracıdır.

Türkiye'de, ulusal kalkınma hedefleri doğrultusunda Ar-Ge faaliyetlerini destekleyen kamu kurumları, Ar-Ge'nin yönlendirilmesi ve teşvik edilmesi konusunda önemli bir rol üstlenmektedir. Bu kurumların sunduğu destek programları, hem akademik çevreler hem de özel sektör ve girişimciler tarafından büyük bir ilgiyle karşılanmaktadır. Özellikle, 2019-2023 yılları arasında “Akademik” ve “Kamu” desteklerini sağlayan programlara toplamda 55.606 proje başvurusu yapılmış ve bunların 9.862'si desteklenmiştir. Aynı dönemde 'Sanayi' destek programlarına yapılan 65.503 proje başvurusundan ise 29.928'i desteklenmiştir [1]. Bu veriler, Ar-Ge destek mekanizmalarının kapsamını ve paydaşlar nezdindeki önemini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) verilerine göre, hükümet bütçesinden Ar-Ge'ye ayrılan paylar (GBARD), ülkelerin yenilik ve teknolojik ilerlemeyi teşvik etme konusundaki kararlılığının önemli bir göstergesidir [2]. 2023 yılında Türkiye'nin toplam Ar-Ge harcamaları, bir önceki yıla göre 178,873 milyon Türk Lirası (TL) artarak 377,542 milyon TL'ye ulaşmış ve Ar-Ge harcamalarının Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) içindeki payı %1,42'ye yükselmiştir [3]. Bu artış eğilimi, Türkiye'nin Ar-Ge kapasitesini artırmaya yönelik stratejik iradesini yansıtırken; aynı zamanda kaynakların

etkili ve önceliklere uygun şekilde yönlendirilmesi gerekliliğini de beraberinde getirmektedir.

Kamu destekli Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde Türkiye’de hakemlik ve panel sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, projeleri özgünlük, teknik uygulanabilirlik, ticarileşme potansiyeli, stratejik önceliklerle uyum ve bütçe gerekçesi gibi kriterlere göre değerlendirmektedir. Ancak mevcut uygulamada, bu kriterlerin ağırlıkları çoğunlukla sezgisel olarak belirlenmekte ve değerlendirme süreci bireysel hakem görüşlerine dayalı olarak yürütülmektedir. Bu durum, değerlendirme süreçlerinde tutarsızlıklara, benzer özelliklere sahip projelerin farklı şekilde sonuçlanmasına ve proje puanları ile bütçe tahsisi arasında net bir bağ kurulamamasına neden olmaktadır. Özellikle kamu kaynaklarının sınırlı olduğu bir ortamda, hangi projelerin neden destekleneceğine ilişkin kararların gerekçelendirilebilir, izlenebilir ve stratejik önceliklerle uyumlu biçimde alınması gerektiği açıktır.

Uluslararası literatürde, bu gibi çok boyutlu karar ortamlarında daha nesnel ve yapılandırılmış yaklaşımlar geliştirilmesine yönelik önemli bir eğilim söz konusudur. Çok kriterli karar verme yöntemleri, istatistiksel analizler ve makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmaları, Ar-Ge değerlendirme süreçlerinde öznelliği azaltmak, projeler arasında karşılaştırılabilirlik sağlamak ve stratejik kaynak tahsisini desteklemek üzere önerilmektedir. Bu yöntemler, yalnızca proje puanlarının hesaplanmasını değil, aynı zamanda benzer projelerin gruplandırılmasını, performans profillerinin oluşturulmasını ve alternatif bütçe senaryolarının test edilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak Türkiye’de kamu destek mekanizmalarında bu tür veri temelli sistemlerin henüz sistematik biçimde kullanılmadığı, karar alma süreçlerinin ağırlıklı olarak nitel yorumlara dayandığı görülmektedir.

Bu çalışma, mevcut sistemin tanımlanan bu sınırlılıklarına yanıt olarak geliştirilmiş, analitik tabanlı bir karar destek yaklaşımı sunmaktadır. Literatür taramasıyla belirlenen kriterlerin entropi yöntemiyle ağırlıklandırılması, projelerin bu yapıya göre puanlanması ve ardından k-ortalamlar (k-means) kümeleme algoritmasıyla sınıflandırılması yoluyla projeler daha anlamlı ve tutarlı şekilde analiz edilebilmiştir. Bu sınıflandırmalara dayanarak geliştirilen üç farklı bütçe dağıtım modeli sayesinde, yalnızca projelerin değerlendirilmesi değil, kamu kaynaklarının nasıl daha stratejik biçimde tahsis edilebileceği de ortaya konmuştur. Bu yönüyle çalışma, kamu destekli Ar-Ge projelerinde nesnelliği, hesap verebilirliği ve etki temelli karar almayı güçlendirmeyi amaçlayan bütüncül bir çözüm sunmaktadır.

1.2. Problemin Tanımı

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi, kamu desteklerinin etkin ve adil biçimde tahsisi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ancak mevcut sistemlerde uygulanan değerlendirme süreçleri, projelerin çok boyutlu yapısını yeterince yansıtamamakta, değerlendirme kriterleri arasında tutarlılık sağlanamamakta ve projeler arasındaki önceliklendirme kararları çoğunlukla sezgisel yaklaşımlara dayalı olarak yürütülmektedir. Özellikle çok sayıda başvurunun alındığı büyük ölçekli programlarda, hakem değerlendirmelerinin öznelliğe açık olması, kriter ağırlıklarının sistematik biçimde belirlenmemesi ve projelerin karşılaştırılabilir bir yapıda analiz edilememesi gibi sorunlar öne çıkmaktadır.

Bu çerçevede, kamu destekli Ar-Ge değerlendirme süreçlerinde yaşanan bazı tutarsızlıklar dikkate değerdir. Örneğin, aynı çağrı kapsamında benzer teknoloji alanlarında başvuru yapan iki proje, benzer bütçe büyüklüklerine ve aynı hakem havuzuna tabi olmasına rağmen biri yüksek, diğeri düşük puan alarak bütçe desteği konusunda tamamen farklı sonuçlara ulaşabilmektedir. Hakemlerden gelen puanların gerekçeleri çoğu zaman homojenlik göstermemekte; bazı projeler teknik yönden yüksek puan almasına rağmen desteklenemeyebilmekte, bazı projeler ise görece daha düşük puanlarla desteklenebilmektedir. Bu tür örnekler, değerlendirme sisteminin subjektifliğini ve nihai kararların sistematik bir dayanakla ilişkilendirilmediğini göstermektedir.

Benzer şekilde, değerlendirme formlarında “yenilikçilik”, “teknik yeterlilik”, “bütçe uygunluğu” ve “yaygın etki” gibi çeşitli kriterler puanlama sistemine entegre edilmekte ve bu kriterlere belirli ağırlıklar atanmaktadır. Ancak uygulamada, bu ağırlıkların değerlendirme sürecine sistematik ve tutarlı biçimde yansıtılamadığı; hakem puanlarının kişisel yorum ve önceliklere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durum, aynı proje için farklı hakemlerden gelen değerlendirmeler arasında önemli farklılıklar oluşmasına ve projelerin nesnel kıyaslamasının zorlaşmasına neden olmaktadır.

Tüm bu değerlendirme zorluklarına ek olarak, proje puanları ile bütçe tahsisi arasında güçlü ve izlenebilir bir ilişkinin kurulamaması, mevcut sistemin en kritik sorunlarından birini oluşturmaktadır. Değerlendirme sonucunda yüksek puan alan projelerin ne ölçüde fonlandığı veya farklı çağrılarda görece düşük puanlı projelerin neden desteklendiği çoğu zaman açık bir şekilde gerekçelendirilememekte; bütçe tahsisi kararları, teknik değerlendirmenin ötesinde farklı etmenlerin etkisinde şekillenebilmektedir. Bu durum, kamu kaynaklarının nasıl ve neden dağıtıldığına dair hesap verebilirliğin zayıflamasına yol açmakta; aynı zamanda proje sahipleri ve paydaşlar nezdinde sistemin güvenilirliğini sorgulatmaktadır.

Sonuç olarak, mevcut uygulamada Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi büyük ölçüde bireysel hakem görüşlerine ve sezgisel yaklaşımlara dayalı olarak ilerlemekte; değerlendirme çıktıları ile bütçe kararları arasında bütüncül, nesnel ve stratejik bir bağ kurulamamaktadır. Bu çalışmanın odaklandığı temel problem, bu çok boyutlu karar ortamında daha sistematik, veri temelli, hesap verebilir ve stratejik önceliklerle uyumlu bir değerlendirme ve bütçe tahsis altyapısının eksikliğidir. Bu kapsamda çalışma, söz konusu yapısal soruna çözüm üretmeyi hedeflemekte; kamu kaynaklarının projelere tahsisini daha bilimsel, nesnel ve adil biçimde gerçekleştirebilecek bütüncül bir değerlendirme yaklaşımı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

1.3. Tez Çalışmasının Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, kamu kurumlarında uygulanan Ar-Ge projeleri değerlendirme sistemlerine alternatif olarak, çok kriterli karar verme temelli ve veri odaklı bir sistem geliştirmektir. Geliştirilen sistem, yalnızca proje puanlarının daha nesnel ve sistematik biçimde belirlenmesini değil, aynı zamanda bu puanlara dayalı olarak projelerin anlamlı kümeler ayrılmasını ve kamu kaynaklarının bu yapılar doğrultusunda daha adil, izlenebilir ve stratejik biçimde tahsis edilmesini sağlamayı hedeflemektedir.

Bu amaç doğrultusunda çalışmada:

- Literatür taramasına dayalı bir kriter seti oluşturulmuş,
- Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları nesnel biçimde hesaplanmış,
- Projeler belirlenen kriterlere göre puanlanmış,
- K-ortalamar kümeleme algoritmasıyla benzer projeler gruplandırılmış,
- Bütçe tahsisine yönelik olarak, değerlendirme çıktılarından beslenen üç farklı model (hedef programlama yaklaşımıyla oluşturulmuş çok amaçlı model, bütçeyle ilintili hakem puanları oranına dayalı model ve bulanık programlama modeli) geliştirilmiştir.

Bu yapıyla çalışma, geleneksel değerlendirme süreçlerinin öznellik ve belirsizlik içeren yönlerini ortadan kaldırmayı; karar vericilere daha nesnel, gerekçelendirilebilir ve stratejik önceliklerle uyumlu bir değerlendirme ve bütçe tahsis altyapısı sunmayı amaçlamaktadır.

1.4. Tez Çalışmasının Önemi

Bu çalışmanın bilimsel katkısı, kamu destekli Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesine yönelik olarak nesnel, çok kriterli ve algoritmik temelli bir yaklaşım geliştirmesidir. Mevcut literatürde karar destek sistemleri, çok kriterli karar verme yöntemleri, makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmaları ve bütçe tahsisi modellemelerinin kamu yönetimi süreçlerine entegrasyonuna yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu tez, söz konusu boşluğu doldurarak yalnızca proje puanlaması değil, aynı zamanda değerlendirme çıktılarından hareketle kamu kaynaklarının dağıtımını da sistematik hale getiren bütüncül bir metodoloji sunmaktadır.

Çalışma, Ar-Ge projelerinin yalnızca teknik düzeyde değil, stratejik önceliklerle ve bütçe kısıtlarıyla birlikte değerlendirilmesini mümkün kılmakta; böylece karar vericilere daha tutarlı, karşılaştırılabilir ve gerekçelendirilebilir bir karar altyapısı sağlamaktadır. Geliştirilen model, kamu kurumlarının uygulamalarına entegre edilebilir nitelikte olup, hem değerlendirme sürecinin öznellikten arındırılmasına hem de kaynak tahsisinin daha rasyonel bir temele oturtulmasına katkı sağlamaktadır.

Toplumsal katkı açısından ise bu çalışma, kamu kaynaklarının daha etkili kullanılmasını, destek kararlarının daha adil ve stratejik biçimde alınmasını ve kamu desteğine başvuran aktörler nezdinde sistemin güvenilirliğinin artırılmasını hedeflemektedir. Bu sayede sadece kamu kurumları değil; özel sektör, girişimciler ve akademik kurumlar da Ar-Ge destek sistemlerine duyulan güveni artırarak daha güçlü bir ulusal yenilik ekosisteminin gelişimine katkı sunabilecektir.

1.5. Tezin Yapısı

Bu tez ana ana bölümden oluşmaktadır:

Bölüm 1: Giriş – Ar-Ge'nin önemi, değerlendirme sistemlerinin durumu, araştırma problemi, amaç, sorular ve metodolojik çerçevenin genel sunumu yapılmıştır.

Bölüm 2: Literatür Taraması – Ar-Ge değerlendirme sistemleri, çok kriterli karar verme yöntemleri ve makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmalarına ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmalar analiz edilmiştir.

Bölüm 3: Ar-Ge Projeleri Hakem Değerlendirme Sistemi – Avrupa ve dünyada, ulusal hedefler doğrultusunda Ar-Ge projelerine fon sağlayan ve bilimsel çalışmaları teşvik eden lider kurumların Ar-Ge projelerini değerlendirme sistematiği incelenmiştir.

Bölüm 4: Metodolojik Yaklaşım ve Model Geliştirme Çerçevesi – Çalışmada kullanılan kriterlerin belirlenme süreci, entropi yöntemi, KDS, k-ortalamlar kümeleme algoritmasının adımları ve bütçe tahsisi için geliştirilen matematiksel modeller açıklanmıştır.

Bölüm 5: Uygulama – 4. bölümde sunulan metodoloji kapsamında kriterlerin belirlenme süreci, entropi yöntemi ile ağırlıklandırılması, hakem, kurul üyesi ve koordinatör gibi sistem paydaşlarının kullanacağı KDS'nin tasarımı, k-ortalamlar kümeleme algoritmasının uygulanma adımları ve bütçe tahsisi için geliştirilen matematiksel modeller açıklanmıştır. Geliştirilen sistemin örnek bir veri seti üzerinde uygulanması, üç farklı modelin sonuçları ve elde edilen kümeler sunulmuştur.

Bölüm 6: Sonuçlar – Bulguların değerlendirilmesi, mevcut sistemle karşılaştırma, sınırlılıklar, öneriler ve gelecekteki çalışmalara yönelik çıkarımlar sunulmuştur.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen literatür taramasında, Ar-Ge projelerinin değerlendirme kriterleri, de Souza vd. [4] tarafından gerçekleştirilen sistematik inceleme temel alınarak genişletilmiş ve bu doğrultuda projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler belirlenmiştir.

"Kar" kriteri, Madey ve Dean [5], Graves ve Ringuest [6], Henig ve Katz [7], Heydari vd. [8] gibi araştırmacılar tarafından ele alınmış ve kârlılığın karar verme süreçlerinde kilit bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde, "Beklenen getiri", projelerin gelecekteki başarı potansiyelini değerlendirmede kritik bir ölçüt olarak ele alınmıştır [5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. "Ürünün büyüme potansiyeli" ise, yenilikçi ürün geliştirme süreçlerinde stratejik bir öneme sahip olup, Hsu vd. [20] ve Salehi vd. [21] tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. "Kârlılık potansiyeli, üretkenlik ve maliyetteki değişiklikler", işletmelerin finansal performans ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerini gerçekleştirmede kritik bir rol oynamaktadır [22]. Proje seçiminde sıklıkla kullanılan bir diğer kriter olan "fayda/maliyet analizi", ekonomik kararların rasyonel bir şekilde alınmasında önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir [23, 24]. "Yaygınlaştırma yeteneği", özellikle ürün veya hizmetlerin geniş kitlelere ulaştırılabilirliğini ifade etmektedir ve Wang vd. [25] çalışmasında bu kriterin önemi vurgulanmıştır. "Çıktı", Ar-Ge projelerinin performansını değerlendiren ve patent, akademik yayın veya yeni ürün geliştirme gibi unsurları içeren bir göstergedir [26, 27, 28]. Bu bağlamda, patentler, yenilikçi teknolojilerin korunmasını sağlayarak projelerin ticari potansiyelini artırmaktadır [10, 17, 29, 30, 31, 32]. "Araştırma", projelerin başlangıç aşamasında yapılan bilimsel ve teknik çalışmaları kapsamakta olup, Mohanty vd. [33] tarafından bu aşamanın proje başarısındaki belirleyici etkisi vurgulanmıştır.

"Beklenen pazar payı" kriteri, projelerin hedef pazarlardaki başarı potansiyelini öngörmeye önemli bir metrik olarak literatürde yer almıştır [6, 10, 33, 34, 35, 36]. "Pazar potansiyeli", belirli bir ürün veya hizmet için toplam talebi ifade eder ve doğru tahmin edilmesi, stratejik karar alma süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır [10, 17, 18, 19, 33, 36, 37, 38, 39, 40]. "Pazar araştırması", hedef pazarlardaki tüketici davranışlarını ve rekabet koşullarını analiz etmeyi amaçlamakta ve bu sürecin proje seçim süreçlerinde stratejik bir araç olduğu belirtilmektedir [18]. "Beklenen satış hacmi ve satışlar", projelerin ticarileştirme başarılarının temel göstergelerindendir. "Beklenen satış hacmi", pazar büyüklüğü

tahminleriyle doğrudan ilişkilendirilirken, "satışlar", işletme performansını ölçmede kullanılan temel bir metrik olarak değerlendirilmektedir [30]. "Mevcut pazarlarla ilişki", projelerin mevcut müşteri tabanı ve pazar yapısına entegrasyon yeteneğini değerlendirirken, Liberatore [10] bu ilişkinin projelerin rekabet avantajını sürdürebilmesi ve hedef pazarda etkili bir şekilde konumlanması açısından kritik önem taşıdığını belirtmiştir.

"Rekabetin yoğunluğu", projelerin pazardaki rekabet koşullarına uyum sağlama ve rekabet avantajını sürdürebilme kapasitelerini değerlendirirken Hsu vd. [20] çalışmasında piyasa rekabetinin projelerin başarıya ulaşmasındaki kritik etkisini vurgulamıştır. Buna ek olarak, "çevresel elverişlilik", projelerin çevresel koşullara uyum sağlama ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlama kapasitesini ölçmektedir. Hsu vd. [20], bu kriterin çevresel etkileri en aza indirmenin yanı sıra projelerin sürdürülebilirlik stratejilerine entegrasyonunda kilit rol oynadığını ifade etmiştir.

"Endüstri ilişkisi", projelerin sektörel bağlamda uygulanabilirliğini ve endüstriyel değer yaratma potansiyelini artırmak için önemli bir kriter olarak ele alınmıştır [20]. Bunun yanında, "öğrenme ve büyüme", projelerin uzun vadeli sürdürülebilir büyüme hedeflerine katkı sağlama kapasitesini değerlendiren bir faktör olup Eilat vd. [41] tarafından bu kriterin stratejik önemine dikkat çekilmiştir. Ürünü pazarlama yeteneği, projelerin ticarileştirme başarısını etkileyen bir unsur olarak Liberatore tarafından [10, 37, 38] çalışmalarında ele alınmıştır. Bu kriter, müşteri odaklı stratejilerin geliştirilmesi ve projelerin pazardaki başarısında temel bir role sahiptir.

"Teknoloji yeteneği" ve "teknoloji uyumluluğu" kriterleri Karaveg vd. [18] tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. "Teknoloji yeteneği", projelerin yenilikçi çözümler geliştirme kapasitesini değerlendirirken, teknoloji uyumluluğu, projelerin mevcut altyapıya entegrasyon yeteneğini ölçmektedir. "Fikri mülkiyet değerlemesi", projelerin yenilikçi çözümlerinin korunması ve ticarileştirilmesi açısından stratejik bir öneme sahip olup yine Karaveg vd. [18] tarafından detaylandırılmıştır. "Benzer projede yetkinlik ve deneyim", projelerin geçmiş tecrübelerden faydalanma kapasitesini ve bu bağlamda başarıya ulaşma potansiyelini artırmaktadır. Mohanty vd. [33] ve Mohaghar vd. [36], bu kriterin projelerdeki operasyonel yetkinliği nasıl desteklediğini tartışmıştır. "Şirketin Ar-Ge altyapısı ve kültürü", projelerin yenilikçi kapasitesini artıran ve uzun vadeli başarıyı destekleyen bir unsur olarak Karasakal ve Aker [22] tarafından ele alınmıştır. Bu kriterler, Ar-Ge projelerinin hem içsel hem de dışsal faktörler açısından değerlendirilmesi gerektiğini ve çok yönlü bir bakış açısının önemini ortaya koymaktadır.

"Kaynak gereksinimleri", projelerin gerçekleştirilmesi için gereken mali ve fiziksel kaynakların miktarını ve kalitesini ifade eder. Oral vd. [42], bu gereksinimlerin doğru bir şekilde belirlenmesinin projelerin başarıya ulaşmasında temel bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Bunun yanında, "Ar-Ge kaynaklarının mevcudiyeti", projelerin yenilikçi çözümler üretme kapasitesini doğrudan etkileyen önemli bir faktör olarak ele alınmıştır. Liberatore [10] ve Cheng vd. [19], bu kaynakların tahsisinin, projelerin teknik ve ekonomik fizibilitesini artırmada etkili olduğunu ifade etmiştir.

"İnsan gücü", projelerin operasyonel verimliliğini belirleyen önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan gücünün yeterliliği ve motivasyonunun projelerin başarısı üzerindeki etkisi çeşitli çalışmalar [8, 9, 11, 16, 18, 26, 29, 31, 41, 43, 44, 45, 46, 47] ile vurgulanmıştır. "İnsan uzmanlığının mevcudiyeti", projelerin teknik karmaşıklıklarını yönetme ve inovasyon kapasitelerini artırma açısından kritik bir faktör olarak değerlendirilmiştir [48]. "Bilgi/beceri mevcudiyeti", projelerin teknik karmaşıklıklarını yönetme kapasitesini ve yenilikçi çözümler geliştirme yeteneğini artıran bir faktör olarak ele alınmıştır. Mohanty vd. [33], Liberatore [10], Mohaghar vd. [36], Salehi vd. [21] bilgi ve becerilerin projelerin başarısında kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Benzer şekilde, "araştırma personeli mevcudiyeti", projelerde insan kaynağının niteliği ve yeterliliği açısından değerlendirilmiştir. Mohanty vd. [33] ve Mohaghar vd. [36] bu kriterin proje süreçlerinin verimliliğini artıran temel bir unsur olduğunu ifade etmektedir. "İnsanların ve tesislerin mevcudiyeti", projelerin lojistik ve operasyonel gereksinimlerini karşılamada önemli bir rol oynar. Eilat vd. [41], bu kriterin projelerin sürdürülebilirliğini ve uygulanabilirliğini destekleyen bir unsur olduğunu belirtmiştir. "Personel için mevcut işgücü", projelerde gerekli insan kaynağının tahsisini ve operasyonel görevlerin verimli bir şekilde yerine getirilmesini sağlar. Hassanzadeh vd. [49, 50] bu kriterin, projelerin zamanında ve başarılı bir şekilde tamamlanmasındaki önemine dikkat çekmiştir.

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde risk boyutu, projelerin başarısını etkileyen belirsizliklerin ve zorlukların analizi açısından kritik bir öneme sahiptir. "Ticari ve teknik başarı olasılığı", Ar-Ge projelerinin uygulanabilirliğini ve ekonomik getirilerini değerlendiren önemli bir kriterdir. Bu kriter, projelerin hem teknik açıdan yenilikçi çözümler sunup sunmadığını hem de bu çözümlerin ticari pazarda kabul görüp görmeyeceğini analiz etmeyi amaçlamaktadır [41, 51]. "Pazar boyutu" ise, projelerin hedef pazardaki potansiyel başarısını analiz etmek için kullanılır. Liberatore [10] ve Hesarsorkh vd. [51], pazarın büyüklüğü, rekabet düzeyi ve müşteri taleplerinin projelerin risk yönetiminde dikkate alınması gereken temel faktörler olduğunu ifade etmiştir. "Başarı olasılığı", projelerin

teknik, ticari ve ekonomik başarı ihtimalini ölçen geniş bir kriterdir [5, 9, 10, 19, 37, 38, 39, 40, 42, 52].

"Tanımın netliği", projelerin hedef ve kapsamının açık bir şekilde belirlenmesiyle ilgili olup, Kumar [48] tarafından, proje başarı oranını artıran temel bir faktör olarak değerlendirilmiştir. "Beklenen fayda", projelerin kısa ve uzun vadede sağlayacağı getirilerin değerlendirilmesini içermektedir [33, 36]. "Pazar ihtiyacı", projelerin ticari başarı olasılığını artıran bir faktör olarak değerlendirilmiş, Eilat vd. [41] ve Ramalho vd. [53], hedef pazarın ihtiyaçlarının doğru bir şekilde analiz edilmesinin projelerin sürdürülebilirliği açısından önemini vurgulamıştır. "Gerekli finansman", projelerin uygulanabilirliği için finansal desteğin sağlanmasını ifade eder. Heydari vd. [8], bu kriterin projelerin başlangıç ve devamlılık aşamalarında kritik olduğunu belirtmiştir. "Bilimsel ilkelerin sağlamlığı", projelerin teorik altyapısının doğruluğunu değerlendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Hsu vd. [20], Mohanty vd. [33] ve Mavrotas ve Makryvelios [28], bilimsel temellerin, projelerin teknik doğruluğunu ve yenilikçi değer yaratma kapasitesini artırmadaki önemini vurgulamışlardır. "Bütçe", projelerin mali kaynaklarının doğru planlanmasını sağlayarak sürdürülebilirliği artırmaktadır [15, 23, 35, 42, 52, 54, 55, 56, 57]. "Nakit akışı", projelerin finansal operasyonlarının sürekliliğini sağlamak için gerekli bir kriterdir ve çeşitli çalışmalarda [11, 34, 44, 47, 54, 58, 59, 60] finansal yönetimdeki kritik rolü detaylandırılmıştır.

"Projenin metodolojisi", projelerin planlanması ve uygulanmasındaki stratejik yaklaşımları ifade eder. Karasakal ve Aker [22], bu kriterin projelerin operasyonel başarı oranlarını artırmadaki belirleyici rolünü vurgulamaktadır. "Ar-Ge'nin amacı", projelerin yenilikçi çözümler geliştirme hedeflerini tanımlarken, Imoto vd. [30], bu kriterin stratejik hedeflerle uyumlu olmasının önemine dikkat çekmiştir. "İş paketleri ve proje takvimi", projelerin zamanında ve etkili bir şekilde yürütülmesini sağlayan araçlar olup, projelerin başarısına katkıları önemlidir [22].

"Müşteri memnuniyeti", "Müşteri teslim istatistikleri", "Müşteri odaklı geri bildirim" projelerin müşteri beklentilerini karşılama düzeyini ölçerken, Eilat vd. [41] bu kriterlerin müşteri odaklı stratejik kararlar üzerindeki etkisini incelemiştir. "Market zamanlaması", projelerin hedef pazara uygun bir zamanda giriş yapma stratejilerini tanımlar ve Meade ve Presley [39] ile Jeng ve Huang [17] tarafından, pazar rekabetinde avantaj sağlamadaki kritik rolü vurgulanmıştır. "Zamanlama", projelerin kaynak kullanım verimliliğini artıran bir araç olarak tanımlanmış ve [10, 20, 37, 38, 40] çalışmalarında proje değerlendirmedeki önemi detaylandırılmıştır. "Başlangıç zamanı", projelerin doğru bir zamanlamayla başlatılmasının

önemine dikkat çekmekte olup, Montajabiha vd. [61] ve Hesarsorkh vd. [51], bu kriterin genel proje başarısına olan etkisini tartışmıştır. "Beklenen tamamlanma süresi", projelerin zamanında tamamlanma kapasitesini ifade eder ve projelerin maliyet etkinliğine ve operasyonel başarıya olan katkısını önemlidir [48, 51].

Ar-Ge projelerinin sosyal ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, projelerin sürdürülebilirliği ve toplum üzerindeki faydalarını ele almayı amaçlamaktadır. "Sürdürülebilirlik", projelerin uzun vadeli çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini değerlendiren önemli bir kriterdir. Karaveg vd. [18] ve Salehi vd. [21], sürdürülebilirliğin projelerin çevresel etkilerini en aza indirme ve kaynakların verimli kullanımı açısından stratejik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. "Çevreye ve hayata fayda", projelerin doğal çevre ve insan hayatı üzerindeki olumlu etkilerini ölçmek için kullanılan bir diğer kriterdir. Stewart [58], Karasakal ve Aker [22] ve Salehi vd. [21], bu kriterin, projelerin çevreye duyarlı ve toplum odaklı stratejiler geliştirmesindeki önemini ifade etmiştir. "İş yaratma fırsatı", projelerin istihdam üzerindeki etkisini değerlendiren önemli bir ölçüttür. Karasakal ve Aker [22] ile Hünermund ve Czarnitzki [62], bu kriterin, projelerin ekonomik ve sosyal fayda sağlamadaki rolünü vurgulamaktadır. "Sosyal fayda", projelerin toplum üzerindeki genel etkilerini değerlendirmektedir [20, 21, 22, 25, 29, 42, 55, 56]. "Ar-Ge proje verimliliği ve ticarileştirme potansiyeli", projelerin ekonomik değere dönüşüm hızını ve yenilikçi çözümler sunma kapasitesini ifade eder [25]. "Kurumsal imaj", projelerin organizasyonların toplumda algılanma biçimini nasıl etkilediğini değerlendirir. Liberatore [10], bu kriterin projelerin marka değeri oluşturma ve kamuoyundaki algıyı güçlendirme potansiyeline vurgu yapmıştır.

"Ülke ekonomisine katkı", projelerin ulusal düzeyde ekonomik büyüme ve istihdam üzerindeki etkilerini değerlendiren önemli bir ölçüttür [25]. "Ulusal stratejik teknolojik bağımsızlık", bir ülkenin kritik teknolojilere erişimini ve geliştirme kapasitesini artırma hedefini ifade eder. Literatürde, bu kriter, ulusal güvenlik, ekonomik sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı sağlama bağlamında ele alınmaktadır. Stewart [58], teknolojik bağımsızlığın, uluslararası rekabet gücünü artırmanın yanı sıra, yerel sanayilerin gelişimine katkı sunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu kriterin, dışa bağımlılığı azaltarak stratejik alanlarda yerli üretimi desteklediği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, ulusal stratejik hedeflerle uyumlu Ar-Ge projeleri, ülkelerin teknoloji tabanlı kalkınma süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır.

"Stratejik ihtiyaç", bir ülkenin veya organizasyonun uzun vadeli hedefleri doğrultusunda belirlediği öncelikli alanları ifade eder. Mohanty vd. [33], Mohaghar vd. [36],

stratejik ihtiyaçların, projelerin ekonomik ve sosyal faydalarını artıran temel bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Stratejik ihtiyaçlara yönelik projelerin, organizasyonel hedeflerin gerçekleştirilmesi ve kaynakların verimli kullanımı açısından önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu kriter, özellikle savunma, enerji ve sağlık gibi kritik sektörlerde öncelikli projelerin belirlenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

"Teknolojik yolun çekiciliği", projelerin teknolojik gelişim yolundaki yenilikçi ve uzun vadeli potansiyelini değerlendirirken, "projenin teknolojik önemi", projelerin teknolojik gelişime katkısını ve sektörel yenilikçi değerini ifade eder. Kumar [48], bu kriterlerin, projelerin stratejik hedeflere ulaşmasındaki rolünü ve projelerin ulusal ve uluslararası teknoloji stratejilerine olan katkısını değerlendiren bir ölçüt olduğunu belirtmiştir. "Teknik katkı", Ar-Ge projelerinin teknolojik altyapıya ve bilgi birikimine sağladığı yenilikçi çözümleri ve teknik iyileştirmeleri değerlendiren bir kriterdir. Oral vd. [42], Tolga ve Kahraman [40], Wu vd. [55] bu kriterin projelerin teknik doğruluğunu artırarak sektörel gelişimi destekleyen bir unsur olduğunu ifade etmiştir. "Teknolojinin ilerlemesi", projelerin teknolojik gelişim yolundaki katkılarını ve yenilik potansiyelini ifade eder [17, 20]. Ar-Ge projelerinin teknik ve inovasyon boyutlarının değerlendirilmesinde yaratıcılık, yenilikçilik ve teknoloji becerileri gibi kriterler kritik bir rol oynamaktadır. "Yaratıcılık ve ilerleme düzeyi", projelerin yenilikçi çözümler sunma kapasitesini ve bu çözümlerin uygulanabilirliğini değerlendiren bir kriterdir [25]. "Yenilikçilik", projelerin teknolojik ve ticari açıdan yenilikçi çözümler geliştirme kapasitesini ifade eder ve projelerin hem organizasyonel hem de sektörel rekabet gücünü artırmadaki rolü büyük önem taşımaktadır [20, 22, 29, 48, 63].

"Teknolojik zorluk", projelerin karşılaşılabileceği teknik engellerin ve bunların üstesinden gelme kapasitesinin değerlendirilmesi için kullanılan bir kriterdir. Imoto vd. [30], bu kriterin projelerin uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini artıran bir analiz aracı olduğunu ifade etmiştir. "Projede kullanılan teknoloji", projelerin teknik altyapısını ve sektörel yenilikçi kapasitesini ölçer. Karasakal ve Aker [22], bu kriterin projelerin sektördeki teknolojik dönüşüme katkı sağlama kapasitesini vurgulamaktadır. "Teknoloji beceri tabanı", projelerin mevcut teknik bilgi birikimine dayalı olarak geliştirilme potansiyelini ifade eder. Eilat vd. [41], bu kriterin projelerin operasyonel verimliliğini ve yenilikçi kapasitesini artırmada oynadığı rolü tartışmıştır. "Teknolojinin anahtarı", projelerin kritik teknolojilere erişim sağlama ve bu teknolojileri geliştirme kapasitesini ifade eden önemli bir kriterdir. Literatürde bu kavram, projelerin stratejik teknolojik avantaj elde etmesindeki rolüyle ele alınmıştır. Jeng ve Huang [17], teknolojinin anahtarının, projelerin yenilikçi çözümler

geliştirme ve sektörel rekabet gücünü artırmada oynadığı kritik rolü vurgulamaktadır. Ayrıca, bu kriter, projelerin mevcut teknolojik altyapıya entegrasyon yeteneğini ve yeni teknolojilerle yaratıcı çözümler sunma kapasitesini değerlendirmede temel bir araç olarak kabul edilmektedir.

Yapılan literatür taraması, Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin oldukça geniş bir yelpazeye yayıldığını ve bu kriterlerin projelerin başarısında kilit rol oynadığını göstermektedir. Araştırmalar, projelerin ekonomik getiri, teknoloji geliştirme potansiyeli, pazar ve müşteri kabulü, çevresel sürdürülebilirlik, kaynak yönetimi ve teknik uyum gibi unsurlar temelinde değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, kârlılık, beklenen getiri, ürün büyüme potansiyeli, yaygınlaştırma kapasitesi ve çıktılar gibi ölçütlerin, projelerin bilimsel ve ticari değerlerini artırmadaki önemi vurgulanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar, proje başarı oranını artırmada stratejik ihtiyaçların ve sürdürülebilirlik hedeflerinin kritik rol oynadığını göstermektedir. Özellikle, yenilikçilik, yaratıcılık ve teknoloji becerileri gibi unsurlar, Ar-Ge projelerinin ulusal ve uluslararası düzeyde rekabet avantajı sağlamasında belirleyici olmuştur. Ayrıca, insan kaynağı yeterliliği, bilgi ve beceri mevcudiyeti gibi unsurların projelerin operasyonel etkinliği üzerindeki etkisi çeşitli araştırmalarla desteklenmiştir.

Sonuç olarak, Ar-Ge projelerinin çok yönlü kriterler temelinde değerlendirilmesi, projelerin bilimsel katkılarının yanı sıra ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerinin de kapsamlı bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır. Bu kriterlerin projelerin uygulanabilirlik, sürdürülebilirlik ve yenilikçilik potansiyeline olan katkıları, hem ulusal stratejik hedeflerin gerçekleştirilmesine hem de küresel rekabet gücünün artırılmasına yönelik önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda, literatürde ortaya konan sistematik yaklaşımlar, projelerin daha etkin bir şekilde planlanması ve yürütülmesi için yol gösterici bir çerçeve sağlamaktadır.

3. AR-GE PROJELERİ HAKEM DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Ar-Ge projeleri, bilimsel ilerleme, teknolojik yenilik ve ekonomik büyüme için stratejik bir öneme sahiptir. Bu projelerin değerlendirilmesi, kaynakların etkin kullanımı, yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve toplumsal faydanın artırılması için kritik bir süreçtir. Literatürde, Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi projelerin hedefleri, yenilikçi özellikleri, uygulanabilirliği ve ekonomik etkisi gibi kriterlere dayanmaktadır. Bu kriterler çalışmanın bir önceki bölümünde kapsamlı bir şekilde ele alınmış ve Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Değerlendirme kriterlerine ilişkin yapılan literatür çalışmasının özeti

Kriter	Kriter Kaynağı
Kar	[5], [6], [7], [8]
Beklenen getiri	[9], [5], [10], [11], [7], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]
Ürünün büyüme potansiyeli	[20], [21]
Kârlılık potansiyeli, üretkenlik ve maliyette iyileştirmeler	[22]
Fayda/maliyet	[23], [24]
Yaygınlaştırma yeteneği	[25]
Çıktı	[26], [27], [28]
Araştırma	[33]
Mevcut pazarlarla ilişki	[10]
Çevresel elverişlilik	[20]
Rekabetin yoğunluğu	[20]
Endüstri ilişkisi	[20]
Öğrenme ve büyüme	[41]
Ürünü pazarlama yeteneği	[10], [37], [38], [40]
Teknoloji yeteneği	[18]
Teknoloji uyumluluğu	[18]
Araştırma ekibinin yeteneği	[20], [21]
Fikri mülkiyet değerlemesi	[18]
Benzer projede yetkinlik ve deneyim	[33], [36]
Şirketin Ar-Ge altyapısı ve kültürü	[22]
Beklenen pazar payı	[34], [6], [10], [33], [35], [36]
Pazar potansiyeli	[10], [37], [38], [39], [33], [40], [36], [17], [18], [19]
Pazar araştırması	[18]
Beklenen satış hacmi	[30]
Satışlar	[5], [44], [32], [62]

Tablo 3.1. (devam ediyor)

Kaynak gereksinimleri	[42]
Ar-Ge kaynaklarının mevcudiyeti	[10], [19]
İnsan gücü	[9], [11], [43], [44], [45], [47], [46], [29], [41], [31], [26], [16], [18], [8]
İnsan uzmanlığının mevcudiyeti	[48]
Bilgi/beceri mevcudiyeti	[33], [10], [36], [21]
Araştırma personeli mevcudiyeti	[33], [36]
İnsanların ve tesislerin mevcudiyeti	[41]
Personel için mevcut işgücü	[49], [50]
Ticari ve teknik başarı olasılığı	[41], [51]
Pazar	[10], [51]
Reklam	[33], [51]
Başarı olasılığı	[9], [5], [10], [37], [38], [52], [42], [39], [40], [19]
Tanımın netliği	[48]
Beklenen fayda	[36], [33]
Pazar ihtiyacı	[41], [53]
Gerekli finansman	[8]
Bilimsel ilkelerin sağlamlığı	[20], [33], [28]
Bütçe	[23], [52], [54], [35], [15], [55], [56], [57].
Nakit akışı	[34], [54], [58], [11], [44], [59], [47], [41]
Projenin metodolojisi	[22]
Ar-Ge'nin amacı	[30]
İş paketleri ve proje takvimi	[22]
Müşteri teslim istatistikleri	[41]
Müşteri odaklı geri bildirim	[41]
Müşteri memnuniyeti	[41]
Market zamanlaması	[39], [17]
Beklenen tamamlanma süresi	[48], [51]
Zamanlama	[10], [37], [38], [20], [40]
Ödeme süresi	[10]
Geliştirme süresi	[10], [51]
Başlangıç zamanı	[61], [51]
Sürdürülebilirlik	[18], [21]
Çevreye ve hayata fayda	[58], [22], [21]
Personel eğitimi ve gelişimine ve genel iş tatminine katkı	[58]
İş yaratma fırsatı	[22], [62]
Sosyal fayda	[42], [20], [25], [29], [55], [56], [22], [21]
Ar-Ge proje verimliliği ve ticarileştirme potansiyeli	[25]
Kurumsal imaj	[10]
Ülke ekonomisine katkı	[25]
Ulusal stratejik teknolojik bağımsızlığa katkı	[58]

Tablo 3.1. (devam ediyor)

Stratejik uyum	[39], [14], [63], [21]
Stratejik ihtiyaç	[33], [36]
Teknolojik yolun çekiciliği	[48]
Projenin teknolojik önemi	[48]
Teknik katkı	[42], [40], [55]
Teknik iyileştirme	[25]
Teknolojinin ilerlemesi	[20], [17]
Yaratıcılık ve ilerleme düzeyi	[25]
Yenilikçilik	[20], [48], [63], [29], [22]
Teknolojik zorluk	[30]
Projede kullanılan teknoloji	[22]
Teknoloji beceri tabanı	[41]
Teknolojinin anahtarı	[17]

Literatür taramasının ardından Avrupa ve dünyada, ulusal hedefler doğrultusunda Ar-Ge projelerine fon sağlayan ve bilimsel çalışmaları teşvik eden lider kurumların Ar-Ge projelerini değerlendirme sistematiği incelenmiştir. 50 eyalet ve ABD bölgesinin tamamında bilim ve mühendisliği destekleyen bağımsız bir federal kurum olan Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Vakfı (National Science Foundation - NSF), Ar-Ge projelerini değerlendirirken iki ana kriteri temel almaktadır:

Bilimsel/Entellektüel Katkı (Intellectual Merit): Bu kriter, önerilen projenin bilimsel kalitesini ve yenilikçiliğini değerlendirmektedir. Projenin, ilgili alana nasıl katkı sağlayacağı, araştırma sorularının netliği, metodolojinin sağlamlığı ve araştırma ekibinin yetkinliği gibi unsurlar dikkate almaktadır.

Daha Kapsamlı Etki (Broader Impacts): Bu kriter, projenin toplum üzerindeki potansiyel etkilerini ve bilimsel bilginin yayılmasına katkısını değerlendirmektedir. Projenin, eğitim ve öğretime katkısı, toplumun farklı kesimlerine ulaşma potansiyeli, çeşitliliği teşvik etme ve bilimsel bilginin geniş kitlelere yayılması gibi faktörler göz önünde bulundurulmaktadır.

Bu iki ana kriterin yanı sıra, özellikle projenin hedefleri, metodolojisi, beklenen sonuçları ve proje ekibinin yetkinlikleri gibi detaylar önemlidir. Ayrıca, projenin bütçesi, veri yönetim planı ve etik konulara yaklaşımı da değerlendirme sürecinde rol oynamaktadır. ABD Ulusal Bilim Vakfının değerlendirme sistematiği Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. ABD Ulusal Bilim Vakfının değerlendirme sistematığı

ABD Ulusal Bilim Vakfı (National Science Foundation - NSF) [64]
Kriter 1: Bilimsel/Entellektüel Katkı (Intellectual Merit)
Fikri Değer kriteri, bilgiyi iletme potansiyelini kapsar. Fikri Değer incelemesinde aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır:
• Önerilen faaliyetin kendi alanında veya farklı alanlarda bilgi ve anlayışı iletme potansiyeli nedir (Fikri Fayda)? • Önerilen faaliyetler ne ölçüde yaratıcı, orijinal veya potansiyel olarak dönüştürücü kavramları öneriyor ve araştırıyor? • Önerilen faaliyetlerin gerçekleştirilmesine ilişkin plan iyi gerekçelendirilmiş, iyi organize edilmiş ve sağlam bir gerekçeye dayalı mı? Plan, başarıyı değerlendirmek için bir mekanizma içeriyor mu? • Önerilen faaliyetleri yürütmek için kişi, ekip veya kuruluş ne kadar nitelikli? • Önerilen faaliyetleri yürütmek için ana kuruluştaki veya işbirlikleri aracılığıyla Baş Araştırmacının (PI) kullanabileceği yeterli kaynaklar var mı?
Kriter 2: Daha Kapsamlı Etkiler (Broader Impacts)
Daha Kapsamlı Etkilerin gözden geçirilmesinde aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır:
• Önerilen faaliyetin topluma fayda sağlama veya istenen toplumsal sonuçları (Daha Kapsamlı Etkiler) iletme potansiyeli nedir? • Önerilen faaliyetler ne ölçüde yaratıcı, orijinal veya potansiyel olarak dönüştürücü kavramları öneriyor ve araştırıyor? • Önerilen faaliyetlerin gerçekleştirilmesine ilişkin plan iyi gerekçelendirilmiş, iyi organize edilmiş ve sağlam bir gerekçeye dayalı mı? Plan, başarıyı değerlendirmek için bir mekanizma içeriyor mu? • Önerilen faaliyetleri yürütmek için kişi, ekip veya kuruluş ne kadar nitelikli? • Baş Araştırmacının, önerilen faaliyetleri yürütmek için ana kuruluştaki veya işbirlikleri aracılığıyla kullanabileceği yeterli kaynaklar var mı?

Kanada Doğal Bilimler ve Mühendislik Araştırma Konseyi (Natural Sciences ve Engineering Research Council - NSERC), Ar-Ge projelerini değerlendirirken başvuru sahiplerinin araştırma mükemmeliyetini, önerilen projenin niteliğini ve araştırma programının genel etkisini ön planda tutmayı hedeflemektedir. NSERC'in değerlendirme sürecinde dikkate aldığı ana kriterler Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Kanada Doğal Bilimler ve Mühendislik Araştırma Konseyinin değerlendirme sistematığı

Kanada Doğal Bilimler ve Mühendislik Araştırma Konseyi (Natural Sciences ve Engineering Research Council - NSERC) [65]
1. Araştırmacının Bilimsel veya Mühendislik Alanındaki Mükemmeliyeti:
• Bilgi, Uzmanlık ve Deneyim: Araştırmacının ilgili alandaki bilgi birikimi ve deneyimi. • Araştırmaya Katkıların Kalitesi ve Etkisi: Araştırmacının yaptığı çalışmaların kalitesi ve bu çalışmaların ilgili alana olan etkisi. • Diğer Araştırmacılar ve Son Kullanıcılar Tarafından Katkıların Önemi ve Kullanımı: Araştırmacının çalışmalarının diğer araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından nasıl kullanıldığı ve değerlendirildiği.

Tablo 3.3. (devam ediyor)

2. Önerinin Değeri: • Özgünlük ve Yenilikçilik: Önerilen araştırmanın ne kadar yenilikçi ve özgün olduğu. • Araştırmaya Beklenen Katkılar ve Etki: Projenin araştırma alanına yapacağı potansiyel katkılar ve etkiler. • Amaçların Açıklığı ve Kapsamı: Araştırmanın uzun vadeli hedeflerinin ve kısa vadeli amaçlarının netliği. • Metodolojinin Açıklığı ve Uygunluğu: Kullanılacak yöntemlerin ne kadar iyi tanımlandığı ve uygunluğu. • Uygulanabilirlik: Projenin gerçekleştirilme olasılığı ve pratikliği. • Önerinin Kapsamının İlgili Tüm Konuları Ele Alması: Projenin, ele aldığı konuları ne kadar kapsamlı ve derinlemesine incelediği. • Araştırma Sürecinde Eşitlik, Çeşitlilik ve Dahil Etme Unsurlarının Dikkate Alınması: Araştırmanın, farklı grupların katılımını ve eşitliği nasıl ele aldığı. • Disiplinlerarası Yöntemlerin veya Uygulamaların Dikkate Alınması (Uygunsa): Araştırmanın farklı disiplinleri nasıl entegre ettiği. • Bütçenin Uygunluğu ve Gerekçelendirilmesi: Talep edilen bütçenin projenin ihtiyaçlarına uygunluğu ve gerekçesi. • Önerinin, CIHR ve/veya SSHRC Tarafından Desteklenen Araştırmalardan Kavramsal Olarak Farklı Olduğunun Gösterilmesi: Projenin, diğer federal araştırma kurumlarının desteklediği projelerden nasıl ayrıldığı. 3. Yüksek Nitelikli Personelin Eğitime Katkı: • Geçmişteki Eğitimin Kalitesi ve Etkisi: Araştırmacının daha önce yetiştirdiği öğrencilerin ve araştırmacıların kalitesi ve kariyerlerindeki başarıları. • Planlanan Eğitimin Kalitesi, Uygunluğu ve Açıklığı: Araştırmacının gelecekte yetiştirmeyi planladığı öğrenciler için belirlediği eğitim planlarının kalitesi ve netliği. • Geçmiş ve Planlanan Eğitimde Eşitlik, Çeşitlilik ve Dahil Etme Unsurlarının Dikkate Alınması: Eğitim süreçlerinde farklı grupların katılımını ve eşitliği nasıl ele aldığı.
--

Avrupa Araştırma Konseyi (European Research Council - ERC), Ar-Ge projelerini değerlendirirken bilimsel mükemmeliyet ilkesini temel almaktadır. Bu değerlendirme sürecinde, hem önerilen araştırma projesinin kalitesi hem de baş araştırmacının yetkinlikleri dikkate alınmaktadır. ERC, projeleri değerlendirirken disiplinlerarası yaklaşımları ve yüksek risk-yüksek getiri potansiyeline sahip yenilikçi fikirleri teşvik etmektedir. Değerlendirme süreci, alanında uzman panelistler tarafından yürütülmekte ve her başvuru, Tablo 3.4'te belirtilen kriterler doğrultusunda kapsamlı bir şekilde incelenmektedir.

Tablo 3.4 Avrupa Araştırma Konseyinin değerlendirme sistematığı

Avrupa Araştırma Konseyi (European Research Council - ERC) [66]
1. Araştırma Projesinin Kalitesi: • Özgünlük ve Yenilikçilik: Projenin mevcut bilgi birikimine katkısı ve yenilikçi yaklaşımı. • Amaçların Netliği ve Kapsamı: Araştırma hedeflerinin açık ve kapsamlı bir şekilde tanımlanması. • Metodolojinin Uygunluğu: Kullanılacak yöntemlerin araştırma sorularını yanıtlamadaki yeterliliği. • Uygulanabilirlik: Projenin gerçekleştirilme olasılığı ve pratikliği. • Risk Yönetimi: Olası risklerin tanımlanması ve bunlara yönelik önlemlerin planlanması. 2. Baş Araştırmacının Yetkinlikleri: • Bilimsel Geçmiş ve Deneyim: Araştırmacının önceki çalışmaları ve elde ettiği başarılar. • Bağımsızlık ve Liderlik: Araştırmacının bağımsız çalışma yeteneği ve liderlik potansiyeli. • Araştırma Ortamı: Projenin yürütüleceği kurumun sağladığı olanaklar ve destekler.

Avrupa İnovasyon Konseyi (European Innovation Council - EIC), Ar-Ge projelerini değerlendirirken programın türüne bağlı olarak belirli kriterler kullanmaktadır. EIC, yenilikçi projeleri desteklemek amacıyla farklı programlar sunmakta ve her bir programın kendine özgü değerlendirme ölçütleri bulunmaktadır. "EIC Pathfinder Programı" ve "EIC Accelerator Programı" öne çıkan programlardır. Her iki program için de projelerin değerlendirilmesinde "Mükemmellik", "Etki" ve "Uygulama" ana kriterleri temel alınmaktadır. Ancak, her programın odak noktaları ve alt kriterleri farklılık gösterebilmektedir. Tablo 3.5'te ilgili programlar için belirtilen kriterler gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Avrupa İnovasyon Konseyinin değerlendirme sistematığı

Avrupa İnovasyon Konseyi (European Innovation Council - EIC) [67]
EIC Pathfinder Programı Değerlendirme Kriterleri
1. Mükemmellik: • Uzun Vadeli Vizyon: Projenin tamamen yeni bir teknolojiye yönelik ikna edici ve iddialı bir vizyon sunması. • Bilimsel Atılım: Önerilen araştırmanın somut, yenilikçi ve iddialı bir bilimsel atılım potansiyeline sahip olması. • Hedeflerin Belirginliği: Hedeflerin açıkça tanımlanmış, ulaşılabilir ve genel vizyonla uyumlu olması. • Disiplinlerarasılık: Farklı alanlardaki uzmanlıkları birleştiren iyi entegre edilmiş disiplinlerarası bir yaklaşım sergilemesi. 2. Etki: • Uzun Vadeli Etki: Öngörülen teknolojinin yeni pazarlar yaratma, yaşam kalitesini iyileştirme veya küresel zorluklara çözüm bulma potansiyeli.

Tablo 3.5. (devam ediyor)

• İnovasyon Potansiyeli: Teknolojinin yıkıcı inovasyon potansiyeline sahip olması ve fikri mülkiyetin korunması ile ilgili planların bulunması. • İletişim ve Yaygınlaştırma: Sonuçların yaygınlaştırılmasına ve projenin potansiyeli hakkında farkındalık yaratılmasına yönelik sağlam bir planın olması. 3. Uygulamanın Kalitesi ve Etkinliği: • Çalışma Planı: Açıkça tanımlanmış görevler, teslimatlar, kilometre taşları ve zaman çizelgeleri ile ayrıntılı ve iyi yapılandırılmış bir çalışma planının olması. • Kaynakların Tahsisi: Bütçe ve personel de dahil olmak üzere kaynakların projenin başarısını sağlamak için uygun şekilde tahsis edilmesi. • Konsorsiyumun Kalitesi: Önerilen araştırmayı yürütmek için gerekli uzmanlığa ve kapasiteye sahip, yüksek kaliteli ve tamamlayıcı ortaklardan oluşan bir konsorsiyumun bulunması.
EIC Accelerator Programı Değerlendirme Kriterleri:
1. Mükemmellik: • Yenilik Seviyesi: Önerilen yeniliğin pazar oluşturma veya mevcut pazarı dönüştürme potansiyeline sahip olması. • Teknolojik Olgunluk: Teknolojinin geliştirilme aşaması ve teknik fizibilitesi. 2. Etki: • Pazar Potansiyeli: Ürünün veya hizmetin hedef pazardaki potansiyeli ve rekabet avantajı. • İş Modeli: Sürdürülebilir ve ölçeklenebilir bir iş modelinin varlığı. Fikri Mülkiyet Stratejisi: Fikri mülkiyetin korunması ve yönetimi ile ilgili stratejiler. 3. Uygulama: • Ekip Yetkinliği: Proje ekibinin deneyimi, uzmanlığı ve projeyi başarıyla yürütme kapasitesi. • Kaynakların Yönetimi: Proje için gerekli kaynakların (finansal, teknik, insan kaynağı) etkin yönetimi. • Risk Yönetimi: Proje ile ilgili potansiyel risklerin tanımlanması ve bunlara yönelik önlem planlarının bulunması.

Innovate UK, Birleşik Krallık'ın ulusal inovasyon ajansı olarak, işletmelerin liderlik ettiği Ar-Ge projelerini desteklemektedir. Projelerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, fonlama programına ve çağrıya bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak, Innovate UK tarafından Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde dikkate alınan temel kriterler Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Innovate UK değerlendirme sistematığı

Innovate UK [68]
1. İhtiyaç veya Zorluk • Projenin başlatılmasının arkasındaki temel neden. • Hangi spesifik iş ihtiyacı, çözülmesi gereken teknolojik zorluk veya değerlendirilmesi gereken pazar fırsatı. 2. Yaklaşım ve İnovasyon • Projenin yenilikçi yönleri ve mevcut çözümlerden nasıl farklılaştığı.

Tablo 3.6. (devam ediyor)

• Teknolojinin veya sürecin ne ölçüde yeni olduğu ve sektördeki mevcut durumu nasıl değiştireceği.
3. Ekip Yetkinliği • Proje ekibinin deneyimi, uzmanlık alanları ve projeyi başarıyla yürütme kapasitesi. • Ekip üyelerinin geçmiş başarıları ve projeye katkı potansiyelleri.
4. Pazar Farkındalığı • Hedef pazarın büyüklüğü ve projenin bu pazardaki fırsatları nasıl değerlendireceği. • Projenin ticari uygulanabilirliği ve potansiyel müşterilerin belirlenmesi.
5. Proje Yönetimi • Proje hedeflerinin netliği ve bunlara ulaşmak için belirlenen yol haritasının detaylandırılması. • Projenin etkili bir şekilde nasıl yönetileceği.
6. Riskler • Projenin teknik, ticari, yönetimsel ve çevresel riskler. • Riskleri nasıl azaltılacağı ile ilgili stratejiler.
7. Katma Değer • Projenin beklenen sonuçlarının, ilgili kuruluşlar üzerindeki olası etkilerini belirtin. • Projenin ilgili kuruluşların Ar-Ge faaliyetlerini nasıl etkileyeceği.
8. Finansal Planlama ve Değer: • Proje bütçesinin detaylandırılması ve maliyetlerin gerekçelendirilmesi. • Projenin sağlayacağı potansiyel ekonomik faydalar ve yatırım getirisinin değerlendirilmesi.

Japonya Bilim ve Teknoloji Ajansı (Japan Science ve Technology Agency - JST), Ar-Ge projelerini değerlendirirken projenin türüne ve programın hedeflerine bağlı olarak çeşitli kriterler kullanmaktadır. Özellikle, JST'nin Sürdürülebilir Kalkınma için Bilim ve Teknoloji Araştırma Ortaklığı (Science ve Technology Research Partnership for Sustainable Development - SATREPS) programı kapsamında projeler, Tablo 3.7'deki ana kriterler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Tablo 3.7. Japonya Bilim ve Teknoloji Ajansının değerlendirme sistematığı

Japonya Bilim ve Teknoloji Ajansı (Japan Science ve Technology Agency - JST) [69]
1. Küresel Sorunların Çözümüne Katkı • Projenin çözüm sağlamayı hedeflediği sorunun önemi. • Araştırma çıktılarının bilimsel ve teknik etkisi. • Çıktıların uluslararası tanınırlık kazanma ve kullanıma sunulma potansiyeli. • Diğer ülke ve bölgelere yayılım kapasitesi. • Japonya ve diğer ülkelerdeki benzer araştırmalarla kıyaslama.
2. Ortak Ülkenin İhtiyaçlarını Karşılama • Çıktıların ortak ülkenin ihtiyaçlarına uygunluğu. • Araştırma sonuçlarının sorunları çözme potansiyeli. • Sürekli gelişim için insan kaynağı ve ekipman desteği. • Politika üzerindeki etkiler ve sonuçların sürdürülebilir kullanımı.

Tablo 3.7. (devam ediyor)

3. Beklenen Çıktılar • Japon toplumuna, hükümetine ve endüstrisine katkı. • Bilimsel bilgi ve teknoloji geliştirme. • Küresel düzeyde çalışabilecek insan kaynağı yetiştirilmesi. • Fikri mülkiyet kazanımı, uluslararası standartların belirlenmesi. • Prototip, akademik yayınlar gibi somut çıktılar. • Teknoloji ve insan ağları oluşturma. 4. Proje Yönetimi ve Uygulama • Yönetim planının netliği, ekip yapısı ve sorumluluklar. • Bütçe etkinliği ve kaynakların doğru tahsisi. • Risk yönetimi ve sürdürülebilirlik stratejileri.
--

Avustralya Araştırma Konseyi (Australian Research Council - ARC), Ar-Ge projelerini değerlendirirken, başvuru yapılan programın doğasına ve hedeflerine bağlı olarak değişen kriterler kullanmaktadır. Değerlendirme sürecinde, her bir kriter belirli bir yüzdeyle ağırlıklandırılmakta olup, bu ağırlıklar programdan programa değişiklik gösterebilmektedir. ARC'nin temel araştırmalara odaklanan Discovery Programı, bilimsel bilgiyi geliştirmek ve araştırma kapasitesini artırmak amacıyla, bireysel araştırmacılar veya ekiplerin yürüttüğü yenilikçi ve özgün projelerini desteklemektedir. Linkage Programı ise, sanayi, hükümet ve diğer kuruluşlar ile akademik araştırma işbirliklerini destekleyen akademi ile uygulama alanları arasında bağlantı kurarak araştırmanın ekonomik, çevresel ve toplumsal etkilerini artırmayı hedeflemektedir. Her iki program da Avustralya'nın araştırma ekosisteminde farklı ancak tamamlayıcı roller üstlenmektedir. Bu iki program için değerlendirme kriterleri ve ağırlıkları Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Avustralya Araştırma Konseyinin değerlendirme sistematığı

Avustralya Araştırma Konseyi (Australian Research Council - ARC) [70]
Discovery Programı Değerlendirme Kriterleri:
1. Araştırmacı(lar)/Yetkinlik (%30) • Araştırma fırsatını dikkate alarak, • Disiplinle uygun yüksek kaliteli araştırma çıktılarının kaydı, • Araştırma eğitimi, mentorluk ve denetimde (uygun olduğu durumlarda) mükemmeliyet kanıtı, • Araştırmacı veya ekibin, hem Avustralya'da hem de uluslararası düzeyde işbirlikleri kurma kapasitesi. 2. Proje Kalitesi ve Yenilikçilik (%45) Projenin: • Bilgi eksikliği veya önemli bir soruna katkısı. • Özgünlüğü, yenilikçiliği (geliştirilecek yeni yöntemler, teknolojiler, teoriler veya fikirler dahil). • Hipotezlerin, teorilerin ve araştırma sorularının netliği.

Tablo 3.8. (devam ediyor)

• Proje tasarımı ve uygulama planının bütünlüğü (hedef, kavramsal çerçeve, yöntem, veri ve analizlerin uygunluğu). • Uluslararası iş birliğini geliştirme potansiyeli. 3. Fayda (%15) • Araştırma sonuçlarından elde edilecek yeni veya geliştirilmiş bilgi. • Avustralya ve uluslararası toplumlar için ekonomik, ticari, çevresel, sosyal ve/veya kültürel faydalar. • Avustralya Hükümeti'nin öncelikli alanlarına kapasiteye olan potansiyel katkı. 4. Uygulanabilirlik (%10) • Araştırmanın maliyet etkinliği ve bütçesinin değerli bir yatırım olması. • Araştırmayı yürütmek için araştırmacı(lar)ın zamanı ve kapasitesi. • Araştırma ekibi ve projeye uygun ortamın sağlanması. • Projenin tamamlanması için gerekli tesislerin erişilebilirliği. Proje tasarımı, katılımcıları ve talep edilen bütçenin, projenin zamanında ve başarılı bir şekilde tamamlanacağına olan güveni artırması.
Linkage Programı Değerlendirme Kriterleri: 1. Proje Kalitesi ve Yenilikçilik (%30): • Araştırmanın, ilgili alandaki önceki araştırmalar bağlamında önemi ve yenilikçiliği. Kavramsal çerçeve, tasarım, yöntemler ve analizlerin sağlamlığı ve uygunluğu. • Bütçenin yeterliliği ve uygunluğu, katılımcı kuruluşlar tarafından taahhüt edilen nakit ve aynı katkılar dahil olmak üzere maliyet-fayda dengesi. 2. Araştırmanın Etkisi (%20) • Katılımcı kuruluşlar için hem şimdi hem de gelecekte karşılıklı faydanın gösterilmesi. • Araştırmanın, ortak kuruluşların temel stratejilerini geliştirme veya ele alma yolları. • Avustralya Hükümeti'nin öncelikli alanlarına olası katkılar. • Avustralya için ekonomik, ticari, çevresel, sosyal ve/veya kültürel faydalar. • Araştırma sonuçlarının benimsenmesi, ticarileştirilmesi, tanıtımı ve/veya yayılmasına yönelik stratejilerin uygunluğu, fikri mülkiyet yönetimi düzenlemeleri dahil. 3. Araştırmacıların Yetkinliği ve Ekibin Kalitesi (%20) • Katılımcıların beceri ve deneyimlerinin kalitesi, fırsata göre değerlendirilmesi, işbirlikçi araştırma yapma potansiyelini gösteren kanıtlar dahil. • Araştırma eğitimi, mentorluk ve denetim konusundaki deneyim. • Ekibin projeyi yürütme ve yönetme kapasitesi. • Katılımcıların geçmişte bu veya diğer ortak kuruluşlarla başarılı işbirlikleri yapma geçmişine dair kanıtlar. 4. Önerilen Araştırma İşbirliğinin Gücü (%30) • Proje için sağlanan araştırma ortamı, tesisler ve personel (uygun olduğu durumlarda) dahil projeye bağlılık düzeyi, projenin ölçeğine ve katılımcı kuruluşların kapasitesine göre değerlendirilmesi. • Projeyi desteklemek için önerilen yönetim, yapı ve süreçlerin kapsamı ve uygunluğu. • Ortak kuruluşların araştırma sonuçlarını kullanma kapasitesi ve niyeti. • Ortaklığın uzun vadeli işbirliklerine yol açma potansiyeli.

Avrupa ve dünyadaki Ar-Ge projeleri için fon sağlayıcı kuruluşların incelenmesinin ardından Türkiye'de araştırmaların yönetimi, finansmanı ve yürütülmesinde lider kuruluş olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'ın sanayi Ar-Ge destek programlarında kullandığı değerlendirme sistematığı ele alınmış ve Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. TÜBİTAK sanayi programları değerlendirme sistematığı

TÜBİTAK Sanayi Programları Değerlendirme Kriterleri [71]
1. PROJENİN ENDÜSTRİYEL AR-GE İÇERİĞİ, TEKNOLOJİ DÜZEYİ VE YENİLİKÇİ YÖNÜ 1.1. Ar-Ge Sistematığı • Proje çıktısının somut ve ölçülebilir hedefler verilerek tanımlanması • Proje hazırlığı sırasında yapılan literatür / patent araştırmaları, teknik fizibilite çalışmaları ve proje çıktısına ilişkin takip edilecek standart / şartnamelerin belirlenmesi • Projede kullanılacak / geliştirilecek teknik ve teknolojiler ile belirlenen çözüm yöntemlerinin proje hedeflerine ulaşma açısından uygunluğu 1.2. Projenin Yenilikçi Yönleri • Proje çıktısının yenilikçilik düzeyi 1.3. Projenin Teknoloji Düzeyi • Projenin içerdiği / ilgili olduğu teknolojinin güncelliği • Projenin içerdiği / ilgili olduğu teknolojinin stratejik değeri • Projenin Ar-Ge ve teknik/teknolojik içeriğine kuruluşun özgün katkı düzeyi • Projenin kuruluş için zorluk düzeyi 2. PROJE PLANININ VE KURULUŞ ALTYAPISININ PROJE İÇİN UYGUNLUĞU 2.1. İş Planı • Proje ve iş paketi süreleri ile, iş paketleri arasındaki sıralama ve bağlantılar. • İş paketlerinin içerik açısından, proje hedeflerine ulaşılması için yeterliliği ve uygunluğu. • Projenin izlenebilirliği (takibi) açısından, ara çıktıların (kilometre taşları) tanımlanması. 2.2. İşgücü Planı • Projenin gerektirdiği tüm uzmanlık alanları için -ilave istihdamlar ve danışmanlık / hizmetlileri öngörülmesi de dahil- işgücü planlamasının yeterliliği • Proje çalışanlarının görev paylaşımının ve önerilen adam/ay oranı ve toplam adam-ay değerlerinin uygunluğu • Projede kuruluş dışından (danışmanlık / hizmetlileri ile) edinilen bilgi ve tecrübeyi içselleştirme (kuruluştaki kalıcı yetenekler haline getirme) kapasitesi ve bunun için aldığı tedbirlerin yeterliliği 2.3. Bütçe Planı • Ar-Ge çalışmaları için gerekli bütçe kalemlerine yönelik planlama. • Gider kalemlerinin piyasa değerlerine uygunluğu. 2.4. Risk ve Finansman Planı • Projenin yürütülmesi ve çıktısının ticarileşmesi aşamasındaki olası risklerin öngörülmesi ve bunlara karşı alınan önlemler • Kuruluşun projeyi yürütebilmesi için finansal kaynak planlamasının yeterliliği.

Tablo 3.9. (devam ediyor)

3. PROJE ÇIKTILARININ EKONOMİK YARARA VE ULUSAL KAZANIMA DÖNÜŞEBİLİRLİĞİ

3.1. Ekonomik Getiri Beklentisi ve Ticari Başarı Potansiyeli

- Proje çıktısının potansiyel pazarı / kullanım alanı.
- Proje çıktısının ekonomik getiri potansiyeli, verimlilik artışına ve/veya maliyete etkisi.
- Projenin ekonomik fizibilitesinin ve pazar araştırmasının ENDÜSTRİYEL TASARIM KRİTERLERİ DE DİKKATE ALINARAK yeterliliği (proje için harcanan parasal kaynağın geri kazanımına ilişkin planların gerçekliği gibi)

3.2. Ulusal Kazanımlar

- Proje çalışmasından elde edilecek sonuçların ülkeye kazandırabileceği bilgi birikimi.
- Proje çıktısının patente konu olma potansiyeli.
- Projenin üniversite-sanayi işbirliklerini artırma etkisi.
- Projenin yeni Ar-Ge projeleri başlatma potansiyeli.
- Yeni iş alanları ve istihdam oluşturma etkisi.
- Ana sanayi-yan sanayi gibi sektörel işbirlikleri oluşturma potansiyeli.
- Bölgeler arası gelişmişlik farklarını azaltma etkisi.
- Yaşlı, engelli ..vb sosyal gruplara ve sosyo-kültürel hayata faydası.
- Canlılara, çevreye olumlu etkileri.

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan farklı ülkelerdeki sistematipler, projelerin bilimsel katkılarını, toplumsal etkilerini ve ekonomik dönüşüm potansiyellerini bütüncül bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Örneğin, ABD Ulusal Bilim Vakfı (NSF), projelerin entelektüel katkısı ve toplumsal etkisini öncelikli kriterler olarak değerlendirirken, Kanada Doğal Bilimler ve Mühendislik Araştırma Konseyi (NSERC), araştırma mükemmeliyeti, proje niteliği ve yüksek nitelikli insan kaynağı yetiştirme gibi unsurlara odaklanmaktadır. Avrupa Araştırma Konseyi (ERC) ve Avustralya Araştırma Konseyi (ARC) ise projelerin yenilikçilik düzeylerini, disiplinlerarası işbirliklerini ve risk yönetimi stratejilerini değerlendirerek, uzun vadeli katkılarına vurgu yapmaktadır.

Bu kuruluşların değerlendirme süreçlerinde ortak bir nokta, projelerin bilimsel ve uygulamalı yönlerine dengeli bir şekilde odaklanılmasıdır. Ayrıca, eşitlik, çeşitlilik ve kapsayıcılık gibi güncel temaların değerlendirme süreçlerine entegre edilmesi, Ar-Ge projelerinin sosyal sorumluluk bilinciyle şekillendiğini göstermektedir. Projelerin başarısı, yalnızca bilimsel çıktıların kalitesiyle değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmaya olan katkılarının ölçülmesiyle de ilişkilidir.

TÜBİTAK'ın mevcut Ar-Ge proje değerlendirme kriterleri uluslararası sistematiplerle karşılaştırıldığında, bilimsel katkı ve teknik yeterlilik önceliklendirilmekle birlikte, projelerin toplumsal, ekonomik ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde sınırlı kaldığı

görülmektedir. Özellikle, NSF, ERC ve ARC gibi kuruluşların değerlendirme süreçleri, yenilikçilik, disiplinlerarası işbirlikleri ve risk yönetimine güçlü bir vurgu yaparak kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu kuruluşlar, projelerin uzun vadeli sürdürülebilirliğini ve geniş toplumsal etkisini dikkate alarak, değerlendirme kriterlerini daha bütüncül hale getirmektedir.

TÜBİTAK, literatürde tespit edilen değerlendirme kriterleriyle beraber yukarıda bahsedilen uluslararası yaklaşımları benimseyerek kriterlerini daha kapsayıcı ve stratejik bir yapıya dönüştürme fırsatına sahiptir. Özellikle, projelerin ekonomik ve toplumsal faydalarını ön plana çıkaran bir değerlendirme sistemiği, Türkiye'nin ulusal stratejik öncelikleriyle uyumu güçlendirebilir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında tüm bu kriterler göz önüne alınmış ve TÜBİTAK için hem literatürdeki kriterleri hem de dünyadaki benzer fon kuruluşların sistemlerinde kullanılan kriterleri kapsayan bir değerlendirme sistemiği geliştirilmiştir.

4. METODOLOJİK YAKLAŞIM VE MODEL GELİŞTİRME ÇERÇEVESİ

Ar-Ge projelerinin finansman süreçleri, kamu kaynaklarının etkin tahsisini gerektiren çok kriterli ve çok boyutlu bir karar problemidir. Geleneksel bütçe tahsis sistemleri, projelerin değerlendirilmesinde belirli kıstaslara dayanmakta ancak kaynakların optimal dağılımını sağlayacak bütünsel bir çerçeve sunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmada hem sistematik bir değerlendirme mekanizması oluşturmak hem de bütçe tahsis sürecini veri odaklı hale getirmek amacıyla çok aşamalı bir model önerilmiştir.

Çalışmada kullanılan metodoloji, çok kriterli karar verme – ÇKKV (Multi-Criteria Decision Making – MCDM) yöntemleri ile matematiksel programlama yaklaşımlarının birleşimini içermektedir. Öncelikle, proje değerlendirme süreçlerinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması için kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Uluslararası değerlendirme sistemleri ve literatür taraması sonucunda 247 kriterden oluşan geniş bir veri seti oluşturulmuş ve uzman görüşlerine dayalı kademeli eleme süreci uygulanmıştır. Bu süreçte, kriterlerin göreceli önem derecelerinin belirlenmesi için entropi yöntemi kullanılmış, böylece değerlendirme kriterleri arasındaki bağımsızlık korunarak nesnel bir ağırlıklandırma sağlanmıştır. Bu aşama, hakem değerlendirme süreçlerinde nesnel ve sistematik bir gösterge seti oluşturulmasını sağlamış, böylece karar sürecinin daha etkin hale getirilmesine katkıda bulunmuştur.

Çalışmanın bir diğer önemli bileşeni, hakem değerlendirme sürecini destekleyecek bir KDS'nin geliştirilmesidir. Web tabanlı ve çok kullanıcıya sahip olan bu sistem, hakemlerin değerlendirme sürecini daha sistematik bir şekilde yürütmelerine olanak tanırken, farklı kullanıcı profillerine özelleştirilmiş arayüzler sunmaktadır. KDS'nin sağladığı bu standartlaştırma, hakem kararlarının tutarlılığını artırarak, değerlendirme sürecinde subjektifliğin azaltılmasına katkıda bulunmuştur.

Ar-Ge projelerinin sınıflandırılması ve bütçe tahsis sürecine entegre edilmesi amacıyla, veri odaklı bir analiz yaklaşımı benimsenerek kümeleme algoritmaları kullanılmıştır. Bu süreçte, benzer özelliklere sahip projeleri homojen gruplar halinde sınıflandırmak ve böylece kaynak tahsis süreçlerini daha etkin hale getirmek hedeflenmiştir. K-ortalamlar kümeleme yöntemi tercih edilerek projeler, belirlenen değerlendirme kriterleri doğrultusunda profillere ayrılmıştır. Bu gruplandırma süreci, bütçe tahsis modellerinde girdi olarak kullanılmış ve tahsis edilen fonların projeler arasında daha dengeli

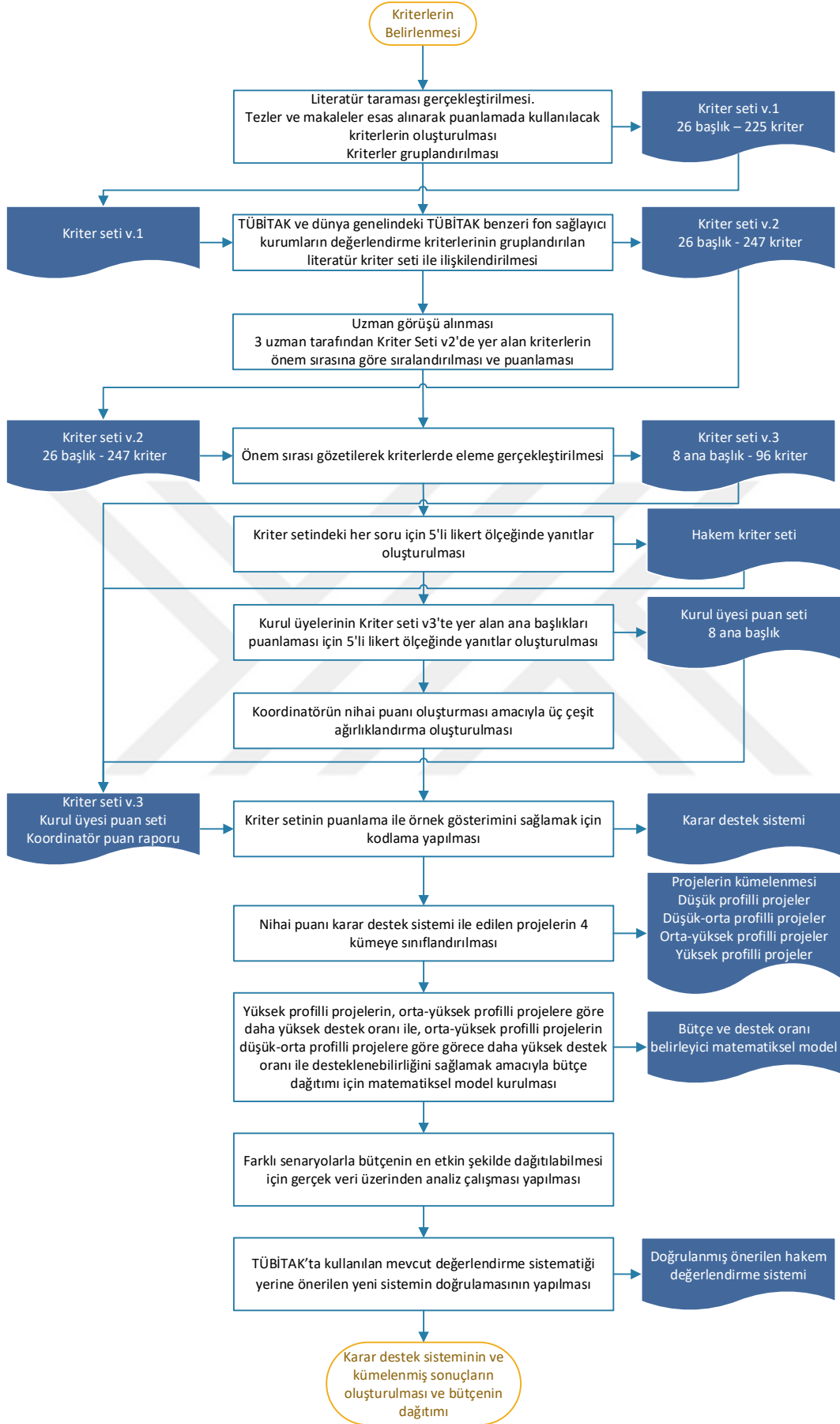
ve etkin bir şekilde dağıtılmasına katkı sağlamıştır. Oluşturulan kümeler, projelerin Ar-Ge ve yenilikçilik boyutu, hedef çıktıları ve stratejik öncelikleri gibi kriterlerden elde ettiği puanlar göz önünde bulundurularak oluşturulmuş ve her kümeye özgü bütçe tahsisi stratejileri geliştirilmiştir. Böylece, benzer özelliklere sahip projelerin aynı destek mekanizması altında değerlendirilmesi sağlanarak, finansal kaynakların daha verimli yönetilmesi hedeflenmiştir.

Bütçe tahsis mekanizmasının optimizasyonu, matematiksel modelleme yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Çok amaçlı doğrusal programlama (Multi-objective Linear Programming – MOLP) yöntemi, projelerin değerlendirme puanları ve kümeleme sonuçlarını dikkate alarak bütçe tahsis sürecinin optimal hale getirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Model, projelerin değerlendirme puanlarına dayalı olarak desteklenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, belirlenen destek oranlarına göre bütçenin en verimli şekilde dağıtılmasını hedeflemektedir.

Bütçe tahsis sürecinde ortaya çıkan belirsizliklerin yönetimi, bulanık doğrusal programlama (Fuzzy Linear Programming – FLP) yöntemi ile sağlanmıştır. Bulanık kümeler teorisi kullanılarak, program çağrısının bütçesindeki değişkenlikler ve projelerin talep ettikleri fon miktarlarındaki belirsizlikler modellenmiştir. Geliştirilen model, geleneksel bütçe tahsis yöntemlerinin kesin parametreler üzerine inşa edilmesinden kaynaklanan katılığın önüne geçmekte ve süreci daha esnek hale getirmektedir. Böylece, hem fonksiyonel optimizasyon sağlanmakta hem de belirsiz ekonomik koşullar altında bütçe tahsis süreci daha dinamik bir yapıya kavuşturulmaktadır.

Bu çalışmada önerilen metodoloji, projelerin değerlendirme süreçlerini daha nesnel ve veri odaklı hale getirmeyi, aynı zamanda bütçenin en verimli şekilde tahsis edilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Geleneksel tahsis sistemleri, projelerin desteklenmesinde sabit ve katı kriterlere dayanırken, geliştirilen model esnek, veri yönelimli ve optimizasyon temelli bir karar mekanizması sunmaktadır. Bu yaklaşım, Ar-Ge projelerinin finansman süreçlerinde, kamu kaynaklarının daha etkin ve stratejik bir şekilde kullanılmasını sağlayan rasyonel bir karar verme mekanizması geliştirmektedir.

Bununla birlikte, önerilen metodolojinin Türkiye'nin Ar-Ge projelerine yönelik değerlendirme sistematığını uluslararası standartlarla uyumlu hale getirme ve küresel rekabet gücünü artırma potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Modelin, kamu fonlarının etkin kullanımı açısından bir referans çerçeve oluşturması ve farklı sektörlere uyarlanabilir bir yapıya sahip olması, akademik ve uygulamalı araştırmalarda daha geniş ölçekli kullanımını mümkün kılmaktadır.



Şekil 4.1. Çalışmanın akış diyagramı

4.1. Kriter Eleme ve Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklandırma

Ar-Ge projelerinin değerlendirme süreçlerinde, projelerin bilimsel ve teknik yeterliliğini en doğru şekilde belirleyebilmek için kritik kriterlerin tanımlanması ve değerlendirme sürecinin sistematik hale getirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, öncelikle kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ve Avrupa ile dünya genelindeki fon sağlayıcı kuruluşların değerlendirme sistemleri incelenmiştir. Bu analiz, TÜBİTAK'ın mevcut değerlendirme sistematığının uluslararası standartlarla kıyaslanmasını sağlamakta ve Ar-Ge projelerinin finansman süreçlerine yönelik en iyi uygulamaların belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu süreç sonucunda, 26 kategori altında toplanan toplam 247 değerlendirme kriterinden oluşan geniş bir veri seti oluşturulmuştur. Ancak, her yıl binlerce proje başvurusu yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda, belirlenen kriterlerin tamamının değerlendirme sürecinde kullanılması hem pratik hem de operasyonel açıdan uygulanabilir değildir. Bu nedenle, uzman görüşüne dayalı bir eleme süreci geliştirilmiş ve bu süreç iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, değerlendirme sürecinin uzmanlık ve tecrübe gerektirmesi nedeniyle üç alanda uzman üç karar verici seçilmiştir. Çoklu karar verici kullanımı, bireysel önyargıların etkisini minimize etmeye ve daha güvenilir sonuçlar elde etmeye yardımcı olmaktadır. Seçilen karar vericiler, TÜBİTAK'ta uzun yıllara dayanan deneyime sahip uzmanlar arasından belirlenmiş olup, projelerin teknik, ekonomik ve yenilikçilik açısından değerlendirilmesinde yetkin kişilerdir.

Başlangıçta toplam kriter sayısı $n = 247$ olup, bu kriterler $g = 26$ kategori altında gruplandırılmıştır. Her bir kriterin puanı, karar vericilerin bireysel sıralamalarının geometrik ortalamaları alınarak birleştirilmiştir. Geometrik ortalama kullanımı, aşırı uç değerlerin etkisini azaltarak, daha dengeli bir kriter değerlendirme süreci oluşturmak amacıyla tercih edilmiştir.

$$G_{gj} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m T_{gji}} \quad i = 1.2. m \quad (4.1)$$

Burada, G_{gj} , g kategorisinde yer alan j -inci kriterin geometrik ortalaması, T_{gji} , g kategorisindeki j -inci kriter için i -inci karar vericinin verdiği puan, m karar verici sayısıdır.

Tüm kriterler için geometrik ortalamalar Eşitlik 4.1 ile hesaplanmış, ardından geometrik ortalamaların medyanı kategori bazlı olarak alınmıştır. g kategorisi için geometrik ortalamayı temsil eden G_g 'nin medyanı ise Eşitlik 4.2'deki gibi hesaplanmıştır:

$$Med(G_g) = \begin{cases} G_g \left[\frac{n+1}{2} \right] & n: \text{tek sayı ise} \\ \frac{G_g \left[\frac{n}{2} \right] + G_g \left[\frac{n}{2} + 1 \right]}{2} & n: \text{çift sayı ise} \end{cases} \quad (4.2)$$

Eleme işlemi için, medyan değerin üzerinde kalan kriterler belirlenmiştir:

$$\text{Elenen Kriterler} = \{j \mid G_{gj} > Med(G_g)\} \quad (4.3)$$

Burada j medyan değerin üstünde geometrik ortalama puanına sahip kriterleri ifade eder.

Bu eleme sistemi sonucunda, kriter sayısının $n = 247$ 'den $n_{reduced1} = 131$ 'e düşürülmüştür.

İkinci aşamada, kriterlerin yeniden düzenlenmesi sağlanmış ve benzer anlam ve içeriğe sahip kriterler birleştirilerek kategori sayısı $g = 26$ 'dan $g_{reduced} = 8$ 'e düşürülmüştür. Bu yeniden yapılandırma, kriterler arasındaki ilişkileri daha net bir şekilde tanımlayarak, değerlendirme sürecini daha stratejik ve yönlendirilmiş hale getirmeye katkıda bulunmuştur.

Kriterlerin önceliklendirilmesi ve ağırlıklandırılması amacıyla, bilgi teorisinden türetilen entropi yöntemi kullanılmıştır. Entropi kavramı, bilim ve mühendislik dalları olan fizik, bilgi teorisi ve matematik, termodinamik alanında gelişmiş ve ardından bilgi entropisi ortaya çıkmıştır. Entropi ilk olarak, Rudolph Clausius tarafından 1865'de termodinamik alanında geliştirilmiş, 1948'de Claude Shannon tarafından bilgi entropisi kavramı ortaya atılmıştır [72].

ÇKKV problemlerinde, entropi yöntemi, kriterlerin bilgi içeriğini ve önem derecelerini belirlemede kullanılan objektif bir ağırlıklandırma yaklaşımıdır [73]. Kriterlerin entropisi, kriterlerin önem derecelerini yansıtmaktadır. Daha yüksek entropiye sahip olan bir kriter, daha fazla bilgi veya belirsizlik içermekte ve dolayısıyla daha düşük bir ağırlığa sahip olabilmektedir. Bu şekilde, entropi kullanarak kriterlere ağırlık atayarak veya kriterlerin önem sıralamasını yaparak karar verme sürecinde daha dengeli ve bilgi temelli bir yaklaşım elde edilebilmektedir. Entropi yöntemi 5 adımdan oluşmaktadır [74, 75].

Adım 1: Karar matrisi (X) oluşturulur.

Karar matrisi, karar vericiler tarafından sürecin başlangıcında oluşturulan matristir. Satırlarında sıralanmak istenilen karar seçenekleri, sütunlarında ise ölçütler yer alır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Adım 2: Karar matrisi normalize edilir. Normalize karar matrisi (N) oluşturulurken ölçütlerdeki minimum ya da maksimum amaca bakılmaksızın

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (4.5)$$

eşitliğine göre X karar matrisi normalize edilir.

Adım 3: Her bir kriterin entropi ölçüsü Eşitlik 4.6 yardımıyla bulunur.

$$E_j = -h \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad i = 1.2. \dots m, \quad j = 1.2. \dots n \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.6'da h bir sabiti temsil eder ve formülü

$$h = \frac{1}{\ln(m)} \quad (4.7)$$

ile gösterilir. j . kriterin entropi değerini verir.

Adım 4: Kriterlerin farklılaşma derecesi Eşitlik 4.8 yardımıyla hesaplanır.

$$d_j = 1 - E_j \quad j = 1.2. \dots n \quad (4.8)$$

D_j, j yapısında mevcut olan bir karşıtlık yoğunluğunu gösterir.

Adım 5: Kriter ağırlıkları Eşitlik 4.9 kullanılarak hesaplanır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad j = 1.2. \dots n \quad 0 \leq w_j \leq 1 \text{ ve } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4.9)$$

Bu yöntem ile elde edilen ağırlıklar doğrultusunda ikinci aşama eleme süreci gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin dörtte birlik (quartile) analizine dayalı olarak yapılan eleme işlemi sonucunda, 35 kriter daha çıkarılmış ve toplam kriter sayısı $n_{reduced2} = 96$ 'ya düşürülmüştür. Sonuç olarak, hakem değerlendirme süreci için 8 kategori altında toplam 96 kriterden oluşan bu yapı, hakem değerlendirme süreci için belirlenen sistematığın temelini oluşturmuştur.

4.2. Karar Destek Sistemi

Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi, kamu fonlama kurumları, üniversiteler, araştırma enstitüleri ve teknoloji yoğun şirketler gibi birçok organizasyonda karşılaşılan kritik bir karar alma sürecidir. Bu süreç, yalnızca projelerin bilimsel, teknik ve ekonomik yeterliliklerini belirlemekle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda ulusal inovasyon kapasitesini artırma ve kamu kaynaklarını verimli kullanma gibi daha geniş ölçekli stratejik hedeflere de hizmet etmektedir. Ancak, aday projelerin gelecekteki başarılarını ve etkilerini tahmin etmenin zorluğu, çok aşamalı ve çok kriterli bir karar alma süreci gerektirmesi nedeniyle, bu süreç oldukça karmaşık ve yönetsel olarak zorlayıcı bir yapıdadır. Özellikle, hakemlerin farklı uzmanlıklara, tecrübeler ve stratejik önceliklere sahip olması, değerlendirme sürecinde öznelliğin ve karar tutarsızlıklarının oluşmasına neden olabilmektedir. Bu durum, Ar-Ge fonlama süreçlerinde karar destek sistemlerine (KDS) olan ihtiyacı artırmakta ve teknolojik çözümlerle desteklenen değerlendirme modellerinin geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Son altmış yılda, Ar-Ge projelerinin seçimi sürecinde organizasyonların daha iyi kararlar almasına yardımcı olmak için birçok karar modeli ve KDS geliştirilmiştir [76, 77, 78, 79]. Ancak, mevcut araştırmalar, bu sistemlerin büyük bir kısmının yalnızca projelerin seçimine yönelik olduğunu, projelerin değerlendirilmesi aşamasında ise sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Fon sağlayıcı kuruluşların finansman kararlarının genellikle hakem değerlendirme sonuçlarına dayandığı göz önüne alındığında, Ar-Ge proje önerilerinin değerlendirilmesine yönelik bir KDS geliştirilmesi, bu alandaki önemli araştırma boşluklarından biridir.

Hakem değerlendirmesine yönelik KDS geliştirme konusundaki çalışmalardan biri, de Piante Henriksen ve Palocsay [80] tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada, Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi ve sıralanması için interaktif ve kullanıcı dostu bir KDS geliştirilmiştir. Bu sistem, Henriksen ve Traynor [81] tarafından geliştirilen puanlama metodolojisini kullanarak, proje değeri ve maliyetini dikkate almakta ve birden fazla karar

kriteri arasındaki ödünleşimleri hesaplamaktadır. Excel tabanlı olarak geliştirilen bu sistem, PScore olarak adlandırılmış ve yöneticilerin karar alma süreçlerini kolaylaştıran bilgisayar destekli bileşenler içermektedir. Ancak pratik açıdan, excel tabanlı olan bu sistem birden fazla kullanıcının eş zamanlı KDS'ye erişimi, bilişsel, mekânsal ve zamansal sınırlamalar içermesi gibi dezavantajlar barındırmaktadır. Bu sebeple, hakem değerlendirme süreci için daha ölçeklenebilir, dinamik ve verimli bir KDS geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışma kapsamında bu eksiklikleri gidermek amacıyla, hakem değerlendirme süreçlerine yönelik daha kapsamlı ve pratik bir KDS geliştirilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, bu kriterleri kullanarak projeleri değerlendirmek amacıyla Java tabanlı ve açık kaynak kodlu bir platform olan "ECLIPSE" üzerinde özelleştirilmiş bir KDS geliştirilmiştir. Sistem, web tabanlı bir uygulama olarak tasarlanmış ve Apache Tomcat web sunucusu kullanılarak yayınlanmıştır. Bu platform, Ar-Ge projeleri değerlendiricileri olan hakemler, projelerin nihai kararını alan grup yürütme kurulu (GYK) üyeleri ve süreci yürüten ve koordine eden grup koordinatörleri (GK) için özelleştirilmiş arayüzler içermektedir. Bu sistem, kullanıcı dostu bir arayüz ve çok kullanıcıli erişim imkanı sunarak hakem değerlendirme süreçlerini daha sistematik ve pratik bir hale getirmektedir. Aynı zamanda, farklı kullanıcıların süreç içindeki rolleri açıkça tanımlanmış ve bu sayede daha etkin bir iş birliği ortamı sağlanmıştır.

Sonuç olarak, Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesine yönelik geliştirilen KDS'ler, organizasyonlara ve karar vericilere daha sistematik, nesnel ve verimli bir karar verme süreci sunmaktadır. Ancak, mevcut sistemlerin büyük çoğunluğu yalnızca proje seçim sürecine odaklanırken, değerlendirme aşamasına yönelik çözümler yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, ECLIPSE tabanlı web uygulaması gibi çözümler, modern araştırma fonlama mekanizmalarının ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilir ve daha etkili bir değerlendirme süreci oluşturabilir.

4.3. K-ortalamlar Kümeleme

Literatürde "K-means" olarak bilinen k-ortalamlar kümeleme algoritması [82, 83], kümeleme yöntemleri arasında en tanınan ve en yaygın kullanılan algoritmalarından biri olarak öne çıkmaktadır. Algoritma, veri setini belirlenen küme sayısına (k) göre bölerek her küme için merkez noktalarını (centroid) belirlemeyi ve veri noktalarını en uygun kümeye atamayı hedeflemektedir. K-ortalamlar algoritmasında, "k" harfi oluşturulacak küme sayısını ifade ederken, "ortalamlar" terimi ise küme merkezlerinin, yani centroidlerin hesaplanmasında kullanılan aritmetik ortalamayı temsil etmektedir [84].

Bu algoritma, veri setini belirlenen küme sayısına ayırarak her bir küme için ortalama merkezlerini hesaplamayı ve bu merkezlere dayalı bir kümeleme yapısı oluşturmayı amaçlamaktadır. K-ortalamlar algoritması, kümeleme işlemi sırasında kareler toplamı hata kriterini minimize ederek en uygun veri bölümlenmesini elde etmeye çalışır. Bu bağlamda, algoritmanın minimize etmeyi hedeflediği amaç fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir [85]:

$$E(C) = \sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in C_j} \|x_i - c_j\|^2 \quad (4.10)$$

Burada, k toplam küme sayısını, C_j j -inci küme içerisindeki veri noktalarının kümesini, c_j ise j -inci kümenin merkezini ifade etmektedir. x_i , C_j kümesine ait bir veri noktası iken, $\|x_i - c_j\|^2$ veri noktalarının küme merkezine olan uzaklığının karesidir. Algoritmanın temel işleyişi yinelemeli bir yapıya sahip olup, küme merkezlerinin güncellenmesiyle en uygun bölümlene elde edilene kadar süreklilik göstermektedir.

K-ortalamlar algoritmasının çalışma aşamaları şu şekilde ilerlemektedir: Öncelikle, k küme sayısı belirlenir ve bu küme merkezleri rastgele ya da belirli bir ön bilgiye dayanarak atanır. Daha sonra, veri noktaları her iterasyonda en yakın küme merkezine atanarak yeni küme yapıları oluşturulur. Atama kuralı şu şekilde ifade edilebilir [85]:

$$x_j \in C_l \text{ eğer } \|x_j - m_l\| < \|x_j - m_i\|, i \neq l \text{ ve } i = 1, \dots, K, j = 1, \dots, N \quad (4.11)$$

Burada, x_j veri noktalarından biri olup, kendisine en yakın küme merkezine atanması sağlanır. Daha sonra, her bir kümenin yeni merkezi ilgili kümede yer alan veri noktalarının ortalaması alınarak güncellenir:

$$m_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x_j \in C_i} x_j \quad (4.12)$$

Bu yinelemeli süreç, küme merkezlerinin değişmediği ya da belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığı noktaya kadar devam eder.

K-ortalamlar algoritması, veri noktalarının küme merkezlerine uzaklığını hesaplamak için farklı mesafe ölçütleri kullanabilmektedir. En yaygın tercih edilen mesafe ölçütleri arasında Öklid mesafesi, Manhattan mesafesi, Canberra mesafesi, Korelasyon mesafesi ve

Minkowski mesafesi yer almaktadır. Öklid mesafesi, benzerliği koordinat farklarının kareleri alınarak ölçen bir metrik olup, şu şekilde tanımlanmaktadır [86, 87]:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4.13)$$

Öklid mesafesi sayısal veriler için en yaygın kullanılan mesafe ölçütlerinden biri olmasına rağmen, kategorik ya da sıralı verilerle çalışıldığında Hamming ya da Jaccard mesafesi gibi alternatif metrikler tercih edilebilmektedir. Öklid mesafesi dahil olmak üzere farklı mesafe ölçütleri, veri noktalarının benzerliğini ve küme atamasını belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Doğru mesafe ölçütünün seçilmesi, desenlerin belirlenmesine ve benzer veri noktalarının etkili bir şekilde gruplandırılmasına yardımcı olmaktadır [87, 88].

Mesafeler hesaplandıktan sonra, veri noktaları yeniden en yakın küme merkezine atanarak küme yapısı güncellenir. Bu yinelenmeli süreç, ya küme atamalarının artık değişmediği ya da belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığı noktaya kadar devam eder [89, 90].

K-ortalamlar kümeleme algoritmasının başarısı, merkez noktalarının (centroid) başlangıç pozisyonlarına oldukça duyarlıdır. Bu sebeple, k-ortalamlar algoritması farklı başlangıç merkez dağılımlarıyla tekrarlanabilir. Alternatif olarak, Arthur ve Vassilvitskii [91] tarafından önerilen k-ortalamlar++ yöntemi kullanılabilir. K-ortalamlar++ başlangıç merkez dağılımlarını seçmek için kullanılan bir yöntemdir ve dört ana adımdan oluşur:

Adım 1: İlk merkez noktası (m_1) rastgele bir veri noktası (y_i) olarak seçilir.

Adım 2: Her y_i için en yakın merkez noktasına olan mesafe $F(y)$ hesaplanır.

Adım 3: Seçilmeyen veri noktaları arasından (y'_i), yeni bir merkez noktası (m_1), $\frac{F(y'_i)^2}{\sum F(y'_i)^2}$ olasılığıyla seçilir.

Adım 4: Merkez noktalarının sayısı k 'ya ulaşana kadar Adım 2 ve 3 tekrarlanır.

Bir veri seti için optimal küme sayısını belirlemek, k-ortalamlar kümeleme algoritmasının en kritik aşamalarından biridir [92]. Ancak, veri seti üzerinde uygulanacak kümeleme algoritması için en uygun küme sayısını belirlemek her zaman doğrudan mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, literatürde optimum küme sayısını belirlemek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, en yaygın kullanılan iki yöntem olan Dirsek Kriteri (Elbow Criterion) ve Silhouette Yöntemi (Silhouette Method) ele alınmaktadır.

Dirsek Yöntemi, küme sayısının belirlenmesine yönelik sezgisel bir yöntemdir ve küme içi hata kareler toplamı (Within-Cluster Sum of Squares - WCSS) değerini temel almaktadır. Bu yöntemde, farklı küme sayıları için WCSS hesaplanarak bir grafik oluşturulmaktadır. Küme sayısı arttıkça, WCSS değeri azalmaktadır, ancak belirli bir noktadan sonra azalma oranı yavaşlamakta ve grafik üzerinde bir "dirsek" şeklinde bir kırılma meydana gelmektedir. Bu kırılma noktası, optimum küme sayısının belirlendiği noktayı ifade etmektedir [93]. İlk olarak Thorndike [94] tarafından 1953 yılında ortaya konulan bu yöntem, kümeleme analizlerinde sıkça tercih edilen bir kriterdir. Thorndike, çalışmasında küme içi tutarlılığı ölçmek ve en uygun küme sayısını belirlemek amacıyla WCSS değerini kullanarak kümeleme yapısının nasıl değerlendirilmesi gerektiğini açıklamaktadır.

Silhouette Yöntemi ise, her bir veri noktasının kendi kümesi ile ne kadar iyi eşleştiğini ve diğer kümelerden ne kadar ayrıldığını değerlendiren bir tekniktir. Rousseeuw [95] tarafından 1987 yılında önerilen bu yöntem, kümeleme sonuçlarının doğruluğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Silhouette değeri, bir veri noktasının küme içi benzerliği ile diğer kümelere olan uzaklığını karşılaştırarak hesaplanmakta ve -1 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Bu değer, veri noktasının doğru kümede olup olmadığını değerlendirmek için bir gösterge niteliği taşımaktadır. Ortalama Silhouette skoru hesaplanarak farklı küme sayıları için bir grafik oluşturulmakta ve en yüksek Silhouette değerine sahip küme sayısı optimum küme sayısı olarak belirlenmektedir. Bu yöntem, özellikle karmaşık veri setlerinde kümeleme performansını değerlendirmek için güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bu iki yöntem birlikte ele alındığında, Dirsek Yöntemi daha çok WCSS metriğini kullanarak küme sayısını belirleme üzerine yoğunlaşırken, Silhouette Yöntemi ise veri noktalarının küme içi ve küme dışı benzerliklerini değerlendirerek optimum küme sayısını seçmektedir. Dolayısıyla, optimum küme sayısının belirlenmesi gereken uygulamalarda her iki yöntemin bir arada değerlendirilmesi, daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak, k-ortalamalar algoritması veri madenciliği ve makine öğrenmesi alanlarında yaygın olarak kullanılan, sayısal verileri gruplandırmak için etkili bir yöntemdir. Ancak algoritmanın performansı, başlangıç küme merkezlerinin belirlenmesine duyarlı olup, küme sayısının önceden belirlenmesini gerektirmektedir. Doğru mesafe ölçütünün seçilmesi ve algoritmanın uygun bir veri setinde uygulanması, başarılı bir kümeleme sonucunun elde edilmesini sağlamaktadır.

4.4. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Matematiksel Modeller

Ar-Ge projeleri, ekonomik büyüme, teknolojik ilerleme ve ulusal rekabet gücünü artırma açısından stratejik öneme sahip yatırımlardır. Bu projeler, özellikle sanayi ve akademi arasındaki bilgi transferini teşvik ederek yenilikçi çözümler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ancak, kamu fonlarının sınırlı olması nedeniyle, Ar-Ge projelerine yönelik bütçe tahsisinin doğru konumlandırılması kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bu süreç, kaynakların en verimli şekilde kullanılması ve kamu fonlarının sürdürülebilir bir inovasyon ekosistemi oluşturacak biçimde yönlendirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Bütçe tahsisi süreci, kamu yönetiminde uzun yıllardır ele alınan ve çeşitli matematiksel yöntemler kullanılarak optimize edilmeye çalışılan bir konudur. Literatürde, bütçe tahsisi üzerine geliştirilen ilk matematiksel modeller 1950'li ve 1960'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Özellikle, 1955 yılında Lorie ve Savage [96] tarafından önerilen Lorie-Savage problemi, sermaye kısıtlamaları altında yatırım projelerinin seçimini optimize eden bir model sunmuş ve bütçe tahsisi süreçlerinin matematiksel olarak ele alınmasının temelini atmıştır.

1962 yılında Asher [97], LP modellerini kullanarak Ar-Ge projelerinden oluşan bir portföye yönelik kaynak tahsisini optimize etmeye çalışmıştır. Bunu takip eden süreçte, 1966 yılında Weingartner [98], Ar-Ge proje seçimi, finansal portföy optimizasyonu [99] ve sermaye kısıtlama modelleri [96] arasındaki araştırma alanlarını birleştirmiştir. Weingartner çalışmasında, yatırım alternatiflerinden (projelerden) oluşan bir portföyü optimize etmek için klasik sırt çantası problemini (knapsack problem) temel alan bir model geliştirmiştir. Bu erken çalışmalar, bütçe tahsisi ve sermaye bütçelemesi süreçlerinin matematiksel modeller aracılığıyla ele alınmasının yolunu açmış ve sonraki akademik çalışmalara yön vermiştir.

Bu bağlamda, TÜBİTAK tarafından yürütülen Ar-Ge destek programları, her çağrı döneminde bütçe tahsisi konusunda önemli karar süreçlerini içermektedir. Desteklenmesi uygun bulunan projelere ne kadar bütçe ayrılacağı, hem kurum uzmanları, hem GK hem GYK üyeleri tarafından detaylı şekilde analiz edilen temel konuların başında gelmektedir. Proje sunan kuruluşların talep ettikleri bütçe kalemleri titizlikle incelenmekte, her bir gider kaleminin Ar-Ge faaliyetleriyle ilişkisi değerlendirilmektedir. Ayrıca, çağrı kapsamında tahsis edilen toplam bütçenin adil ve etkin bir şekilde dağıtılması sağlanmaya çalışılmaktadır.

Geçmiş yıllarda, bütçe tahsisi sürecinde belirli sistematik çerçeveler oluşturulmaya çalışılmış, ancak değişken proje gereksinimleri ve başvuru sayılarındaki dalgalanmalar

nedeniyle standart bir modele oturtulamamıştır. Her proje farklı içerik ve ihtiyaçlar barındırdığından, geleneksel bütçe tahsisi süreçlerinin esneklikten yoksun olması, karar alma süreçlerinde belirsizliklere yol açmaktadır. Bu nedenle, bütçe tahsis süreçlerinde daha esnek, veri odaklı ve analitik bir yaklaşımın benimsenmesine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde "budgetlocation" olarak bilinen bütçe tahsisi matematiksel modeli ele alınmış ve Ar-Ge projelerine yönelik bütçe tahsisini optimize etmeye yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen modele, projelerin değerlendirme süreçlerinde elde ettikleri puanlar ve k-ortalamlar kümeleme yöntemi ile belirlenen proje grupları dahil edilmiştir. Bu doğrultuda, her küme için belirlenen hedef değerler çerçevesinde projeler, aldıkları puan sıralamasına göre yukarıdan aşağıya bütçe dahilinde desteklenecek şekilde modellenmiştir.

Önerilen bu yaklaşımın temel amacı, Ar-Ge projelerin değerlendirme süreçlerinde nesnel ve veri odaklı bir bütçe tahsis mekanizması geliştirmek ve karar alıcıların değerlendirme süreçlerini sistematik hale getirmektir. Her çağrıda başvuru sayısının değişmesi, projelerin elde ettikleri puanlar veya kümelenme yapılarının farklılık göstermesi gibi dinamik unsurlar göz önüne alındığında, önerilen model bütçe tahsis sürecinin esnekliğini koruyarak karar verme mekanizmasına önemli bir katkı sunmaktadır.

Özellikle, geleneksel bütçe tahsisi yöntemlerinde karşılaşılan subjektif değerlendirme risklerinin azaltılması, kamu kaynaklarının en yüksek bilimsel ve ekonomik etkiye sahip projelere yönlendirilmesi ve karar verme süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi açısından önerilen modelin önemli avantajlar sunduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, önerilen metodoloji, kamu kaynaklarının Ar-Ge projelerine tahsisinde daha sistematik bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Projelerin belirlenen bütçe sınırları dahilinde desteklenmesi kapsamında, kamu kaynaklarının etkin tahsisini sağlamak amacıyla, projelerin profil düzeyine bağlı olarak farklı destek oranları belirlenmesi önerilmektedir. Bu doğrultuda, yüksek profilli projelere orta-yüksek profilli projelere kıyasla daha yüksek destek sağlanması, orta-yüksek profilli projelere ise düşük-orta profilli projelere oranla görece daha yüksek destek verilmesi toplam faydayı maksimize edebilir. Bu yaklaşım temelinde, her bir sınıf için belirlenen hedef değerler doğrultusunda MOLP oluşturulmuş ve Hedef Programlama (Goal Programming – GP) yöntemi ile aşağıdaki biçimde ifade edilmiştir:

İndisler

i : projeler ($i = 1, 2, \dots, n$)
 c_1 : yüksek profilli projeler kümesi
 c_2 : orta-yüksek profilli projeler kümesi
 c_3 : düşük-orta profilli projeler kümesi

Karar değişkenleri

X_i : i . proje için tahsis edilen bütçe
 d_1^- : c_1 kümesi için tahsis edilen bütçeden negatif sapma
 d_1^+ : c_1 kümesi için tahsis edilen bütçeden pozitif sapma
 d_2^- : c_2 kümesi için tahsis edilen bütçeden negatif sapma
 d_2^+ : c_2 kümesi için tahsis edilen bütçeden pozitif sapma
 d_3^- : c_3 kümesi için tahsis edilen bütçeden negatif sapma
 d_3^+ : c_3 kümesi için tahsis edilen bütçeden pozitif sapma

Parametreler

R_i : i . projenin nihai puanı
 r_i : i . projenin hakem soru setindeki bütçe ile ilgili sorulardan hakem değerlendirme sonucu elde ettiği puanın oransal değeri
 w_1 : yüksek profilli proje grubunun önem ağırlığı
 w_2 : orta-yüksek profilli proje grubunun önem ağırlığı
 w_3 : düşük-orta profilli proje grubunun önem ağırlığı
 D_i : proje i için talep edilen bütçe miktarı
 B : kamu kurumunun ilgili program için ayrılan çağrı bütçesi

Model-1 (M1):

(a) Amaç fonksiyonu

Amaç fonksiyonu (Eşitlik 4.14) hedef değerlerden sapmaları temsil eden negatif (d^- : hedefin altında kalınması) sapma değişkenlerini içermektedir ve projeler için dağıtılan bütçeden sapmaları en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

$$\text{Min} \sum w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^- \quad (4.14)$$

(b) Hedef kısıtları

R_i , i . projenin nihai puanını, X_i ise tahsis edilen bütçeyi ifade etmektedir. Projelerin aldıkları puanlara göre bütçeden faydalanabilmelerini maksimize etmektedir.

(1) Eşitlik 4.15 yüksek profilli projeler için hedef fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$YPPH = \sum_{i \in c_1} R_i X_i + d_1^- - d_1^+ \quad c_1: \text{Yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.15)$$

(2) Eşitlik 4.16 orta-yüksek profilli projeler için hedef fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$OYPPH = \sum_{i \in c_2} R_i X_i + d_2^- - d_2^+ \quad c_2: \text{Orta - yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.16)$$

(3) Eşitlik 4.17 düşük-orta profilli projeler için hedef fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$DOPPH = \sum_{i \in c_3} R_i X_i + d_3^- - d_3^+ \quad c_3: \text{Düşük - orta profilli projeler kümesi} \quad (4.17)$$

(c) Kısıtlar

(1) Bütçe kısıtı: Ar-Ge projelerinin desteklenmesi için tahsis edilen bütçenin toplamının, kamu kurumunun ilgili program için ayrılan çağrı bütçesi limiti (B)'nden küçük veya buna eşit olmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq B \quad (4.18)$$

(2) Destek bütçesi kısıtı: i . projenin, en fazla proje önerisinde talep ettiği bütçe (D_i) kadar destek alabilmesini ve bu projenin desteklenen bütçesinin, tahsis edilen bütçe limitine eşit veya ondan daha küçük olmasını sağlamaktadır.

$$x_i \leq D_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.19)$$

(3) Negatif olmama kısıtı: Son olarak Eşitlik 4.20 değişkenlerin negatif olmamasını sağlamaktadır.

$$x_i \geq 0, d_1^- \geq 0, d_1^+ \geq 0, d_2^- \geq 0, d_2^+ \geq 0, d_3^- \geq 0, d_3^+ \geq 0 \quad (4.20)$$

(d) Nihai Model

Nihai Hedef Programlama M1 modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^- \\ \text{st} \quad & \end{aligned} \quad (4.21)$$

$$YPPH = \sum_{i \in c_1} R_i X_i + d_1^- - d_1^+ \quad c_1: \text{Yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.22)$$

$$OYPPH = \sum_{i \in c_2} R_i X_i + d_2^- - d_2^+ \quad c_2: \text{Orta - yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.23)$$

$$DOPPH = \sum_{i \in c_3} R_i X_i + d_3^- - d_3^+ \quad c_3: \text{Düşük - orta profilli projeler kümesi} \quad (4.24)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq B \quad (4.25)$$

$$x_i \leq D_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.26)$$

$$x_i \geq 0, d_1^- \geq 0, d_1^+ \geq 0, d_2^- \geq 0, d_2^+ \geq 0, d_3^- \geq 0, d_3^+ \geq 0 \quad (4.27)$$

Model-2 (M2):

M1, projelerin aldığı puanlar doğrultusunda sıralama yaparak, toplam bütçeyi talep edilen proje bütçelerinin tamamını karşılayacak şekilde tahsis etmektedir. Her bir projede proje sahiplerinin talep ettiği bütçenin ne kadarının ödenmesi ile ilgili bir bütçe tahsis sisteminin belirlenmesi kapsamında, hakem değerlendirme sürecinde yer alan bütçeye ilişkin soruların, hakemler tarafından verilen puanlara dayalı olarak dikkate alınabileceği öngörülmüştür. Bu doğrultuda, tüm projelerin hakem soru setinde yer alan bütçe planlaması ile ilgili sorulardan aldıkları puanlar oransal değere dönüştürülerek, destek bütçesi oranı olarak M1 modeline entegre edilmiştir. M1’de yer alan Eşitlik 4.26 M2’de aşağıdaki gibi revize edilmiştir:

$$x_i \leq r_i D_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.28)$$

r_i , i . projenin hakem soru setindeki bütçe ile ilgili sorulardan hakem değerlendirme sonucu elde ettiği puanın oransal değerini ifade etmektedir. Nihai Hedef Programlama M2 modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$(4.21), (4.22), (4.23), (4.24), (4.25)$$

$$x_i \leq r_i D_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.29)$$

(4.27)

4.5. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Bulanık Matematiksel Model

Bu bölümde, öncelikle bulanık matematiğin temel kavramları tanıtılmış, FLP ele alınmış, ardından önerilen bulanık matematiksel model verilmiştir.

4.5.1. Bulanık matematiğin temelleri

Bulanık küme teorisinin aksiyomatik temelleri çok yönlü olsa da bu çalışmada teorisinin temel unsurlarına odaklanılmıştır.

Tanım 1 (Bulanık küme): Klasik kümeler teorisinde, bir eleman ya kümeye tam üyedir ($x \in A$) ya da değildir ($x \notin A$). Ancak, bulanık kümeler teorisi, bir elemanın bir kümeye belirli bir derecede üyeliğe sahip olabileceğini ifade eder. Bu yaklaşım, belirsizlik içeren veya kesin sınırlarla tanımlanamayan durumları modellemek için geliştirilmiştir.

Eğer X , x ile gösterilen nesnelerden oluşan bir evren kümesi ise, $\tilde{A}$ bulanık kümesi, aşağıdaki gibi sıralı çiftlerden oluşan bir küme olarak tanımlanır [100]:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X)\} \quad (4.30)$$

Burada, $\mu_{\tilde{A}}(x)$, X 'ten üyelik uzayı M 'ye tanımlanan üyelik fonksiyonudur ve eleman x 'in bulanık kümeye olan üyelik derecesini belirler. Üyelik fonksiyonunun değeri, sıfırdan büyük ve sonlu olan reel sayıların bir alt kümesi içindedir. Matematiksel olarak, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ fonksiyonunun aldığı değerler genellikle $M = [0,1]$ aralığında tanımlanır, yani:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1], \quad \forall x \in X \quad (4.31)$$

Burada,

$\mu_{\tilde{A}}(x) = 0 \Rightarrow x$ elemanı, bulanık kümeye kesinlikle ait değildir.

$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \Rightarrow x$ elemanı, bulanık kümeye tamamen aittir.

$0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1 \Rightarrow x$ elemanı, bulanık kümeye kısmi olarak aittir.

Bir bulanık küme eğer üyelik fonksiyonunun en büyük değeri 1'e eşitse, yani $\sup \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ ise normalize edilmiş bulanık küme olarak adlandırılır.

Tanım 2 (Çekirdek): Bulanık bir küme $\tilde{A}$ için çekirdek (core), bu kümenin tam üyeliğe sahip olan elemanlarının oluşturduğu bölge olarak tanımlanır. Çekirdek, bulanık kümenin en belirgin bileşenlerinden biridir ve kümeye kesin üyelik gösteren elemanları içerir. Matematiksel olarak, çekirdek bölgesi, evren kümesi X 'te aşağıdaki koşulu sağlayan tüm x elemanlarını içerir [101].

$$C(\tilde{A}) = \{x \in X | \mu_{\tilde{A}}(x) = 1\} \quad (4.32)$$

$C(\tilde{A})$, bulanık kümenin çekirdek bölgesini ifade eder ve tam üyelik gösteren elemanlardan oluşur. Başka bir deyişle, çekirdek bölgesindeki tüm elemanlar, bulanık kümenin kesin üyeleridir ve bu elemanlar için herhangi bir belirsizlik söz konusu değildir.

Tanım 3 (Destek): Bulanık bir küme $\tilde{A}$ için bir üyelik fonksiyonunun desteği (support), bu kümenin sıfırdan büyük üyelik derecelerine sahip elemanlarının oluşturduğu bölge olarak tanımlanır. Destek, bulanık kümeye herhangi bir seviyede üyeliği olan tüm elemanları içerir ve çekirdek (core) ile sınırlar (boundaries) arasındaki tüm belirsiz bölgeleri de kapsar. Matematiksel olarak, destek bölgesi, evren kümesi X 'te aşağıdaki koşulu sağlayan tüm x elemanlarını içerir [100, 101].

$$S(\tilde{A}) = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (4.33)$$

$S(\tilde{A})$, bulanık kümenin destek bölgesini ifade eder ve sıfırdan büyük üyelik derecesine sahip elemanlardan oluşur. Başka bir deyişle, destek bölgesindeki tüm elemanlar, bulanık kümeye belirli bir dereceye kadar üyedir ve bu elemanların kümeye ait olmadığı kesin olarak söylenemez.

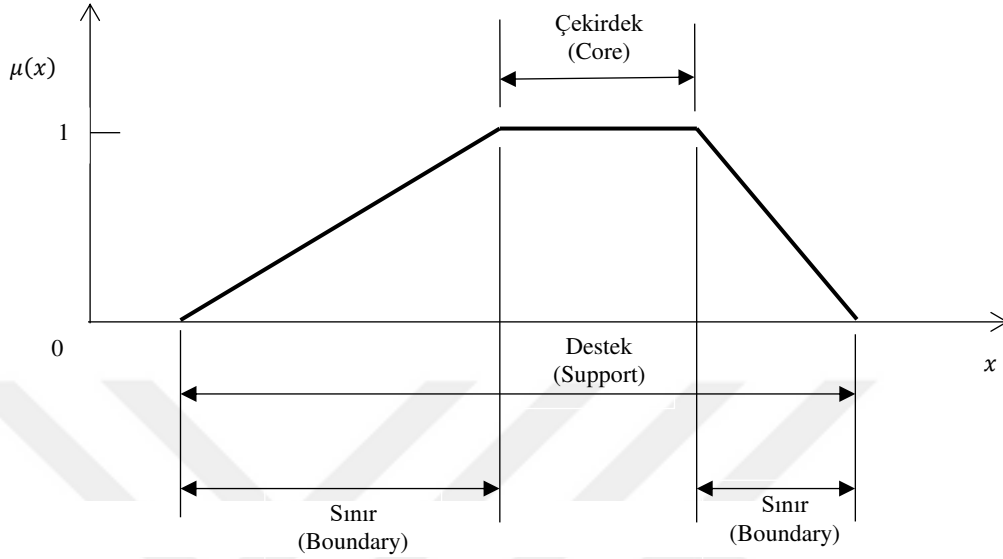
Tanım 4 (Sınırlar): Bulanık bir küme $\tilde{A}$ için bir üyelik fonksiyonunun sınırları (boundaries), evren kümesi içinde tam üyeliğe ($\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$) sahip olmayan, ancak sıfırdan büyük ($0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1$) üyelik derecelerine sahip elemanları içeren bölge olarak tanımlanır [101]. Bu bölge, bulanık kümenin çekirdeği (core) ve desteği (support) arasındaki belirsizlik bölgesini temsil etmektedir. Matematiksel olarak, sınır bölgesi, aşağıdaki koşulu sağlayan tüm x elemanlarını içerir:

$$B(\tilde{A}) = \{x \in X \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1\} \quad (4.34)$$

$B(\tilde{A})$ bulanık kümenin sınırlarını (boundaries) ifade eder. Bu elemanlar, tam üyelik (çekirdek) veya sıfır üyelik (desteğin dışında) olarak sınıflandırılmayan ve belirli bir belirsizlik seviyesine sahip olan üyelerden oluşur. Başka bir deyişle, bulanık kümenin sınırları, üyelik derecelerinin tamamen kesin olmadığı bölgedir ve bu bölgedeki elemanlar yalnızca kısmi üyelik göstermektedir. Şekil 4.2, tipik bir bulanık kümenin üç temel bileşenini içeren bölgeleri göstermektedir:

1. Çekirdek (Core): $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ koşulunu sağlayan tam üyeliğe sahip elemanları içerir.
2. Destek (Support): $\mu_{\tilde{A}}(x) > 0$ olan tüm elemanları kapsar. Bu bölge, bulanık kümeye herhangi bir seviyede üyelik gösteren tüm elemanları içerir.

3. Sınırlar (Boundaries): $0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1$ koşulunu sağlayan, yani tam üyelik derecesine sahip olmayan, ancak kümeye tamamen de ait olmayan elemanları içeren bölgedir.



Şekil 4.2. Bulanık bir kümenin çekirdeği, desteği ve sınırları¹

Tanım 5 (Konveks bulanık küme): Klasik kümeler teorisinde, bir kümenin konveks olması, iki nokta arasındaki doğru parçasının da küme içinde olması ile tanımlanır. Ancak, bulanık kümelerde konvekslik, üyelik fonksiyonunun belirli özellikleri sağlaması ile ifade edilir. Konveks bulanık kümeler, üyelik fonksiyonunun değerlerinin belirli bir düzeni takip ettiği bulanık kümelerdir. Bir bulanık küme $\tilde{A}$, üyelik fonksiyonu monoton artıyorsa, üyelik fonksiyonu monoton azalıyorsa veya üyelik fonksiyonu önce monoton artıyor, ardından monoton azalıyorsa konveks bulanık küme olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, bulanık küme $\tilde{A}$ için herhangi bir $x, y, z \in X$ elemanları ve $x < y < z$ koşulu sağlandığında aşağıdaki eşitsizlik geçerliyse $\tilde{A}$ konveks bir bulanık kümedir [101].

$$\mu_{\tilde{A}}(y) \geq \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(z)] \quad (4.35)$$

Konveks bulanık kümelerde, aralarındaki tüm noktaların üyelik fonksiyonlarının en düşük uç nokta değerinden küçük olmaması gereklidir. Bu tanım, konveks olmayan bulanık

¹Ross, T.J. tarafından yazılan Fuzzy logic with engineering applications, 2005, s. 90'dan yeniden çizilmiştir (Şekil 4.1).

kümelerle karşılaştırıldığında, üye olma derecelerinin aşırı değişkenlik göstermediği ve düzenli bir yapı izlediği kümeleri tanımlamak için kullanılır.

Tanım 6 (α -kesiti/katı α -kesiti): Bir bulanık kümenin α -kesiti (α -level set), bu kümeye en az α derecesinde ait olan elemanların kümesini ifade eder. Başka bir deyişle, α -kesiti, bulanık kümeyi belirli bir eşliğe göre klasik bir kümeye dönüştürmenin bir yoludur.

Katı α -kesiti (strict α -level set) ise, yalnızca üyelik fonksiyonu değeri tam olarak α 'dan büyük olan elemanları içerir.

Matematiksel olarak, X kümesinin bulanık alt kümesi $\tilde{A}$ için, üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}: X \rightarrow [0,1]$ ve $\alpha \in [0,1]$ α -kesiti (α -level set) ve katı α -kesiti $(\tilde{A})_{\alpha}$ (strict α -level set) aşağıdaki gibi tanımlanır [102]:

α -kesiti (α -level set):

$$[\tilde{A}]_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (4.36)$$

Katı α -kesiti (strict α -level set):

$$(\tilde{A})_{\alpha} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\} \quad (4.37)$$

Bu kesitler, bulanık kümelerin klasik kümelere nasıl indirgenebileceğini gösterir. α -kesiti, bulanık kümeyi belirli bir eşliğe göre sert bir bölünmeye dönüştürürken, katı α -kesiti, yalnızca daha yüksek derecede üyeliği olan elemanları koruyarak daha dar bir kesit oluşturur. α -kesiti ve katı α -kesiti arasındaki temel fark, kesitte hangi elemanların bulunduğuudur:

- $\mu_{\tilde{A}}(x) = \alpha$ olan elemanlar, α -kesitine dahildir ancak katı α -kesitinde bulunmaz.
- Katı α -kesiti, yalnızca üyelik derecesi α 'dan büyük olan elemanları içerdiği için, α -kesitinden daha küçük bir kümedir.

Tanım 7 (Bulanık sayı): Klasik sayılar teorisinde, herhangi bir reel sayı kesin ve belirli bir değere sahiptir. Ancak, bulanık kümeler teorisinde, bir sayının kesin olarak belirlenmesi yerine, belirsizlik içeren bir aralık içinde ifade edilmesi gerekmektedir.

Bir bulanık küme, normal ve konveks ise, her $\alpha \in (0,1]$ $\tilde{A}$ 'nin α -kesiti kapalı bir aralık oluşturuyorsa ve $\tilde{A}$ 'nin desteği sınırlıysa, bu bulanık küme bir bulanık sayı (fuzzy number) olarak adlandırılır [103, 104].

Matematiksel olarak, bir bulanık sayı $\tilde{A}$ aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır:

1. Normalite (Normality):

- $\tilde{A}$ 'nin en az bir elemanı, tam üyelik değerine ($\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$) sahip olmalıdır.
- Bu, bulanık sayının en yüksek üyelik değerine sahip olduğu noktayı belirler.

2. Konvekslik (Convexity):

- $\tilde{A}$ 'nin üyelik fonksiyonu konveks olmalıdır, yani $x, y, z \in X$ ve $x < y < z$ için Eşitlik 4.35'i, sağlanmalıdır.

3. Kapalı α -Kesitler (Closed α -Level Sets):

- Her $\alpha \in (0,1]$ için $\tilde{A}$ 'nin α -kesiti kapalı bir aralık oluşturmaktadır.
- Yani, bulanık sayı belirli bir α seviyesinde kesildiğinde, elde edilen aralık kapalı bir küme olmalıdır.

$$[\tilde{A}]_{\alpha} = [a_{\alpha}, b_{\alpha}] \quad (4.38)$$

4. Sınırlı Destek (Bounded Support):

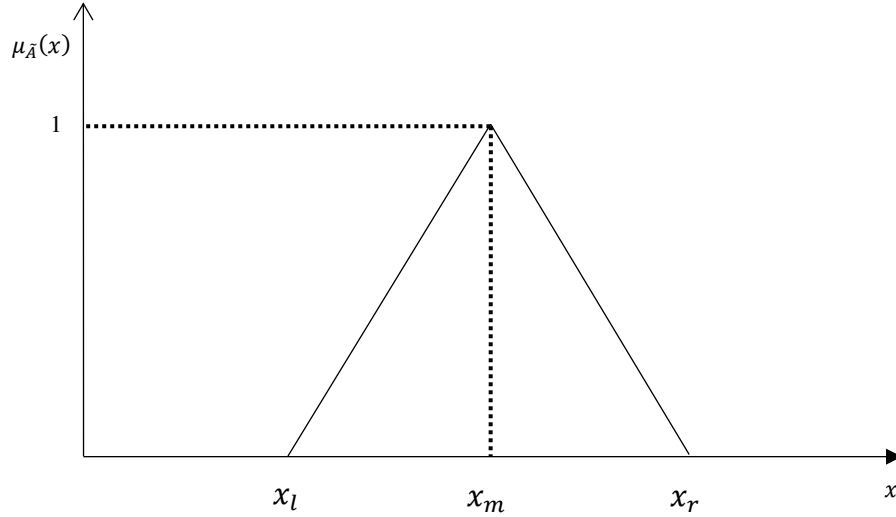
- $\tilde{A}$ 'nin desteği sınırlı olmalıdır, yani kümenin en dış sınırlarını belirleyen değerler sonsuz olmamalıdır.

Tanım 8 (Üçgen bulanık sayı): Bir bulanık sayı $\tilde{A}$, üyelik fonksiyonu aşağıdaki biçimde tanımlandığında üçgen bulanık sayı (Triangular Fuzzy Number - TFN) olarak adlandırılır [104]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{r-x}{r-m}, & m \leq x \leq r \\ 0, & x < l \text{ veya } x > r \end{cases} \quad (4.39)$$

Burada, Şekil 4.3'de gösterildiği gibi $\tilde{A} = (x_l, x_m, x_r)$ üçlüsü ile temsil edilir. Bu gösterimde,

- $l \rightarrow$ Sol uç nokta (Left endpoint): Üyelik fonksiyonunun başladığı en küçük değerdir ve $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ olduğu ilk noktadır.
- $m \rightarrow$ Tepe noktası (Peak value): $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ olduğu, bulanık sayının en yüksek üyelik derecesine sahip olduğu noktadır.
- $r \rightarrow$ Sağ uç nokta (Right endpoint): Üyelik fonksiyonunun sifıra düştüğü en büyük değerdir.



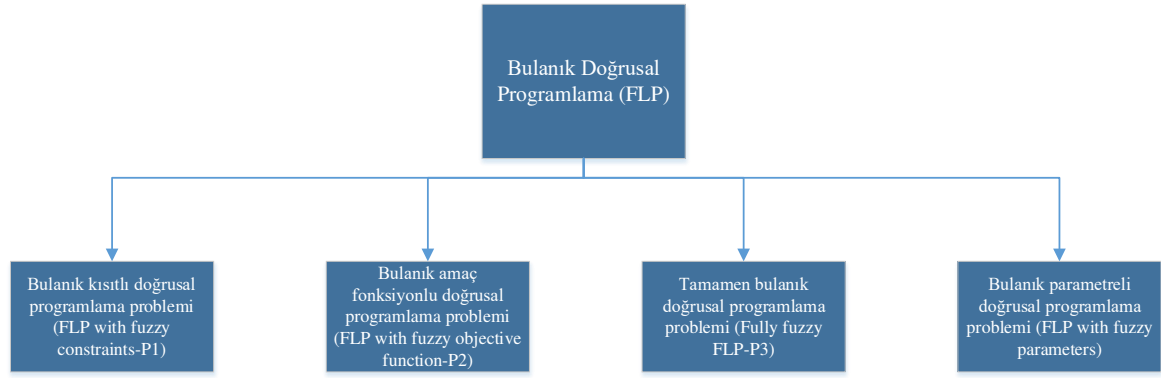
Şekil 4.3. Üçgen bulanık sayı²

4.5.2. Bulanık doğrusal programlama

Bulanık doğrusal programlama, bulanıklığın modele nasıl entegre edildiğine bağlı olarak farklı sınıflara ayrılmaktadır. Verdegay [105], 1984 yılında yayımladığı çalışmasında FLP problemlerinin üç farklı türünü tanımlamıştır. Daha sonra literatürde yaygın olarak kullanılan sınıflandırma aşağıdaki gibi gelişmiştir:

- i. Bulanık kısıtlı doğrusal programlama problemi (FLP with fuzzy constraints-P1)
- ii. Bulanık amaç fonksiyonlu doğrusal programlama problemi (FLP with fuzzy objective function-P2)
- iii. Tamamen bulanık doğrusal programlama problemi (Fully fuzzy FLP-P3)
- iv. Bulanık parametrelili doğrusal programlama problemi (FLP with fuzzy parameters)

² Bector C. ve Chandra S. tarafından yazılan Fuzzy mathematical programming and fuzzy matrix games, 2005, s. 52'den yeniden çizilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 4.4. Bulanık doğrusal programlama problemlerinin sınıflandırılması

Her tür FLP problemi, iki farklı yaklaşımla çözülebilir: simetrik FLP problemleri ve asimetrik FLP problemleri. Simetrik FLP problemleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlara ait bulanık kümelerin kesişimini içerir. Asimetrik FLP problemleri ise, amaç fonksiyonu ve kısıtlara ait bulanık kümelerin ayrı ayrı ele alındığı modelleri içerir [104].

Bulanık kısıtlı doğrusal programlama problemi (P1-FLP)

Bulanık eşitsizliklere ve kesin (crisp) amaç fonksiyonuna sahip bir FLP problemi aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$\begin{aligned}
 & \max \quad c^T x \\
 & s. t. \quad A_n x \lesseqgtr b_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
 & \quad \quad x \geq 0
 \end{aligned} \tag{4.40}$$

Burada, kısıtların yumuşak (soft) kısıtlar olduğu varsayılmaktadır. $\lesseqgtr$ klasik ikili ilişki ($\leq$) için bulanık bir genişletmedir ve her bir kısıtın sağlanma derecesi, Verdegay'ın yaklaşımına göre aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile ölçülmektedir [105]:

$$\mu_n(A_n x) = \begin{cases} 1, & A_n x < b_n \\ 1 - \frac{A_n x - b_n}{p_n}, & b_n \leq A_n x \leq b_n + p_n \\ 0, & A_n x > b_n + p_n \end{cases} \tag{4.41}$$

Burada, $\mu_n(A_n x)$ n . kısıtın üyelik fonksiyonunu, p_n ise n . kısıtın sağlanmasına yönelik tolerans seviyesini (belirsizlik aralığını) ifade etmektedir.

Verdegay, (4.40) numaralı FLP modelini, her $\alpha \in [0,1]$ için asimetrik (non-symmetric) bir FLP modeli olarak çözmeyi önermiştir ve bu modeli standart parametrik doğrusal programlama problemi haline getirmiştir [105]:

$$\begin{aligned}
& \max \quad c^T x \\
& s. t. \quad A_n x \leq b_n + (1 - \alpha) p_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
& \quad \quad x \geq 0 \\
& \quad \quad \alpha \in [0, 1]
\end{aligned} \tag{4.42}$$

Burada, $\mu_n(A_n x) \geq \alpha$ koşulunun $\alpha \in [0,1]$ için sağlandığı varsayılmaktadır.

Bulanık amaç fonksiyonlu doğrusal programlama problemi (P2-FLP)

Bulanık amaç fonksiyonuna sahip bir FLP problemi aşağıdaki gibi formüle edilir [105]:

$$\begin{aligned}
& \max \quad \tilde{m} x \quad c^T x \\
& s. t. \quad A_n x \leq b_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
& \quad \quad x \geq 0
\end{aligned} \tag{4.43}$$

Verdegay, (4.43) numaralı problemi, (P1-FLP) problemine benzer bir şekilde aşağıdaki gibi çözmeyi önermiştir [105]:

$$\begin{aligned}
& \max \quad c^T x \\
& s. t. \quad \phi(c)_n \geq 1 - \alpha \\
& \quad \quad A_n x \leq b_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
& \quad \quad x \geq 0 \\
& \quad \quad \alpha \in [0, 1]
\end{aligned} \tag{4.44}$$

Burada, $\phi(c) = \inf_j \phi_j(c_j)$, bulanık amaç fonksiyonunun sağlanma derecesi için üyelik fonksiyonudur. Ayrıca, $\phi_j: \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu, $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ için tanımlanmış üyelik fonksiyonudur [105].

Tamamen bulanık doğrusal programlama problemi (P3-FLP)

Bulanık eşitsizliklere ve bulanık amaç fonksiyonuna sahip FLP problemleri, (4.40) ve (4.43) numaralı modellerin bir kombinasyonu olarak aşağıdaki şekilde formüle edilir [104]:

$$\begin{aligned}
& \max c^T x \\
& \text{s.t. } A_n x \preceq b_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
& x \geq 0
\end{aligned} \tag{4.45}$$

Zimmermann, (4.45) numaralı modeli simetrik bir FLP modeli olarak çözmeyi önermiştir ve amaç fonksiyonunun sağlanma derecesi için aşağıdaki üyelik fonksiyonunu tanımlamıştır. Ayrıca, (4.41) numaralı üyelik fonksiyonunu da n . kısıtın sağlanması için kullanmıştır [106]:

$$\mu_0(c^T x) = \begin{cases} 1, & c^T x > Z_0 \\ 1 - \frac{Z_0 - c^T x}{p_0}, & Z_0 - p_0 \leq c^T x \leq Z_0 \\ 0, & c^T x < Z_0 - p_0 \end{cases} \tag{4.46}$$

Burada: $\mu_0(c^T x)$ amaç fonksiyonunun sağlanma derecesini gösteren üyelik fonksiyonu, Z_0 hedeflenen (aspiration) seviye, p_0 amaç fonksiyonunun sağlanmasına yönelik tolerans seviyesidir. Son olarak, (4.45) numaralı model aşağıdaki gibi çözümlere optimize edilir [106]:

$$\begin{aligned}
& \max \alpha \\
& \text{s.t. } \left(1 - \frac{Z_0 - c^T x}{p_0}\right) \geq \alpha \\
& \left(1 - \frac{A_n x - b_n}{p_n}\right) \geq \alpha \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\
& \alpha \in [0, 1] \\
& x \geq 0
\end{aligned} \tag{4.47}$$

Bu model, amaç fonksiyonunun ve kısıtların bulanıklığını dikkate alarak en iyi çözümü elde etmeyi hedeflemektedir.

Bulanık parametrelili doğrusal programlama problemi

Bulanık parametrelili bir FLP problemi aşağıdaki gibi formüle edilir [107]:

$$\begin{aligned}
& \max c^T x \\
& \text{s.t. } \sum_{j=1}^J \tilde{a}_{nj} x_j \leq \tilde{b}_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\}
\end{aligned} \tag{4.48}$$

$$x_j \geq 0 \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, J\}$$

Bulanık parametrelili FLP problemlerinde, bazı veya tüm parametrelerin bulanık olduğu varsayılabilir. Model (4.48)'de, kısıtların sol tarafındaki ve sağ tarafındaki parametrelerin bulanık sayılar olduğu kabul edilmiştir. Bu modelde: $\tilde{a}_{nj}$ 'nin sağlanma derecesi için μ_{nj} üyelik fonksiyonu, $\tilde{b}_n$ 'nin sağlanma derecesi için μ_n üyelik fonksiyonu kullanılabilir. Model (4.48)'e dayanan [107] çalışmasında bulanık kısıtlara ve bulanık katsayılara sahip FLP problemleri için genel bir model ve çözüm önerisi sunulmuştur. Bu model “bulanık kısıtlar ve bulanık katsayılara sahip FLP problemleri” olarak adlandırılabilir.

Bulanık Kısıtlara ve Bulanık Katsayılara Sahip FLP Problemleri

Aşağıdaki model, bulanık kısıtlara ve bulanık katsayılara sahip bir FLP problemi olarak tanımlanır:

$$\begin{aligned} & \max \quad c^T x \\ & \text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^J \tilde{a}_{nj} x_j \leq \tilde{b}_n \quad \forall n \in \{1, 2, \dots, N\} \\ & \quad \quad x_j \geq 0 \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, J\} \end{aligned} \tag{4.49}$$

Burada $\tilde{a}_{nj}$ için μ_{nj} üyelik fonksiyonu, $\tilde{b}_n$ için μ_n üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Her kısıtın sağlanma derecesi de bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilir.

4.5.3. Önerilen bulanık matematiksel model

Geleneksel olarak, sermaye bütçeleme modellerindeki parametreler deterministik olarak kabul edilmiştir. Ancak, gerçek dünya uygulamalarında bu parametrelerin kesin ve değişmez olması pek olası değildir. Bu belirsizlikleri ele almak amacıyla, literatürde sermaye bütçeleme modellerinde belirsizliği dikkate alan çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu yaklaşımlardan biri de bulanık küme teorisidir. Kesin olmayan verileri ve belirsizliği modelleme aracı olarak kullanılan bulanık küme teorisi ilk olarak Zadeh [108] tarafından ele alınmış belirsizlik ve bulanıklığın matematiksel modellemesini sağlamıştır. Bu çalışma, bulanık mantığın temel prensiplerini ortaya koyarak, sonraki araştırmalara zemin hazırlamıştır. Bulanık küme yaklaşımı, sermaye bütçeleme problemlerine uygulanmıştır.

Arora ve Devi [109], bütçe tahsisi kararlarında hem nicel hem de nitel faktörleri değerlendirmek için Bulanık Küme Teorisi ve Analitik Hiyerarşi Prosesi'ni (AHP) birleştiren bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu çalışma, fonların en uygun şekilde dağıtılmasına yönelik MCDM problemlerine çözüm sağlamaktadır. Teng vd. [110], ulaşım projelerinin bütçe tahsisini değerlendirmek için bulanık MCDM yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmalarında, Bellman ve Zadeh'in [111] bulanık MCDM çerçevesini temel alarak, projelerin değerlendirilmesinde belirsizlikleri ve subjektif yargıları dikkate almıştır. Khalifa ve Alodhaibi [112], sıfır tabanlı bütçeleme (Zero Based Budgeting - ZBB) sürecini bulanık bir ortamda iyileştirmek için yeni bir yöntem önermiştir. Çalışmada, belirsiz bütçe verileri beşgen bulanık sayılar kullanılarak modellenmiş ve ZBB'nin daha esnek ve gerçekçi bir şekilde uygulanması sağlanmıştır. Sergi ve Sarı [113], sermaye bütçeleme süreçlerinde belirsizlikleri yönetmek amacıyla Fermatean bulanık kümeleri temel alan yeni bir yaklaşım önermektedir. Çalışmada, bulanık net bugünkü değer, bulanık net gelecek değer ve bulanık net yıllık değer gibi teknikler kullanılarak sermaye bütçeleme süreçlerindeki belirsizliklerin modellenmesi sağlanmıştır.

Bütçeleme modelleri LP modelleri olarak ele alınabildiğinden, FLP literatürü de incelenmiştir. [114], operasyonel bütçeleme süreçlerini modellemek için bulanık hedef programlama yaklaşımını tanıtmaktadır. Önerilen model, bulanık üçgensel ve aralık verilerini kullanarak bütçe tahsisini optimize etmeyi amaçlamaktadır. [115], proje portföyü zamanlamasında bütçe tahsisini optimize etmek için FLP modelleri geliştirmiştir. Bu modeller, her proje için minimum maliyet, her dönem için maksimum bütçe ve projelerin başlangıç tarihleri gibi kısıtlamaları göz önünde bulundurarak, müşteri ve yüklenicilerin bütçe memnuniyetini maksimize etmeyi hedeflemektedir. [116], FLP yaklaşımını kullanarak proje yönetimi karar problemlerini çözmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, önerilen etkileşimli FLP yöntemi, belirsizlik ve bulanıklığın mevcut olduğu proje yönetimi ortamlarında karar verme süreçlerini daha etkin hale getirmeyi hedeflemektedir. [117], gerçek dünya belirsizliklerini dikkate alarak uygun projelerin seçimi ve bütçe tahsisi için bir FLP modeli önermektedir. Model, verilerdeki belirsizlikleri bulanık kavramlar aracılığıyla temsil etmekte ve vergi ile amortisman gibi finansal faktörleri de dikkate almaktadır. Ayrıca, her proje için farklı getiri oranlarını değerlendirme imkânı sunmakta ve modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla sayısal bir örnek üzerinde test edilmiştir. [118], üniversitelerde bütçe tahsisini optimize etmek amacıyla bulanık hedef programlama yaklaşımını uygulamaktadır. Önerilen model, bütçenin yalnızca önceliklendirilmiş planlara değil, aynı zamanda üniversitenin çeşitli birimlerine de etkin bir şekilde dağıtılmasını

sağlamayı hedeflemektedir. Bu sayede, kaynakların daha verimli kullanılması ve üniversite genelinde dengeli bir bütçe dağılımı sağlanması amaçlanmaktadır.

Bütçe tahsisi problemi aşağıdaki iki belirsizlik durumunu göz önüne alacak şekilde revize edilmiş ve FLP modeli oluşturulmuştur.

1. Program çağrısı bütçe (B) değeri, her program çağrısı için yaklaşık olarak belirlenmekte ve net bir değere sahip olmamaktadır

2. Proje başvurularında firmanın istediği bütçenin (D_i) tamamı karşılanmamakta, bu bütçeden kesintiler olmaktadır. Ödeme miktarları isterlerin altında olup kesintinin miktarı belirsizdir.

Model-3 (M3):

Nihai Hedef Programlama FLP M3 modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

(4.21), (4.22), (4.23), (4.24), (4.25)

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq \tilde{B} \quad (4.50)$$

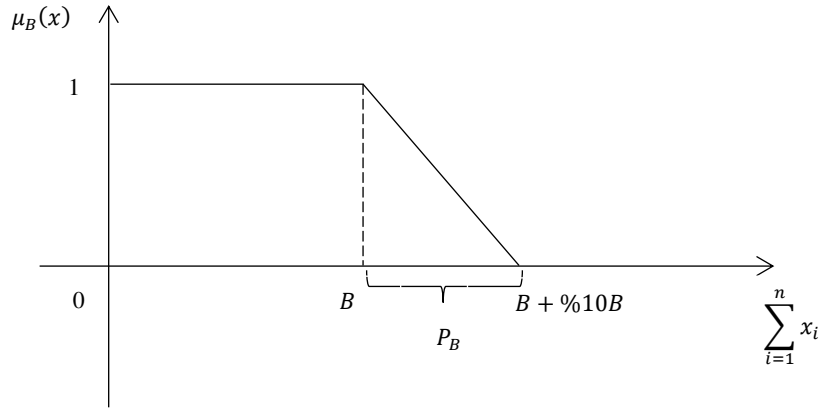
$$x_i \leq \tilde{D}_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.51)$$

(4.27)

Eşitlik 4.50 ile verilen bulanık kısıtta sağ taraf sabiti olan bütçe değeri (B) azalan üyelik fonksiyonuna sahiptir ve $\mu_B(x)$ ile tanımlanmıştır ve Eşitlik 4.52 ile verilmiştir. B değeri her program çağrısı için yaklaşık olarak belirlenmekte ve net bir değere sahip olmamaktadır.

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1, & \sum X_i < B \\ 1 - \left[\frac{\sum X_i - B}{P_B} \right], & B \leq \sum X_i < B + \%10B \\ 0, & \sum X_i > B + \%10B \end{cases} \quad (4.52)$$

Burada bütçeden sapmanın %10'dan fazla olmaması beklendiğinden $P_B = (B + \%10 B) - B$ olarak elde edilmiş olup $\mu_B(x)$ üyelik fonksiyonuna ait grafik Şekil 4.5 ile verilmiştir.

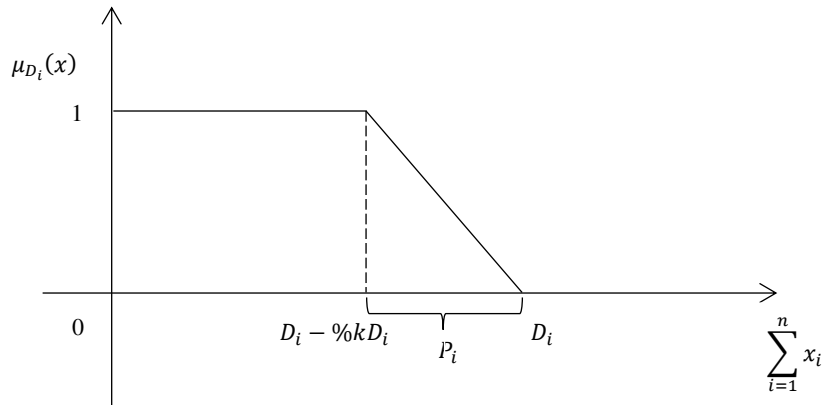


Şekil 4.5. $\mu_B(x)$ üyelik fonksiyonuna ait grafik

Eşitlik 4.51 ile verilen bulanık kısıtta sağ taraf sabiti D_i $i = 1, 2, \dots, n$ bulanık değerine ait üyelik fonksiyonu $\mu_{D_i}(x)$ ile tanımlanmıştır ve Eşitlik 4.53 ile verilmiştir. Proje başvurularında firmanın istediği bütçenin tamamı karşılanmamakta, bu bütçeden kesintiler olmaktadır. Ödeme miktarları isterlerin altında olup kesintinin miktarı belirsizdir. Bu durumda D_i tutarları bulanık olarak ele alınmıştır.

$$\mu_{D_i}(x) = \begin{cases} 1, & X_i < D_i - \%kD_i \\ 1 - [X_i - (D_i - \%kD_i)]/P_i & D_i - \%kD_i < X_i < D_i \\ 0, & X_i > D_i \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.53)$$

$\mu_{D_i}(x)$, $i = 1, 2, \dots, n$ üyelik fonksiyonuna ait grafik Şekil 4.6 ile verilmiştir. Burada $P_i = (D_i - (D_i - \%kD_i))$ olarak hesaplanmıştır. k değeri kümelemekten elde edilen proje gruplarına göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 4.6. $\mu_{D_i}(x)$ üyelik fonksiyonuna ait grafik

M3, Eşitlik 4.52 ve 4.53 ile verilen üyelik fonksiyonları yardımıyla deterministik hale dönüştürülmüş ve tekrar düzenlenmiştir:

$$\text{Min} \sum w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^- \quad (4.54)$$

st

$$YPPH = \sum_{i \in c_1} R_i X_i + d_1^- - d_1^+ \quad c_1: \text{Yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.55)$$

$$OYPPH = \sum_{i \in c_2} R_i X_i + d_2^- - d_2^+ \quad c_2: \text{Orta - yüksek profilli projeler kümesi} \quad (4.56)$$

$$DOPPH = \sum_{i \in c_3} R_i X_i + d_3^- - d_3^+ \quad c_3: \text{Düşük - orta profilli projeler kümesi} \quad (4.57)$$

$$\mu_B(x) \geq \alpha \quad \alpha \in [0,1] \quad (4.58)$$

$$\mu_{D_i}(x) \geq \alpha \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.59)$$

$$x_i \geq 0, d_1^- \geq 0, d_1^+ \geq 0, d_2^- \geq 0, d_2^+ \geq 0, d_3^- \geq 0, d_3^+ \geq 0 \quad (4.60)$$

5. UYGULAMA

Bu bölümde, tez kapsamında geliştirilen Ar-Ge proje değerlendirme sistematığının uygulama adımları detaylı biçimde sunulmaktadır. İlk olarak, proje değerlendirme sürecinde dikkate alınacak kriterlerin sistematik bir yaklaşımla elenmesi ve entropi yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılması sağlanmıştır. Devamında, hakemler, yürütme kurulu üyeleri ve grup koordinatörleri tarafından yapılan çok aşamalı değerlendirme süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilen KDS tanıtılmıştır. Bu yapının ardından, projelerin benzerliklerine göre gruplandırılması amacıyla k-ortalamlar kümeleme algoritması uygulanmıştır. Elde edilen proje grupları doğrultusunda, bütçe tahsisine yönelik klasik bir matematiksel modelin uygulaması gerçekleştirilmiş ve ardından aynı problem için bulanık programlamaya dayalı alternatif bir model önerilmiştir. Son olarak, önerilen sistem ile mevcut uygulama arasındaki farkları ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır.

5.1. Kriter Eleme Sistematığı ve Kriterlerin Entropi Yöntemi ile Ağırlıklandırılması

Çalışmanın 4.1. bölümünde açıklandığı üzere, elde edilen 247 kriterin sıralandırılması ve 1-5 skalada puanlanarak derecelendirilmesi amacıyla TÜBİTAK bünyesinde görev yapan karar vericilerden uzman görüşü alınmıştır. Bu karar vericilerden biri 8 yılı aşkın süredir kurumda çalışan ve doktora derecesine sahip Bilimsel Programlar Başuzmanıdır. İkinci karar verici 12 yılı aşkın deneyime sahip ve doktora derecesini tamamlamış Bilimsel Programlar Kıdemli Başuzmanıdır. Üçüncü karar verici ise 8 yıldır kurumda çalışan ve doktora çalışmalarını sürdüren Bilimsel Programlar Başuzmanıdır. Karar vericilerin mezuniyet durumu, kurumdaki unvanları ve çalışma sürelerine ilişkin bilgiler Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1. Karar verici bilgileri

Karar Verici	Mezuniyet Durumu	Unvanı	Kurumda Çalışma Süresi
Karar Verici 1	Doktora	Bilimsel Programlar Başuzmanı	8 yıl
Karar Verici 2	Doktora	Bilimsel Programlar Kıdemli Başuzmanı	12 yıl
Karar Verici 3	Yüksek Lisans	Bilimsel Programlar Başuzmanı	8 yıl

Kurumda uzun süredir aynı unvanda görev yapan karar vericiler, 247 kriteri ayrıntılı şekilde incelemiş ve her birinin Ar-Ge projelerinin değerlendirme sürecinde kullanılma gerekliliğini puanlamıştır. Bu aşamada, karar vericiler kriterlerin önem düzeyini 1 (Önemli Değil), 2 (Az Önemli), 3 (Orta Düzeyde Önemli), 4 (Önemli) ve 5 (Çok Önemli) olmak üzere beşli Likert ölçeğine göre değerlendirmiştir. Ardından, alt kriterler her bir kategori içinde 1 en önemli kriter olacak şekilde sıralanarak kriterler arasındaki göreceli önem düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

İlk aşama eleme sürecinde, 247 kriterin her biri için karar vericiler tarafından verilen göreceli önem düzeyi puanlarının geometrik ortalamaları Eşitlik 4.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Ardından, kategori bazında bu geometrik ortalamaların medyan değerleri Eşitlik 4.2 ile belirlenmiş ve medyanın üzerinde değere sahip kriterler Eşitlik 4.3 temel alınarak eleme sürecine dahil edilmiştir. Örneğin, "Finansal Fayda" kategorisinde yer alan 14 kriterin geometrik ortalamaları hesaplanmış ve medyan değer olan 5.444'ün üzerinde geometrik ortalamaya sahip kriterler elenmiştir. Bu hesaplama yöntemi ve eleme sürecinin sistematığı Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. "Finansal fayda" ana kriteri için eleme sistematığı

Finansal Fayda Kriteri	KV1	KV2	KV3	Geo. Ort.
Fayda veya ödeme etkileşimi	5	3	12	5,646
Beklenen net fayda	12	4	6	6,604
Değiştirme yerine sistemin modernleştirilmesiyle sonuçlanan beklenen tasarruf	2	5	7	4,121
Kazanılmış değer	11	1	5	3,803
Karlılık	6	6	4	5,241
Kar	1	3	4	2,289
Net bugünkü değer	9	3	12	6,868
Ekonomik	10	8	8	8,618
Beklenen getiri	4	2	3	2,884
Ürünün büyüme potansiyeli	8	7	2	4,820
Karlılık potansiyeli, üretkenlik ve maliyette iyileştirmeler	3	3	1	2,080
Getiri bugünkü değeri	13	9	9	10,174
Gerçek opsiyon değeri	7	10	10	8,879
Hedef ürünlerin katma değeri	14	11	11	11,921
Medyan: 5,444				

Tüm kriterler için uygulanan bu işlem sonucunda, kriter sayısı $n = 247$ iken $n_{reduced1} = 131$ 'e düşürülmüştür. Ardından, içerik ve anlam açısından birbirine yakın olan kriterler birleştirilerek 26 kategori altında yer alan 131 kriter, 8 kategori altında yeniden

düzenlenmiştir. Örneğin "Finansal Fayda", "Finansal Olmayan Fayda" ve "Pazar Potansiyeli ve Çekicilik" kategorileri birleştirilerek "Fayda Boyutu" kategorisi altında birleştirilmiştir. Birleştirilerek elde edilen yeni kategoriler için ağırlık hesaplamalarının yapılabilmesi amacıyla karar vericiler tarafından yeniden puanlama ve sıralandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir ve Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Karar vericiler tarafından sıralandırılan ve puanlanan kategoriler

	Ana Kriterler	KV1		KV2		KV3	
1	Fayda Boyutu	2	5	1	5	2	5
2	Çevresel Gelir Boyutu	1	5	2	4	3	4
3	Kaynaklar Boyutu	4	3	3	4	4	4
4	Risk Boyutu	6	3	5	3	6	3
5	Kapsam Gereksinimleri	5	3	6	2	5	4
6	Sosyal ve Çevresel Etki	8	2	8	1	8	3
7	Strateji Boyutu	7	3	4	4	7	4
8	Teknik Boyut	3	4	7	2	1	5

İkinci aşamada öncelikle entropi yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu yöntem, kriterler arasındaki belirsizlikleri ve bilgi miktarını analiz ederek her bir kriterin önem derecesini nesnel bir şekilde ortaya koymaktadır. Entropi yöntemiyle elde edilen ağırlıklar karar verme sürecine entegre edilerek değerlendirme sistematığının objektifliği artırılmıştır. İlk kategori olan "Fayda Boyutu" için Eşitlik 4.6 kullanılarak entropi ölçüsü (E_j), Eşitlik 4.8 kullanılarak farklılaşma derecesi (d_j) ve Eşitlik 4.9 kullanılarak ağırlıklar (w_j) hesaplanmış ve Tablo 5.4'te gösterilmiştir.

Tablo 5.4. "Fayda Boyutu" için entropi yöntemi sonuçları

Kriter	E_j	d_j	w_j
Fayda Boyutu	0,8709	0,1291	0,0499
Değiştirme yerine sistemin modernleştirilmesiyle sonuçlanan beklenen tasarruf	0,3533	0,6467	0,0506
Kazanılmış değer	0,3443	0,6557	0,0513
Karlılık	0,3521	0,6479	0,0507
Kar	0,4174	0,5826	0,0456
Beklenen getiri	0,4031	0,5969	0,0467
Ürünün büyüme potansiyeli	0,3617	0,6383	0,0499
Karlılık potansiyeli, üretkenlik ve maliyette iyileştirmeler	0,4280	0,5720	0,0447
Fayda/maliyet	0,4150	0,5850	0,0458
Yaygınlaştırma yeteneği	0,4064	0,5936	0,0464

Tablo 5.4. (devam ediyor)

Çıktı	0,4024	0,5976	0,0468
Patent (Proje çıktısının patente konu olma potansiyeli)	0,3840	0,6160	0,0482
Araştırma	0,3992	0,6008	0,0470
Proje çalışmasından elde edilecek sonuçların ülkeye kazandırabileceği bilgi birikimi	0,4149	0,5851	0,0458
Beklenen pazar payı	0,4304	0,5696	0,0446
Pazar potansiyeli (Proje çıktısının potansiyel pazarı / kullanım alanı)	0,4670	0,5330	0,0417
Pazar araştırması	0,3011	0,6989	0,0547
Pazar trendi ve büyüme	0,3548	0,6452	0,0505
Birim fiyat	0,3028	0,6972	0,0545
Beklenen satış hacmi	0,3835	0,6165	0,0482
Satışlar	0,4677	0,5323	0,0416
Proje çıktısının ekonomik getiri potansiyeli, verimlilik artışına ve/veya maliyete etkisi	0,4286	0,5714	0,0447

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, kategori bazında dörtte birlik (quartile) kullanılarak bir eleme daha gerçekleştirilmiş ve belirlenen eşik değerlerin altında kalan 35 kriter daha elenerek kriter sayısı nihai olarak $n_{reduced1} = 131$ 'den $n_{reduced2} = 96$ 'ya indirgenmiştir. Ar-Ge projelerinin hakem değerlendirmesinde kullanılacak kriter seti Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Hakem değerlendirmesinde kullanılacak kriter seti

Kriter	Kriter Ağırlık
Fayda Boyutu (Finansal Fayda + Finansal Olmayan Fayda + Pazar Potansiyeli ve Çekicilik)	0,1357
Kar	0,0626
Beklenen getiri	0,0625
Ürünün büyüme potansiyeli	0,0623
Kârlılık potansiyeli, üretkenlik ve maliyette iyileştirmeler	0,0626
Fayda/maliyet	0,0625
Yaygınlaştırma yeteneği	0,0625
Çıktı	0,0625
Patent	0,0624
Araştırma	0,0625
Proje çalışmasından elde edilecek sonuçların ülkeye kazandırabileceği bilgi birikimi	0,0625
Beklenen pazar payı	0,0626
Pazar potansiyeli	0,0628
Pazar araştırması	0,0620
Beklenen satış hacmi	0,0624
Satışlar	0,0628

Tablo 5.5. (devam ediyor)

Proje çıktısının ekonomik getiri potansiyeli, verimlilik artışına ve/veya maliyete etkisi	0,0626
Çevresel Gelir Boyutu (Dış Ortam Geliri + İç Ortam Geliri)	0,1336
Mevcut pazarlarla ilişki	0,0556
Düzenleyici etki	0,0555
Çevresel elverişlilik	0,0556
Rekabetin yoğunluğu	0,0558
Düzenleyici kısıtlamalar	0,0554
Endüstri ilişkisi	0,0556
Projenin yeni Ar-Ge projeleri başlatma potansiyeli	0,0555
Yeni iş alanları ve istihdam oluşturma etkisi	0,0557
Ana sanayi-yan sanayi gibi sektörel işbirlikleri oluşturma potansiyeli	0,0556
Bölgeler arası gelişmişlik farklarını azaltma etkisi	0,0555
Öğrenme ve büyüme (büyüme platformu)	0,0554
Ürünü pazarlama yeteneği	0,0556
Proje şampiyonunun (proje rehberi) varlığı	0,0558
Teknoloji yeteneği	0,0555
Teknoloji uyumluluğu	0,0554
Fikri mülkiyet değerlemesi	0,0554
Benzer projede yetkinlik ve deneyim	0,0556
Şirketin Ar-Ge altyapısı ve kültürü	0,0556
Kaynaklar Boyutu (Maddi kaynaklar + İş Kaynakları)	0,1289
Hammaddenin mevcudiyeti	0,0909
Maddi kaynakların mevcudiyeti	0,0914
Kaynak gereksinimleri	0,0904
Ar-Ge kaynaklarının mevcudiyeti	0,0918
İnsan gücü	0,0910
İnsan uzmanlığının mevcudiyeti	0,0913
Bilgi/beceri mevcudiyeti	0,0905
Araştırma personeli mevcudiyeti	0,0905
İnsanların ve tesislerin mevcudiyeti	0,0908
Personel için mevcut işgücü	0,0908
Ar-Ge kaynaklarının mevcudiyeti	0,0905
Risk Boyutu (Ticari ve Piyasa Riski + Genel Risk + Kapsam Riski + Teknik Risk)	0,1219
Pazar	0,1659
Kuruluşun projeyi yürütebilmesi için finansal kaynak planlamasının yeterliliği	0,1642
Başarı olasılığı	0,1650
Risk	0,1648
Ekonomik ve teknik	0,1712
Teknik sorunların olasılığı	0,1690
Kapsam Gereksinimleri (Finansal Gelir + Organizasyonel Gereksinimler + Kalite Gereksinimleri + Zamanlama Gereksinimleri + Müşteri Gereksinimleri + Fizibilite Gereksinimleri)	0,1223
Bütçe	0,0436
Nakit akışı	0,0435

Tablo 5.5. (devam ediyor)

Maliyet	0,0435
Finansal kaynaklar	0,0434
Fon	0,0434
Projenin metodolojisi	0,0436
Ar-Ge'nin amacı	0,0436
İş paketlerinin içerik açısından, proje hedeflerine ulaşılması için yeterliliği ve uygunluğu	0,0435
Projenin izlenebilirliği (takibi) açısından, ara çıktıların (kilometre taşları) tanımlanması	0,0435
Müşteri teslim istatistikleri	0,0434
Müşteri odaklı geri bildirim	0,0434
Müşteri memnuniyeti	0,0435
Market zamanlaması	0,0435
Beklenen tamamlanma süresi	0,0435
Zamanlama	0,0435
Başlangıç zamanı	0,0434
Tanımın netliği	0,0435
Beklenen fayda	0,0435
Pazar ihtiyacı	0,0435
Gerekli finansman	0,0435
Gereklilik	0,0435
Bilimsel ilkelerin sağlamlığı	0,0435
Projenin ekonomik fizibilitesinin ve pazar araştırmasının ENDÜSTRİYEL TASARIM KRİTERLERİ DE DİKKATE ALINARAK yeterliliği	0,0434
Sosyal ve Çevresel Etki Boyutu (Çevresel Etki + İnsani Gelişme Etkisi + Sosyal Etki)	0,1075
Çevreye ve hayata fayda	0,1663
Personel eğitimi ve gelişimine ve genel iş tatminine katkı	0,2661
Yaşlı, engelli vb. sosyal gruplara ve sosyo-kültürel hayata faydası	0,1369
İş yaratma fırsatı	0,2172
Sosyal fayda	0,2135
Strateji Boyutu (Rekabetçilik ve Ortaklık + Kurumsal İmaj)	0,1233
Öğrenme ve büyüme (uygun pozisyon)	0,1132
Rekabet edebilirlik	0,1151
Ar-Ge proje verimliliği ve ticarileştirme potansiyeli	0,1168
Kurumsal imaj	0,1137
Ülke ekonomisine katkı	0,1135
Ulusal stratejik teknolojik bağımsızlığa katkı	0,1139
Stratejik ihtiyaç	0,1170
Strateji	0,1145
Teknik Boyut (Genişletilebilirlik + Teknik Katkı & Yenilikçilik + Teknik Sorunlar ve Kısıtlamalar)	0,1267
Mevcut projelerle bağlantının kapsamı	0,1113
Teknik bağımlılık	0,1107
Mevcut ürünlerle potansiyel teknik etkileşim	0,1105
Teknik katkı	0,1108

Tablo 5.5. (devam ediyor)

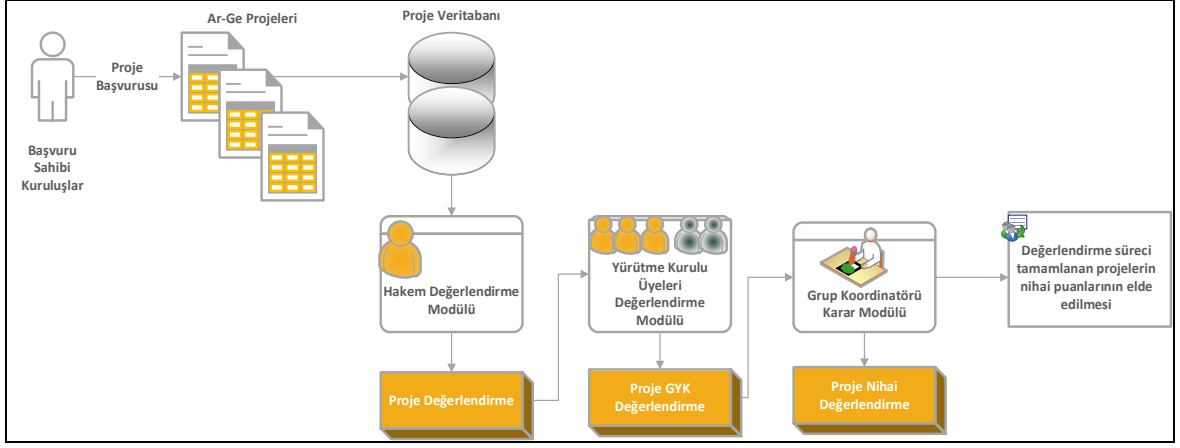
Yenilikçilik (Proje çıktısının yenilikçilik düzeyi)	0,1118
Proje çıktısının somut ve ölçülebilir hedefler verilerek tanımlanması	0,1110
Teknolojik zorluk (Projenin kuruluş için zorluk düzeyi)	0,1125
Teknolojinin anahtarı (Projenin içerdiği / ilgili olduğu teknolojinin stratejik değeri)	0,1104
Projenin Ar-Ge ve teknik/teknolojik içeriğine kuruluşun özgün katkı düzeyi	0,1110

5.2. Ar-Ge Projelerinin Hakem, Kurul ve Koordinatör Değerlendirme Süreci için Karar Destek Sistemi

Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi sürecine yönelik oluşturulan sistematik yapının etkin bir şekilde yürütülebilmesi için geliştirilen KDS, aşağıdaki üç ana modülden oluşmaktadır:

1. Hakem Değerlendirme Modülü
2. Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü
3. Grup Koordinatörü Karar Modülü

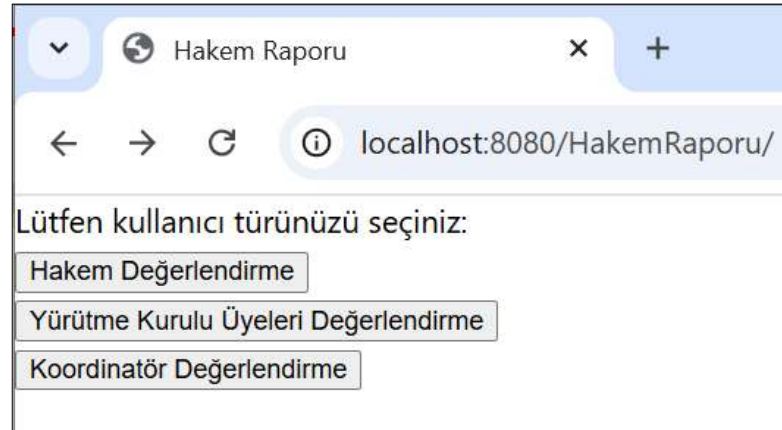
Proje başvurusunun alınmasıyla başlayan ve farklı aşamalardan geçerek nihai puanların belirlenmesiyle tamamlanan Ar-Ge değerlendirme süreci için geliştirilen KDS'nin yapısı Şekil 5.1.'de gösterilmektedir. Başvuru sahibi kuruluşlar tarafından sunulan projeler, proje veritabanında saklanarak değerlendirme sürecine dahil edilmektedir. İlk aşamada Hakem Değerlendirme Modülü devreye girmekte ve hakemler tarafından projeler belirlenen kriterler doğrultusunda puanlanmaktadır. Hakem değerlendirmelerinin tamamlanmasının ardından, Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü ile GYK üyeleri projeleri incelemekte, kendi değerlendirmelerini yapmakta ve projeleri puanlamaktadır. Sürecin son aşamasında, Grup Koordinatörü Karar Modülü aracılığıyla hakem ve GYK üyelerinin puanlarının birleşimi değerlendirilerek nihai puan hesaplanmaktadır. Bu yapı sayesinde projeler, çok aşamalı bir süreçle sistematik ve verimli bir şekilde değerlendirilebilmektedir.



Şekil 5.1. Ar-Ge projeleri değerlendirme için geliştirilen KDS yapısı

KDS, Ar-Ge projelerinin değerlendirilme sürecindeki farklı aktörlere yönelik özelleştirilmiş bir yapı sunmaktadır. Giriş ekranında, Hakemler, GYK üyeleri ve GK'lar için farklı değerlendirme modülleri bulunmaktadır. Kullanıcılar, kendilerine uygun olan seçeneği tercih ederek sisteme giriş yapmakta ve değerlendirme sürecine katkı sağlamaktadır:

- **Hakem Değerlendirme:** Hakemler, kendilerine atanan projeleri belirlenen kriterler çerçevesinde puanlayarak değerlendirme sürecinin ilk aşamasını yürütmektedir.
- **Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme:** GYK üyeleri, hakem değerlendirme raporlarını inceleyerek projeleri ikinci aşamada değerlendirmekte ve puanlarını belirlemektedir.
- **Koordinatör Değerlendirme:** GK'lar, değerlendirme sürecinin yönetimini sağlamak ve hakem ile GYK değerlendirmelerinin ağırlıklarını belirleyerek nihai proje puanlarını oluşturmaktadır.



Şekil 5.2. Proje değerlendirme süreci için KDS ana ekranı

Projelerin belirlenen kriterlere göre objektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, hakemler için "Hakem Değerlendirme Modülü" geliştirilmiştir. Bu modül, hakemlerin değerlendirme sürecini kolaylaştırmak, standartlaştırmak ve bir sistematığe oturtmak üzere tasarlanmıştır.

Hakem değerlendirme sonuçlarının ardından, projelerle ilgili nihai kararları almakla görevli olan GYK üyeleri için "Yürütme Kurulu Üyeleri Modülü" devreye girmektedir. Bu modül, GYK üyelerinin hakem raporlarını ve puanlarını incelemesine, projeler için kendi değerlendirme ve puanlamalarını yapmalarına ve projelerin önceliklendirilmesine olanak tanımaktadır.

Değerlendirme sürecinin koordinasyonunu sağlayan ve süreç boyunca karar alma mekanizmalarının işleyişini denetleyen GK için "Grup Koordinatörü Karar Modülü" geliştirilmiştir. Bu modül, TÜBİTAK'ın mevcut sisteminde yer almayan yeni bir süreç tasarımı sonucu ortaya çıkmış ve değerlendirme sürecine esneklik kazandırmayı hedeflemiştir. Sistemin temel yeniliği, hakem değerlendirme sonuçları ve GYK üyelerinin verdikleri puanların birleşiminden elde edilen proje puanının ağırlıklandırılmasında karar verici olarak GK'yı öne çıkarmasıdır. Bu süreçte, hakemlerden elde edilen ortalama proje puanı (H) ile GYK üyelerinden elde edilen puanların (YK) proje puanına katkı oranlarının belirlenmesi görevi GK'ya verilmiştir. GK, "Grup Koordinatörü Karar Modülü" aracılığıyla bu iki bileşenin birleştirilmesi sırasında kullanılacak ağırlık oranlarını seçebilmektedir. Önerilen ağırlıklandırma seçenekleri, hakem değerlendirme sonuçlarına verilen önemin farklı derecelerini yansıtmakta ve şu üç alternatiften birine dayanmaktadır:

- %80 (H) - %20 (YK): Hakem değerlendirme sonuçlarının daha büyük bir ağırlığa sahip olduğu durum.
- %70 (H) - %30 (YK): Hakem ve GYK puanlarının daha dengeli bir şekilde katkıda bulunduğu bir yaklaşım.
- %60 (H) - %40 (YK): GYK üyelerinin değerlendirmelerine daha fazla ağırlık verilmesi durumu.

Bu modül, GK'ya esneklik sağlayarak her projenin bağlamına ve değerlendirme kriterlerine uygun bir karar alma mekanizması oluşturmaktadır. Böylece, farklı projelerin kendine özgü koşulları göz önünde bulundurularak daha adil ve rasyonel bir karar alınmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, modül seçilen ağırlıklandırma oranlarının kayıt altına

alınmasını ve raporlanmasını desteklemektedir. Aşağıda bu modüller ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

5.2.1. Hakem Değerlendirme Modülü

Çalışma kapsamında belirlenen ve ağırlıkları atanan toplam 96 kriter, hakem değerlendirme sürecinin standardize edilmesi ve kolaylaştırılması amacıyla 5'li Likert ölçeğine göre yapılandırılmıştır. Bu ölçek, "Çok İyi", "Ortalama Üstü", "Ortalama", "Ortalama Altı" ve "Çok Kötü" seçeneklerini içermektedir. Kriterlerin bu şekilde soru formatına dönüştürülmesi, proje hakem değerlendirme sürecine sistematik bir yapı kazandırmayı ve değerlendirmelerin bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmasını sağlamayı hedeflemektedir. Likert ölçeğinin her bir kriterin ne kadar iyi karşılandığı hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlaması, değerlendiricilere karmaşık açıklamalar yerine basit ve anlaşılır bir çerçeve sunarak değerlendirme sürecini hızlandırıp kolaylaştırması, katılımcıların "Evet / Hayır" gibi sınırlayıcı seçeneklere bağlı kalmadan daha doğru ve esnek yanıtlar verebilmelerine olanak tanınması gibi avantajları, önerilen sistemin TÜBİTAK'ın mevcut sistemine göre güçlü yönleri arasında yer almaktadır.

Geliştirilen sistem, hakemlerin Likert ölçeği üzerinden kriterleri değerlendirmelerini sağlayan kullanıcı dostu bir puanlama arayüzü sunmaktadır (Bkz. Şekil 5.3). Bu arayüz, hakemlerin değerlendirme sürecini hızlı, verimli ve anlaşılır bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Her bir kriter, kullanıcı dostu bir dilde açıkça ifade edilerek, hakemlerin anlam karmaşası yaşamadan değerlendirme yapmaları sağlanmıştır. Hakemler, kendi ekranları üzerinden ilgili proje için değerlendirmelerini yaparken, hem kriterlerin açıklamalarını kolayca görüntüleyebilmekte hem de basit bir tıklama işlemiyle puanlama yapabilmektedir. Bu özellik, 96 adet kriterin değerlendirilmesi noktasında zamandan tasarruf sağlamak ve hakemlerin iş yükünü hafifletmektedir.

Şekil 5.3. Hakem değerlendirmeleri için KDS ekranı

Projeleri değerlendirmek üzere atanacak hakem sayısı, proje bütçesi, projenin teknik karmaşıklığı ve programın stratejik önemi göre belirlenmekte ve bu sayı 2 ile 6 arasında değişmektedir. Bütçe arttıkça değerlendirme sürecinin daha kapsamlı hale getirilmesi amacıyla hakem sayısı artırılmaktadır. Bu yöntem, yüksek bütçeli projelerin daha ayrıntılı bir değerlendirmeden geçirilmesini sağlamak ve finansman kararlarının doğruluğunu artırmaktadır.

Bir projeyi değerlendirmekle görevlendirilen hakemler, belirlenen kriterlere göre değerlendirmelerini sistem üzerinde gerçekleştirdikten sonra, tüm hakemlerin değerlendirmelerini tamamlamasının ardından ilgili proje numarasıyla bir Excel dosyası otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu dosya, hakemlerin tüm sorular için yaptıkları işaretlemelerinin puan karşılıklarını, ilgili kriterin puan hesaplamalarını ve kategori bazlı yorumlamalarını detaylı bir şekilde içermektedir. Böylece, projeye ait tüm değerlendirme sonuçları dijital olarak kayıt altına alınmakta ve analiz için kullanılabilir hale gelmektedir. Ayrıca aynı Excel dosyasında GYK üyelerinin ana kategoriler bazında işaretleme ve puanlama verileri de tutulmaktadır.

Oluşturulan Excel dosyası, hakem değerlendirme sürecinin izlenebilirliğini artırmaktadır. Dosyada yer alan veriler, kriter bazında ayrıntılı puanlama sonuçlarını,

hakemlerin değerlendirme notlarını ve nihai proje puanlarını içermektedir. Ayrıca, bu dosyalar, GYK üyelerinin değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmak ve projeler arasında karşılaştırmalar yapmalarına olanak tanımak amacıyla düzenlenmiştir. Örnek bir Excel dosyasının görseli, Şekil 5.4'te paylaşılmaktadır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
115		7.4	Kurumsal	0,12387	60	7,43239						
116		7.5	Ülke ekon	0,12369	80	9,89522						
117		7.6	Ulusal str	0,12409	80	9,92738						
118		7.7	Stratejik il	0,12746	80	10,1964						
119		7.8	Strateji;	0,1248	60	7,48816						
120	Alt Toplam	77,4938										
121	Soru Sonu	9,55829										
122	Yorum:	Yorum 6										
123												
124	8.	Teknik Boy	0,12672									
125		8.1	Mevcut pr	0,11126	80	8,90086						
126		8.2	Teknik bağ	0,11065	60	6,63928						
127		8.3	Mevcut ür	0,11046	80	8,83645						
128		8.4	Teknik kat	0,1108	40	4,43187						
129		8.5	Yenilikçilik	0,11184	100	11,1843						
130		8.6	Proje çıktı	0,111	80	8,88032						
131		8.7	Teknolojik	0,11253	100	11,253						
132		8.8	Teknolojin	0,11042	60	6,62545						
133		8.9	Projenin A	0,11103	40	4,44126						
134	Alt Toplam	71,1927										
135	Soru Sonu	9,02162										
136	Yorum:	Yorum 7										
137												
138	-----											
139	Sonuç:	74,9259										
140												

Şekil 5.4. Proje değerlendirmelerini içeren Excel veri tabanı dosyası görüntüsü

5.2.2. Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü

Projelerin değerlendirilmesinde, TÜBİTAK'ın mevcut sisteminde hakemlerin proje değerlendirme puanlarının ortalaması temel alınmaktadır. Hakem değerlendirme süreci tamamlanan projeler, belirli aralıklarla toplanan GYK gündemine alınarak değerlendirilmekte ve nihai kararlar burada şekillendirilmektedir. GYK, 2 sanayi temsilcisi ve 3 akademisyenden oluşmakta olup, kurulun toplanabilmesi için en az 3 üyenin katılımı şarttır.

Mevcut sistemde, GYK üyelerine, proje değerlendirme puanlarına -10 ile +10 arasında bir skalada puan verme yetkisi tanınmıştır. Bu puanlar, hakem değerlendirme sonuçlarına eklenerek nihai proje değerlendirme puanı belirlenmektedir. Ancak bazı durumlarda, hakemlerin projeye etkisini tam anlamıyla bilmeden yaptıkları değerlendirme kriteri işaretlemeleri, projeler için fazlasıyla olumlu veya fazlasıyla olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Örneğin, GYK'nın olumsuz görüş belirttiği bir projeye -10 puan verilerek ret kararı alınması ya da olumlu görüş belirtilen bir projeye +10 puan verilerek destek kararı önerilmesi mümkün olamayabilmektedir. Bu durum, proje değerlendirme sürecinde tutarsızlıklara ve karar alma mekanizmasında sınırlamalara yol açmaktadır.

Bu tür durumlarda, projeye yeni bir hakem atanması ve hakem değerlendirme ortalamasının değiştirilmesi yöntemi kullanılmaktadır. Ancak, bu süreç hem organizasyonel hem de finansal açıdan ciddi maliyetler yaratmaktadır. Yeni bir hakem atanması; uzmanlara, GK'ya ve GYK üyelerine fazladan iş yükü bindirirken, TÜBİTAK'a ek hakem ücreti maliyeti getirmekte ve süreci yaklaşık bir ay uzatmaktadır. Bu nedenle, hakem değerlendirme süreçlerinin etkinliği artırılmalı ve GYK'nın proje kararları üzerindeki etkisi güçlendirilmelidir.

Bu tespitler ve GYK üyelerinin proje kararlarındaki rolünün artırılması ihtiyacı üzerine, mevcut -10 ile +10 arasındaki puanlama sistemi yerine GYK üyelerine kategori bazlı bir değerlendirme yaklaşımı sunulmuştur. Önerilen sistemde, GYK üyeleri, projeleri kategori bazında ve 5'li Likert ölçeği kullanarak değerlendirebilmektedir. Bu ölçek, projelerin farklı boyutlardaki performansını (örneğin; yenilikçilik, teknik katkı, pazar potansiyeli gibi) sistematik ve objektif bir şekilde değerlendirmek için daha uygun bir yapı sunmaktadır.

GYK üyeleri, "Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü" aracılığıyla sorulara erişim sağlayabilmekte ve projeleri kolay anlaşılır bir formatta değerlendirebilmektedir. Sistem, GYK üyesinin yalnızca tek bir butonla erişebileceği şekilde tasarlanmış olup, kullanıcı adı ve proje numarası bilgilerini girdikten sonra projelerin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu sistem, kategori bazında değerlendirme yapmayı mümkün kılan bir puanlama yapısıyla donatılmıştır. Üyeler, Tablo 5.6'da gösterilen 8 ana kategoriye göre projeleri 5'li Likert ölçeği ile puanlayarak değerlendirmelerini tamamlayabilmektedir.

Tablo 5.6. GYK üye değerlendirmesinde kullanılacak kategori seti

Kategori	Kategori Ağırlık
Fayda Boyutu (Finansal Fayda + Finansal Olmayan Fayda + Pazar Potansiyeli ve Çekicilik)	0,1357
Çevresel Gelir Boyutu (Dış Ortam Geliri + İç Ortam Geliri)	0,1336
Kaynaklar Boyutu (Maddi kaynaklar + İş Kaynakları)	0,1289
Risk Boyutu (Ticari ve Piyasa Riski + Genel Risk + Kapsam Riski + Teknik Risk)	0,1219
Kapsam Gereksinimleri (Finansal Gelir + Organizasyonel Gereksinimler + Kalite Gereksinimleri + Zamanlama Gereksinimleri + Müşteri Gereksinimleri + Fizibilite Gereksinimleri)	0,1223
Sosyal ve Çevresel Etki Boyutu (Çevresel Etki + İnsani Gelişme Etkisi + Sosyal Etki)	0,1075
Strateji Boyutu (Rekabetçilik ve Ortaklık + Kurumsal İmaj)	0,1233
Teknik Boyut (Genişletilebilirlik + Teknik Katkı & Yenilikçilik + Teknik Sorunlar ve Kısıtlamalar)	0,1267

"Yürütme Kurulu Üyeleri Değerlendirme Modülü", gündemde birden fazla projenin değerlendirilmesi gereken durumlarda, üyelerin iş yükünü hafifletmek ve değerlendirme sürecini hızlandırmak için tasarlanmıştır. GYK toplantılarında gündeme alınan çok sayıda proje, üyelerin dikkatli ve verimli bir şekilde değerlendirme yapmasını gerektirmektedir. Ancak GYK üyelerinin projeleri incelemek için sınırlı süreye sahip olmaları, pratik bir çözüm ihtiyacını doğurmuştur. Bu modül, projelerin değerlendirildiği kriterlerin dahil olduğu 8 ana kategori bazında bir değerlendirme süreci sağlayarak, projelerin hızlı ve sistematik bir şekilde puanlanmasına olanak tanımaktadır. Sistemin pratikliği, GYK üyelerine, yoğun toplantı gündemlerinde bile değerlendirme işlemlerini hızlı bir şekilde tamamlama imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda, arayüzün kullanıcı dostu tasarımı, üyelerin projeleri kolayca incelemesine ve puanlama yapmasına yardımcı olmaktadır. GYK üyelerinin kullanımına sunulan ekran tasarımı, Şekil 5.5'te detaylı olarak gösterilmektedir.

YK Üyesi Adı Soyadı: Akademisyen Üye 1

Proje Numarası: 3250108

1 Fayda Boyutu (Finansal Fayda , Finansal Olmayan Fayda , Pazar Potansiyeli ve Çekicilik) Proje için aşağıdaki fayda boyutu başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☐ Çok İyi ☒ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

2 Çevresel Gelir Boyutu (Dış Ortam Geliri , İç Ortam Geliri) Proje için aşağıdaki çevresel gelir başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☐ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☒ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

3 Kaynaklar Boyutu (Maddi kaynaklar + İş Kaynakları) Proje için aşağıdaki firmanın kaynakları başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☐ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☒ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

4 Risk Boyutu (Ticari ve Piyasa Riski + Genel Risk + Kapsam Riski + Teknik Risk) Proje için aşağıdaki risk başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☐ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☒ Çok Kötü

5 Kapsam Gereksinimleri (Finansal Gelir , Organizasyonel Gereksinimler , Kalite Gereksinimleri , Zamanlama Gereksinimleri , Müşteri Gereksinimleri , Fizibilite Gereksinimleri) başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☒ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

6 Sosyal ve Çevresel Etki Boyutu (Çevresel Etki , İnsani Gelişme Etkisi , Sosyal Etki) Proje için aşağıdaki sosyal ve çevresel etki boyutu başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☒ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

7 Strateji Boyutu (Rekabetçilik ve Ortaklık + Kurumsal İmaj) Proje için aşağıdaki strateji boyutu başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☒ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☐ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

8 Teknik Boyut (Genişletilebilirlik , Teknik Katkı & Yenilikçilik , Teknik Sorunlar ve Kısıtlamalar) Proje için aşağıdaki strateji boyutu başlıklarını nasıl değerlendirirsiniz?

☐ Çok İyi ☐ Ortalama Üstü ☐ Ortalama ☒ Ortalama Altı ☐ Çok Kötü

Şekil 5.5. GYK üyeleri için KDS ekranı

5.2.3. Grup Koordinatörü Karar Modülü

Hakemlerden elde edilen ortalama proje puanı (H) ile GYK üyelerinden elde edilen puanın (YK) birleştirilmesi noktasında, nihai kararın GK tarafından verilmesi esas alınmıştır. Bu amaçla, GK'nın karar sürecini desteklemek üzere özel bir değerlendirme ekranı tasarlanmıştır. Sistem kapsamında, "Grup Koordinatörü Karar Modülü" adı verilen arayüz aracılığıyla GK, ilgili proje numarasını girerek hakem ve GYK üyelerinin verdikleri puanların proje puanına katkı oranlarını belirleyebilmektedir. Kullanıcının tercihlerine göre ağırlıklandırma yapabilmesi için üç farklı seçenek sunulmaktadır:

- %80 (H) - %20 (YK): Hakem değerlendirmelerinin daha yüksek ağırlık taşıdığı durum.
- %70 (H) - %30 (YK): Hakem ve GYK üyelerinin dengeli bir katkı sağladığı durum.
- %60 (H) - %40 (YK): GYK üyelerinin daha fazla ağırlık taşıdığı durum.

Bu sistem, karar verici olan GK'ya esneklik kazandırarak değerlendirme sürecinde farklı perspektifleri dikkate alma imkanı sunmaktadır. Ayrıca, proje puanının hesaplanmasında farklı ağırlıklandırma seçenekleri sayesinde değerlendirme sürecinin daha

dinamik ve özelleştirilebilir olmasına olanak tanımaktadır. Bu oranların belirlenmesinde aşağıdaki faktörlerin dikkate alınabileceği değerlendirilmiştir:

1. Proje Türü ve İçeriği:

Temel araştırma projeleri: Hakem değerlendirmeleri daha fazla ağırlık taşımalıdır, çünkü bağımsız ve alanında uzman hakemlerin teknik değerlendirmesi belirleyicidir.

Uygulamalı projeler: GYK üyeleri sektörel deneyime sahip olduğundan uygulama odaklı projelerde daha fazla ağırlık taşıyabilirler.

2. Hakemlerin ve GYK Üyelerinin Uzmanlık Alanları:

Hakemler, alanında uzman bağımsız değerlendiricilerdir.

GYK üyeleri, proje yönetimi, uygulanabilirlik ve stratejik uyum açısından daha geniş bir perspektif sunabilir.

3. Geçmiş Verilere Dayalı Analizler:

Önceki projelerden elde edilen veriler incelenerek hangi ağırlıklandırmanın daha sağlıklı sonuçlar verdiği değerlendirilebilir.

Bu yaklaşımla, sistemin sadece sabit oranlarla değil, proje türüne göre dinamik bir ağırlıklandırma mekanizması ile çalışması önerilebilir.

Ayrıca kurul esnasında karar alınırken projeler üzerinde üç farklı ağırlıklandırma oranı (%80H-%20YK, %70H-%30YK, %60H-%40YK) uygulanarak nihai proje puanlarındaki değişimler incelenebilecektir. Hakem ağırlığının yüksek olduğu durumlarda puanlar daha teknik değerlendirmeye dayalı olarak şekillenirken, GYK katkısının arttığı senaryolarda uygulanabilirlik ve stratejik yönler daha fazla önem kazanmaktadır. Proje türüne göre dinamik bir ağırlıklandırma seçeneği sunulması, projenin niteliğine göre değerlendirme yapabilme imkanı sunacaktır.

Koordinatörler yukarıda bahsedilen ağırlıklandırmayı belirlemeyebilmek ve uygulayabilmek için, tek bir buton aracılığıyla ilgili ekrana kolayca erişebilmekte ve seçilen ağırlık oranını sisteme işleyerek nihai proje değerlendirme puanını hesaplayabilmektedir. Bu puan, sistem tarafından otomatik olarak işlenmekte ve Şekil 5.6'da gösterilen ekran tasarımı üzerinden görüntülenmektedir.

Şekil 5.6. GK için KDS ekranı

Seçilen ağırlık oranına göre hesaplanan nihai proje değerlendirme puanı için üretilen sistem çıktısı ise Şekil 5.7’de sunulmaktadır. Bu sistem çıktısı, projeyi değerlendiren kaç hakem olduğu bilgisini, bu hakemlerin puanlarını ve ortalamalarını, proje için GYK’da puanlama yapan üye bilgilerini, bu üyelerin puanlarını ve ortalamalarını içermektedir. Bunun yanı sıra seçilen ağırlık oranı ve bu orana göre hakem puanı ağırlığını, GYK puanı ağırlığını proje nihai puanı kolay anlaşılır bir formatta göstermektedir.

```
Proje No:3250108
Oran:%80(H)-%20(YK)

H - Hakem 1: 57.07990086229191
H - Hakem 2: 62.076792738826974
H - Hakem 3: 74.92593523235202
YK - Akademisyen Üye 1: 72.13165802748759
YK - Akademisyen Üye 2: 64.7823344532149
YK - Akademisyen Üye 3: 59.81979860563786
YK - Sanayici Üye 1: 62.033957429571174
YK - Sanayici Üye 2: 79.49542822635509

Hakem Ortalaması: 64.69420961115696
YK Ortalaması: 67.65263534845333

Hakem Ağırlığı: 51.755367688925574
YK Ağırlığı: 13.530527069690665

Proje Puanı: 65.28589475861624
```

Şekil 5.7. Proje değerlendirme puanı hesaplama ekranı

Önerilen bu puanlama sistemiyle, GYK üyelerine tanımlanan kısıtlı puanlama hakkı genişletilmiş ve projeye 0-100 arasında bir puan verme yetkisi tanınmıştır. TÜBİTAK'ın mevcut sisteminde GYK üyelerinin değerlendirmeleri belirli bir aralıkta sınırlandırıldığından hakem puanlamalarına daha bağımlı bir yapı söz konusudur. Ancak, bu genişletilmiş puanlama aralığı sayesinde GYK üyeleri, projelerin güçlü ve zayıf yönlerini daha hassas bir şekilde derecelendirebilecektir. Projelere sadece "geçer/kaldı" ya da belirli bir puan aralığında dar bir değerlendirme yerine daha geniş bir skala üzerinden puan verilebilmesi, projelerin farklı yönlerinin daha ayrıntılı değerlendirilmesine imkan tanımaktadır. Belirli bir puan skalasında sıkışmış değerlendirmeler yerine, proje türüne, içeriğine ve stratejik önemine göre daha doğru bir puan dağılımı yapılabilmektedir. Hakemlerin teknik odaklı değerlendirmeleri ile GYK üyelerinin stratejik, uygulanabilirlik ve politika bazlı değerlendirmelerinin dengelenmesi sağlanabilecektir. Mevcut sistemde hakem değerlendirme sürecinde çelişkili veya aşırı uç değerlendirmeler olduğunda, çözüm olarak yeni hakem atanması gerekebilmektedir. Ancak, GYK üyelerinin daha geniş bir puan aralığı kullanabilmesi sayesinde, bu tür uç durumların etkisi azaltılabilecek ve yeni hakem atanma gereksinimi yalnızca gerçekten gerekli olduğunda ortaya çıkacaktır.

Yeni hakem atama süreci, hem iş yükü hem de hakem ücreti maliyeti açısından önemli bir operasyonel külfet oluşturmaktadır. Özellikle, çağrılı sistemlerde yüksek başvuru sayısına sahip programlarda, hakem değerlendirme süreçlerinin zamanında tamamlanması ve sonuçların duyurulabilmesi için etkili bir süreç yönetimi gerekmektedir. Önerilen sistem, hakem değerlendirmeleri ile GYK üyelerinin puanlamalarının daha esnek bir biçimde birleştirilmesini sağlayarak, yeni hakem atama gereksinimini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, iki temel avantaj sunmaktadır:

1) İş Yükünün Azaltılması:

Hakem değerlendirmelerinde aşırı uç değerler ya da puan farklılıkları nedeniyle ortaya çıkan hakem atama ihtiyacını minimize ederek değerlendirme sürecini hızlandırmaktadır. GYK üyelerinin genişletilmiş puanlama yetkisi, hakem değerlendirmelerindeki çelişkili durumları dengeleyerek ek hakem atama zorunluluğunu azaltmaktadır.

2) Maliyetlerin Optimizasyonu:

Yeni hakem atama süreci ekstra değerlendirme süresi ve hakem ücretleri nedeniyle maliyetli bir süreçtir. Önerilen sistem sayesinde, hakem atamaları yalnızca gerçekten gerekli

olduğu durumlarda yapılacak, böylece değerlendirme maliyetleri azaltılarak kaynak kullanımı daha verimli hale getirilecektir.

5.3. K-ortalamalar Kümeleme Algoritması ile Projelerin Gruplandırılması

Bu çalışmada, projelerin değerlendirilmesi için k-ortalamalar kümeleme algoritması kullanılmıştır. Analiz sürecinde "Orange" yazılımı tercih edilmiş, küme sayısı $k = 4$ olarak belirlenmiş ve k-ortalamalar++ başlatma yöntemi seçilmiştir. Algoritma 10 farklı başlangıç noktasıyla tekrarlanarak, 300 iterasyon sonrasında durdurulacak şekilde parametre ayarları yapılmıştır. 2022 ve 2023 yıllarında Bilişim Teknolojileri alanında başvuruda bulunan sırasıyla 480 ve 598 proje, dört farklı profil grubuna ayrılmıştır:

1. Düşük Profilli Projeler
2. Düşük-Orta Profilli Projeler
3. Orta-Yüksek Profilli Projeler
4. Yüksek Profilli Projeler

Kümeleme analizi sonuçları, düşük profilli projelerin doğrudan reddedilebileceğini, yüksek profilli projelerin ise doğrudan desteklenebileceğini ortaya koymuştur. Bu analiz, yürütme kurullarının iş yükünü %31 ila %39 oranında azaltarak süreç verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir.

Projelerin belirlenen bütçe sınırları dahilinde desteklenmesi bağlamında, kamu kaynaklarının daha etkin kullanılabilmesi için düşük-orta profilli projeler yerine orta-yüksek profilli projelere öncelik verilmesinin daha fazla katma değer yaratacağı öngörülmüştür. Bu çerçevede, düşük-orta profilli projelerin doğrudan ret kararıyla sonuçlandırılmasının uygun bir strateji olabileceği değerlendirilmiştir. Önerilen kümeleme modeli kullanılarak yalnızca orta-yüksek profilli projeler üzerinde detaylı inceleme yapılması durumunda, Yürütme kurullarının iş yükünün toplamda %76 ila %80 oranında azaltılabileceği, çağrı sonuçlarının açıklanma sürecinin hızlandırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

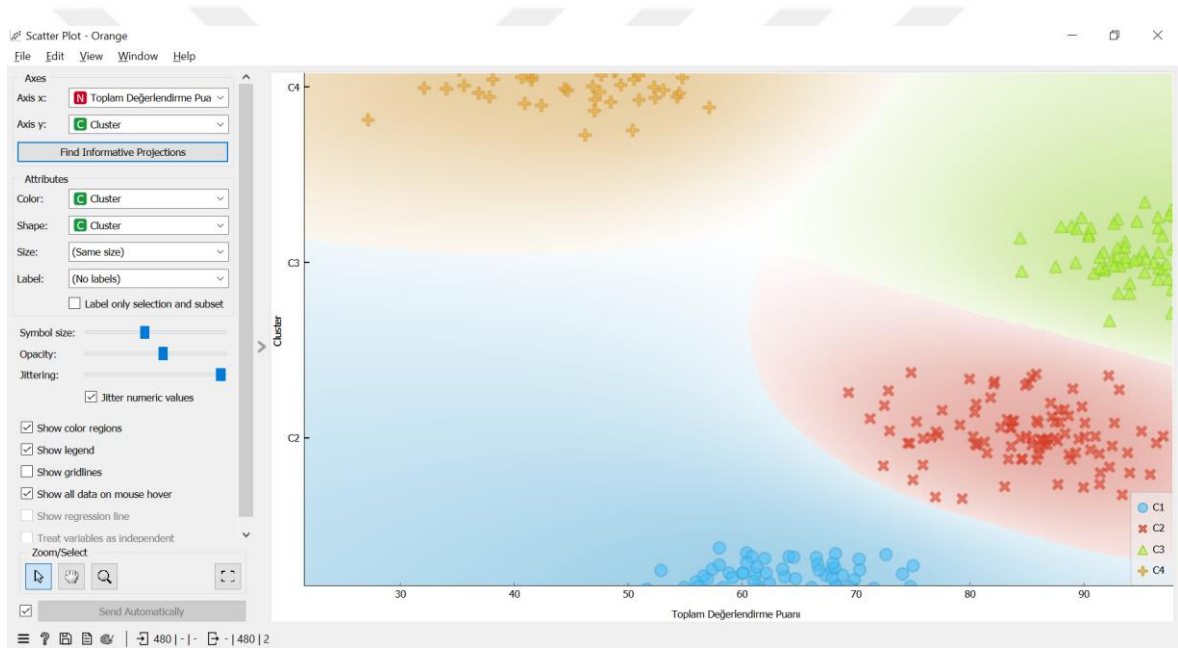
Geliştirilen sistematik yaklaşım ve kümeleme analizine dayalı bulgular, araştırma kurumunun çağrı sonuçları ile karşılaştırılmıştır. 2022 yılı projelerinde:

- Düşük profilli (C4) grubundaki 52 proje reddedilmiştir.
- Düşük-Orta Profilli (C1) grubunda, eşik değer olarak belirlenen 70 puanın

üzerinde yer alan 4 proje desteklenmiş, geri kalan 231 proje reddedilmiştir.

- Orta-Yüksek Profilli (C2) ve Yüksek Profilli (C3) gruplarında bulunan projelerden sırasıyla 98 ve 95 proje tamamen desteklenmeye uygun görülmüştür.

Kümeleme analizi sonuçları, yüksek ve orta-yüksek profilli projelerin desteklenmesini öneren sistematüğimizin, kurumun değerlendirme sonuçları ile büyük ölçüde uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kurum, önerilen metodolojimizden farklı olarak orta-düşük profilli projelerden ek olarak 4 projeyi destekleme kararı almıştır. Bu durum, önerilen metodolojinin projelerin potansiyelini etkin bir şekilde değerlendirme yeteneğine sahip olduğunu ve karar verme süreçlerini daha sistematik hale getirebileceğini göstermektedir.

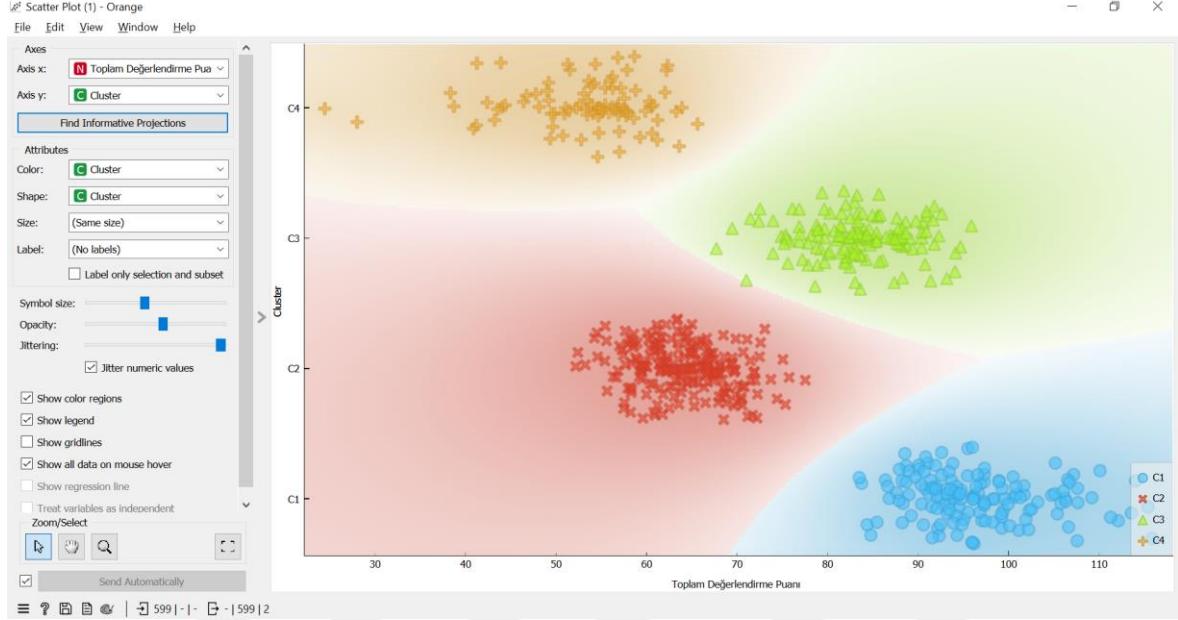


Şekil 5.8. Sanayi Ar-Ge destek programı 2022 çağrısı projelerinin kümele sonucu

2023 yılı projeleri için aynı analiz yapıldığında:

- Düşük profilli (C4) grubundaki 91 proje ve düşük-orta profilli (C2) grubundaki 222 proje doğrudan reddedilmiştir.
- Yüksek profilli (C1) grubunda yer alan 144 proje ise desteklenmeye uygun bulunmuştur.
- Ayrıca, eşik değer olarak belirlenen 74 puanın üzerinde puan alan ancak kritik tespitle ret kriterlerini karşılayan 5 proje hariç olmak üzere, orta-yüksek profilli (C3) grubundaki 137 proje desteklenmiştir.

2023 yılı değerlendirme sonuçları, önerilen sistematüğın yüksek doğruluk oranı ile çalıştığını göstermektedir. Kritik gerekçelerle reddedilen 5 proje haricinde, sistemin değerlendirme sürecine önemli bir katkı sağladığı ve projelerin etkin bir şekilde sınıflandırılmasına yardımcı olduğu görölmektedir.



Şekil 5.9. Sanayi Ar-Ge destek programı 2023 çağrısı projelerinin kümele sonucu

Çağrı dönemleri arasında yapılan karşılaştırmalar, projelerin değerlendirme süreçlerinde eşik değerlerin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu değişkenlik, proje başvuru sayıları, hakem ve GYK değerlendirmelerinin dağılımı ve desteklenebilir proje sayısına bağlı olarak farklılaşmaktadır. 2022 ve 2023 yıllarında gerçekleştirilen çağrı sonuçlarının analizi, değerlendirme sürecinin dinamik yapısını ve belirlenen eşik değerlerin dönemsel farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, farklı yıllarda belirlenen eşik değerler arasındaki değişimler ve bunların projelerin desteklenme oranlarına etkisi Tablo 5.7’de sunulmuştur.

Tablo 5.7. Çağrı sonuçları için kümeleme ve eşik değerler

Çağrı	Proje Sayısı	Kümeleme Sonuçları ve Eşik Değerler
2022	480	C1: 54,51 – 73,23 puan arası 235 proje
		C2: 75,13 - 90,71 puan arası 98 proje
		C3: 91,29 - 110,99 puan arası 95 proje
		C4: 19,45 – 53,75 puan arası 52 proje
2023	599	C1: 89,96 - 110,89 puan arası 144 proje
		C2: 58,64 - 73,33 puan arası 222 proje
		C3: 74,54 - 89,61 puan arası 142 proje
		C4: 25,48 - 58,52 puan arası 91 proje

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, k-ortalamalar algoritması kullanılarak oluşturulan kümeleme modelinin proje değerlendirme süreçlerini daha sistematik hale getirdiğini, karar alma süreçlerini hızlandırdığını ve kamu kaynaklarının daha etkin yönetilmesine katkı sağladığını göstermektedir. Bu model sayesinde projeler belirli gruplara ayrılarak önceliklendirilmiş, böylece yürütme kurullarının iş yükü önemli ölçüde azaltılmış, toplantı süreçlerinin verimliliği artırılmış ve çağrı sonuçlarının daha hızlı açıklanması sağlanmıştır. Bu sonuçlar, veri odaklı KDS'lerin kamu kurumlarında proje değerlendirme süreçlerine entegre edilmesinin, hem operasyonel verimlilik hem de stratejik kaynak yönetimi açısından önemli kazanımlar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

5.4. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Matematiksel Modelin Uygulaması

Bütçe tahsisi amacıyla geliştirilen M1 ve M2 modelleri, TÜBİTAK'ın Ar-Ge destek programları kapsamında 2022 ve 2023 yıllarındaki çağrılara başvuran projelerin destek bütçelerinin belirlenmesi için uygulanmıştır. Bilişim Teknolojileri Grubu'na ait 2022 yılı çağrısı için toplam 360 milyon TL, 2023 yılı çağrısı için ise 900 milyon TL bütçe tahsis edilmiştir. Bu bütçeler, önceki yıllardaki çağrılarda önerilen ve desteklenen bütçeler göz önünde bulundurularak, yaklaşık değerler üzerinden grup koordinatörleri tarafından belirlenmiştir. Hedef değerler ise küme bazında projelerin aldıkları toplam proje puanı ile proje önerisinde talep edilen bütçenin çarpımları toplanarak belirlenmiştir. M1 ve M2 modelleri CPLEX ile çözülmüş, sonuçları Tablo 5.8'de gösterilmiştir;

Tablo 5.8. M1 ve M2 sonuçları

2022 Çağrı Sonuçları				2023 Çağrı Sonuçları			
M1 Sonuçları		M2 Sonuçları		M1 Sonuçları		M2 Sonuçları	
Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe
124	360 M	141	360 M	157	900 M	182	900 M
X473	1,8	X473	1,6	X359	12,8	X359	10,9
X389	1,9	X389	1,7	X232	2,4	X232	2,4
X467	3,0	X467	3,0	X131	4,6	X131	4,5
X16	2,5	X16	2,5	X43	4,5	X43	4,5
X403	3,0	X403	3,0	X173	2,3	X173	2,3
X213	1,5	X213	1,4	X453	5,4	X453	5,1
X323	2,7	X323	2,5	X478	4,0	X478	3,4
X449	5,0	X449	4,3	X588	4,9	X588	4,2
X261	2,2	X261	2,0	X592	6,3	X592	5,5
X13	2,8	X13	2,6	X133	6,7	X133	6,6
X221	2,0	X221	2,0	X555	6,3	X555	5,3
X33	3,3	X33	3,2	X130	2,0	X130	1,9
X277	4,0	X277	3,7	X546	12,8	X546	9,9
X175	1,9	X175	1,8	X123	6,1	X123	5,0
X111	1,3	X111	1,2	X160	2,3	X160	2,3
X230	2,6	X230	2,2	X559	4,9	X559	4,5
X90	3,1	X90	2,6	X388	2,9	X388	2,7
X407	2,9	X407	2,8	X195	3,4	X195	3,1
X270	2,1	X270	2,0	X390	7,6	X390	7,4
X384	2,6	X384	2,4	X426	2,0	X426	2,0
X394	5,0	X394	4,3	X186	2,8	X186	2,7
X257	3,1	X257	3,1	X132	4,9	X132	4,4
X391	1,9	X391	1,7	X249	3,9	X249	3,8
X354	0,9	X354	0,9	X175	1,9	X175	1,7
X298	3,5	X298	3,2	X144	3,9	X144	3,5
X356	2,9	X356	2,7	X75	5,1	X75	4,7
X100	1,5	X100	1,5	X518	3,8	X518	3,4
X305	9,9	X305	9,0	X224	6,5	X224	5,7
X199	2,2	X199	2,1	X406	3,2	X406	3,2
X386	1,7	X386	1,7	X585	8,1	X585	7,3
X358	1,4	X358	0,9	X80	4,8	X80	4,7
X303	3,3	X303	3,0	X380	11,7	X380	10,9
X367	2,0	X367	1,8	X350	9,9	X350	7,7
X440	4,7	X440	4,5	X65	2,1	X65	1,9
X290	2,3	X290	2,0	X280	4,3	X280	4,0
X190	1,7	X190	1,4	X236	2,4	X236	2,3
X336	3,0	X336	2,3	X582	4,2	X582	4,1
X209	1,4	X209	1,3	X191	3,9	X191	3,8
X341	1,6	X341	1,5	X419	9,2	X419	7,5
X265	3,1	X265	3,1	X326	4,2	X326	4,0
X432	1,9	X432	1,8	X176	2,5	X176	2,2
X240	2,6	X240	2,1	X535	4,0	X535	4,0
X347	2,0	X347	1,4	X459	6,3	X459	6,3
X258	2,6	X258	2,6	X572	5,0	X572	4,5
X256	4,2	X256	3,8	X435	7,0	X435	6,6
X476	1,9	X476	1,6	X240	1,9	X240	1,8
X300	2,8	X300	2,4	X294	2,2	X294	2,0
X7	3,7	X7	3,2	X296	6,0	X296	5,3
X316	2,0	X316	1,9	X71	9,8	X71	7,6
X182	3,9	X182	3,4	X451	4,6	X451	4,5
X194	1,9	X194	1,7	X162	3,2	X162	3,0
X71	1,4	X71	1,2	X20	4,3	X20	3,8
X441	5,0	X441	4,3	X531	5,2	X531	4,0
X430	5,0	X430	4,1	X56	4,9	X56	4,9
X333	3,6	X333	3,2	X83	3,1	X83	2,7
X471	5,0	X471	4,2	X477	6,7	X477	6,2
X287	4,9	X287	4,9	X219	4,7	X219	3,6
X10	2,8	X10	2,4	X22	4,8	X22	4,3
X340	4,9	X340	3,1	X79	5,0	X79	4,4
X326	2,4	X326	2,3	X414	4,9	X414	4,2
X14	2,0	X14	1,8	X422	3,4	X422	3,3
X153	1,4	X153	1,4	X234	4,5	X234	4,1
X169	2,4	X169	2,0	X149	5,0	X149	4,4
X324	2,3	X324	1,9	X339	4,4	X339	3,9

Tablo 5.8. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları				2023 Çağrı Sonuçları			
M1 Sonuçları		M2 Sonuçları		M1 Sonuçları		M2 Sonuçları	
Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe
X222	2,9	X222	2,7	X502	6,8	X502	6,3
X437	3,3	X437	3,1	X313	8,8	X313	7,0
X46	2,3	X46	2,0	X288	1,5	X288	1,4
X136	1,9	X136	1,7	X325	3,0	X325	2,8
X129	1,7	X129	1,6	X498	18,3	X498	11,8
X431	4,4	X431	3,3	X483	8,0	X483	7,9
X387	3,0	X387	2,4	X51	4,7	X51	4,2
X426	1,7	X426	1,3	X589	14,2	X589	13,3
X121	1,0	X121	0,9	X253	3,5	X253	2,9
X465	4,8	X465	3,5	X398	3,5	X398	2,9
X469	1,9	X469	1,8	X54	4,3	X54	3,5
X274	2,1	X274	1,8	X501	5,2	X501	4,6
X232	8,3	X232	7,1	X446	2,7	X446	2,7
X37	2,8	X37	2,6	X242	2,6	X242	2,4
X459	4,1	X459	3,2	X267	12,9	X267	11,1
X124	1,5	X124	1,4	X157	5,0	X157	4,6
X73	0,8	X73	0,7	X335	8,0	X335	7,3
X181	2,9	X181	2,5	X593	1,9	X593	1,7
X251	2,0	X251	1,7	X140	4,1	X140	4,0
X116	1,4	X116	1,3	X463	8,5	X463	7,6
X289	4,6	X289	4,2	X17	3,6	X17	3,3
X318	2,7	X318	2,4	X271	9,5	X271	8,9
X231	2,4	X231	2,1	X584	4,8	X584	4,1
X415	4,7	X415	3,2	X125	6,7	X125	5,7
X61	1,0	X61	1,0	X29	6,0	X29	4,8
X463	7,6	X463	7,0	X235	2,4	X235	2,2
X38	2,9	X38	2,7	X243	2,6	X243	2,3
X286	1,0	X286	1,0	X580	8,3	X580	8,0
X359	3,2	X359	2,6	X86	4,9	X86	2,9
X218	2,7	X218	2,3	X317	19,5	X317	15,2
X107	3,1	X107	2,7	X500	6,8	X500	5,3
X76	1,3	X76	1,2	X87	5,0	X87	4,6
X365	3,1	X365	2,4	X55	4,5	X55	4,1
X375	4,4	X375	3,9	X509	9,2	X509	8,3
X364	3,1	X364	2,9	X331	7,7	X331	6,8
X450	5,7	X450	4,8	X85	2,2	X85	1,8
X243	9,1	X243	7,0	X203	1,3	X203	1,2
X137	1,3	X137	1,2	X223	8,0	X223	7,8
X460	2,2	X460	2,1	X413	12,2	X413	12,2
X382	6,2	X382	5,1	X98	4,4	X98	4,1
X373	1,4	X373	1,3	X102	5,7	X102	4,5
X174	1,1	X174	1,0	X212	4,3	X212	3,5
X163	3,7	X163	3,5	X64	5,8	X64	3,4
X281	2,0	X281	1,5	X337	2,8	X337	2,8
X439	3,9	X439	3,6	X457	3,9	X457	3,7
X84	1,9	X84	1,6	X342	5,8	X342	5,8
X355	3,0	X355	2,6	X549	5,6	X549	4,8
X21	1,5	X21	1,4	X547	4,0	X547	3,7
X239	3,3	X239	2,5	X193	5,8	X193	5,1
X57	1,8	X57	1,5	X275	2,8	X275	2,6
X262	4,0	X262	3,4	X360	11,6	X360	9,8
X110	1,2	X110	0,9	X18	9,9	X18	7,2
X461	3,8	X461	3,6	X3	9,0	X3	6,4
X329	1,7	X329	1,6	X57	3,6	X57	2,9
X166	2,8	X166	2,3	X118	4,9	X118	4,5
X456	6,9	X456	6,4	X361	5,0	X361	4,4
X313	2,2	X313	2,2	X161	7,7	X161	5,3
X108	4,0	X108	3,5	X121	4,8	X121	4,5
X130	0,9	X130	0,9	X73	2,0	X73	1,9
X314	0,6	X314	3,4	X91	4,6	X91	3,4
		X263	3,7	X39	9,6	X39	7,9
		X322	2,2	X138	4,6	X138	3,4
		X30	1,9	X567	6,7	X567	5,2
		X200	3,9	X264	6,4	X264	3,9
		X236	1,2	X372	7,7	X372	6,9

Tablo 5.8. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları				2023 Çağrı Sonuçları			
M1 Sonuçları		M2 Sonuçları		M1 Sonuçları		M2 Sonuçları	
Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe	Desteklenen Proje Sayısı	Desteklenen Bütçe
		X128	2,1	X250	8,8	X250	6,9
		X22	1,7	X476	6,2	X476	5,5
		X418	3,8	X154	8,3	X154	6,8
		X105	0,8	X164	2,5	X164	2,5
		X18	3,5	X315	6,1	X315	5,1
		X191	1,0	X230	5,1	X230	5,1
		X168	0,2	X122	3,4	X122	3,1
		X317	3,7	X298	5,7	X298	4,7
		X134	1,6	X52	3,8	X52	3,4
		X5	3,2	X385	8,3	X385	6,7
		X346	3,6	X456	4,2	X456	3,7
		X417	2,7	X135	21,4	X135	16,9
				X31	19,1	X31	10,7
				X21	3,1	X21	2,6
				X192	9,8	X192	9,4
				X171	7,5	X171	6,4
				X402	7,6	X402	6,2
				X260	1,4	X260	1,2
				X58	2,3	X58	2,0
				X394	7,6	X394	6,9
				X355	5,9	X355	5,5
				X563	8,7	X563	6,3
				X297	7,4	X297	6,3
				X469	3,7	X469	3,4
				X60	2,3	X60	2,2
				X497	7,6	X497	6,8
				X252	2,2	X252	1,9
				X523	0,0	X523	7,5
						X226	4,1
						X353	4,4
						X436	2,2
						X487	8,4
						X48	5,7
						X285	3,2
						X591	5,0
						X97	8,4
						X529	5,4
						X448	3,2
						X113	5,0
						X233	2,0
						X343	6,8
						X245	3,9
						X107	3,2
						X272	3,1
						X434	4,9
						X322	4,4
						X46	5,0
						X167	2,4
						X127	3,0
						X377	8,1
						X367	7,3
						X69	1,4
						X389	6,1
Tüm desteklenen bütçe tutarları milyon TL olarak verilmiştir.							

M1 modeli sonuçları incelendiğinde, 2022 yılında toplam 360 milyon TL bütçenin 124 projeye tahsis edildiği görülmektedir. Bu projelerin 95'i yüksek profilli, geri kalan 29'u ise orta-yüksek profilli projelerden oluşmaktadır. M1 modeli, proje sahiplerinin talep ettiği bütçelerin tamamını projelere tahsis etmiştir. Ancak, talep edilen bütçenin belirli bir

sistematiik çerçevesinde dağıtılmasını sağlamak amacıyla, hakem soru setinde yer alan bütçe planlamasına ilişkin sorulardan elde edilen puanların oransal değere dönüştürölerek modele entegre edildiği M2 modeli geliştirilmiştir. M2 modelinde, 360 milyon TL’lik bütçe 141 projeye tahsis edilmiş olup, bu durum M1 modeline kıyasla 17 projenin daha desteklenmesini sağlamıştır. 2023 sonuçları incelendiğinde M1 modeli 900 milyon TL’lik bütçeyi 157 projeye tahsis ederken, M2 modeli 25 projeye daha bütçe dağıtarak 182 projeye bütçe tahsis etmiştir. Bu iki deterministik model, bütçe tahsis sistemimizin matematiksel olarak kurgulanmasını sağlamış ve modelin temel yapısını oluşturmuştur. Ancak, program çağrısı bütçesi (B) ile proje başvurularında firmaların talep ettiği bütçelerin (D_i) içerdđi belirsizliği dikkate almak amacıyla, deterministik modellerin ardından bir bulanık model geliştirilmiştir.

5.5. Bütçe Tahsisi için Geliştirilen Bulanık Matematiksel Modelin Uygulaması

Geliştirilen bulanık model M3, TÜBİTAK’ın Ar-Ge destek programları kapsamında 2022 ve 2023 yıllarındaki çağrılara başvuran projelerin destek bütçelerinin belirlenmesi amacıyla uygulanmıştır. Modelde, yüksek profilli projeler için bütçe kesintisinin en fazla %35, orta-yüksek profilli projeler için en fazla %45, orta profilli projeler için ise en fazla %55 olması gerektiği kabul edilmiştir. Bu sebeple k değeri yüksek profilli projeler kümesi, orta-yüksek profilli projeler kümesi ve orta profilli projeler kümesi için sırasıyla %65, %55 ve %45 olarak alınmıştır. $0 < \alpha < 1$ olmak üzere, M3 modeli farklı α değeri ($\alpha=0,95$; $0,90$; $0,85$; $0,80$) için çözülmüştür. Tüm modeller CPLEX ile çözülmüş olup elde edilen sonuçlar Tablo 5.9 ile özetlenmiştir.

M3 modelinin 2022 sonuçları incelendiğinde $\alpha=0,95$ için 206 projenin 361,8 milyon TL bütçe ile desteklendiği, $\alpha=0,90$ için 200 projenin 363,6 milyon TL bütçe ile desteklendiği, $\alpha=0,85$ için 193 projenin 365,4 milyon TL bütçe ile desteklendiği ve $\alpha=0,80$ için 189 projenin 367,2 milyon TL bütçe ile desteklendiği tespit edilmiştir. TÜBİTAK 2022 çağrı sonuçlarına bakıldığında 197 projenin 312,2 milyon TL bütçe ile desteklendiği görölmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, desteklenen proje sayısı açısından değerlendirildiğinde, M3’ün $\alpha=0,90$ değeriyle elde edilen çözümünün gerçek sistemle en yakın sonuçları verdiği belirlenmiştir. Ancak, modelin bütçe tahsisi açısından değerlendirilmesi durumunda, önerilen bütçenin gerçekte tahsis edilen bütçeden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Benzer şekilde 2023 sonuçları incelendiğinde $\alpha=0,95$ için 253 projenin 904,5 milyon TL bütçe ile desteklendiği, $\alpha=0,90$ için 246 projenin 909 milyon TL bütçe ile desteklendiği, $\alpha=0,85$ için 240 projenin 913,5 milyon TL bütçe ile desteklendiği ve $\alpha=0,80$ için 233 projenin 918 milyon TL bütçe ile desteklendiği görülmektedir. TÜBİTAK 2023 çağrı sonuçları incelendiğinde 281 projenin 845,2 milyon TL bütçe ile desteklendiği anlaşılmaktadır. Desteklenen proje sayısı açısından bakıldığında M3'ün $\alpha=0,95$ ile elde edilen çözümün gerçek sistemle kıyaslandığında 23 projeyi eksik desteklediği görülmektedir. Bununla birlikte, bütçe açısından değerlendirildiğinde, modelin önerdiği tahsis edilen bütçenin yine gerçekte tahsis edilenden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu noktada, projelerin talep edilen bütçelerinden kesinti yapılarak daha fazla projenin mi destekleneceği, yoksa yüksek profilli projelerin daha makul bir bütçe kesintisi ile mi destekleneceği konusunda kararın yetkili otoriteler tarafından verilmesi gerekmektedir.

Tablo 5.9. M3 modeli sonuçları

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X473	1,2	X473	1,2	X473	1,2	X473	1,3	X359	8,8	X360	8,8	X359	9,0	X359	9,2
X389	1,3	X389	1,3	X389	1,3	X389	1,4	X232	1,6	X233	1,6	X232	1,7	X232	1,7
X467	2,0	X467	2,0	X467	2,1	X467	2,1	X131	3,2	X131	3,2	X131	3,3	X131	3,3
X16	1,7	X16	1,7	X16	1,8	X16	1,8	X43	3,1	X43	3,1	X43	3,2	X43	3,2
X403	2,0	X403	2,0	X403	2,1	X403	2,1	X173	1,5	X173	1,5	X173	1,6	X173	1,6
X213	1,0	X213	1,0	X213	1,0	X213	1,1	X453	3,7	X454	3,7	X453	3,8	X453	3,9
X323	1,8	X323	1,9	X323	1,9	X323	1,9	X478	2,7	X479	2,7	X478	2,8	X478	2,9
X449	3,3	X449	3,4	X449	3,5	X449	3,6	X588	3,3	X589	3,3	X588	3,4	X588	3,5
X261	1,5	X261	1,5	X261	1,6	X261	1,6	X592	4,3	X593	4,3	X592	4,4	X592	4,5
X13	1,9	X13	1,9	X13	2,0	X13	2,0	X133	4,6	X133	4,6	X133	4,7	X133	4,9
X221	1,3	X221	1,3	X221	1,4	X221	1,4	X555	4,3	X556	4,3	X555	4,5	X555	4,6
X33	2,2	X33	2,3	X33	2,3	X33	2,4	X130	1,4	X130	1,4	X130	1,4	X130	1,4
X277	2,7	X277	2,7	X277	2,8	X277	2,9	X546	8,8	X547	8,8	X546	9,0	X546	9,2
X175	1,3	X175	1,3	X175	1,3	X175	1,4	X123	4,2	X123	4,2	X123	4,3	X123	4,4
X111	0,8	X111	0,9	X111	0,9	X111	0,9	X160	1,6	X160	1,6	X160	1,6	X160	1,7
X230	1,7	X230	1,8	X230	1,8	X230	1,9	X559	3,3	X560	3,3	X559	3,4	X559	3,5
X90	2,1	X90	2,1	X90	2,2	X90	2,2	X388	2,0	X389	2,0	X388	2,0	X388	2,1
X407	2,0	X407	2,0	X407	2,1	X407	2,1	X195	2,3	X196	2,3	X195	2,4	X195	2,4
X270	1,4	X270	1,5	X270	1,5	X270	1,5	X390	5,2	X391	5,2	X390	5,3	X390	5,4
X384	1,8	X384	1,8	X384	1,9	X384	1,9	X426	1,4	X427	1,4	X426	1,4	X426	1,4
X394	3,3	X394	3,4	X394	3,5	X394	3,6	X186	1,9	X186	1,9	X186	2,0	X186	2,0
X257	2,1	X257	2,2	X257	2,2	X257	2,3	X132	3,4	X132	3,4	X132	3,5	X132	3,6
X391	1,2	X391	1,3	X391	1,3	X391	1,3	X249	2,7	X250	2,7	X249	2,7	X249	2,8
X354	0,6	X354	0,6	X354	0,6	X354	0,6	X175	1,3	X175	1,3	X175	1,3	X175	1,4
X298	2,3	X298	2,4	X298	2,5	X298	2,5	X144	2,7	X144	2,7	X144	2,7	X144	2,8
X356	1,9	X356	2,0	X356	2,0	X356	2,1	X75	3,5	X75	3,5	X75	3,6	X75	3,6
X100	1,0	X100	1,0	X100	1,0	X100	1,1	X518	2,6	X519	2,6	X518	2,6	X518	2,7
X305	6,6	X305	6,8	X305	6,9	X305	7,1	X224	4,5	X225	4,5	X224	4,6	X224	4,7
X199	1,5	X199	1,5	X199	1,6	X199	1,6	X406	2,2	X407	2,2	X406	2,3	X406	2,3
X386	1,2	X386	1,2	X386	1,2	X386	1,3	X585	5,5	X586	5,5	X585	5,7	X585	5,8
X358	0,9	X358	1,0	X358	1,0	X358	1,0	X80	3,3	X80	3,3	X80	3,4	X80	3,5

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X303	2,2	X303	2,3	X303	2,3	X303	2,4	X380	8,0	X381	8,0	X380	8,2	X380	8,4
X367	1,4	X367	1,4	X367	1,4	X367	1,5	X350	6,8	X351	6,8	X350	7,0	X350	7,1
X440	3,1	X440	3,2	X440	3,3	X440	3,4	X65	1,5	X65	1,5	X65	1,5	X65	1,5
X290	1,5	X290	1,5	X290	1,6	X290	1,6	X280	2,9	X281	2,9	X280	3,0	X280	3,1
X190	1,2	X190	1,2	X190	1,2	X190	1,3	X236	1,6	X237	1,6	X236	1,7	X236	1,7
X336	2,0	X336	2,0	X336	2,1	X336	2,2	X582	2,9	X583	2,9	X582	3,0	X582	3,1
X209	0,9	X209	1,0	X209	1,0	X209	1,0	X191	2,7	X191	2,7	X191	2,7	X191	2,8
X341	1,1	X341	1,1	X341	1,2	X341	1,2	X419	6,3	X420	6,3	X419	6,5	X419	6,6
X265	2,1	X265	2,2	X265	2,2	X265	2,3	X326	2,9	X327	2,9	X326	2,9	X326	3,0
X432	1,3	X432	1,3	X432	1,3	X432	1,4	X176	1,7	X176	1,7	X176	1,7	X176	1,8
X240	1,7	X240	1,8	X240	1,8	X240	1,9	X535	2,7	X536	2,7	X535	2,8	X535	2,9
X347	1,3	X347	1,4	X347	1,4	X347	1,4	X459	4,3	X460	4,3	X459	4,4	X459	4,5
X258	1,7	X258	1,8	X258	1,8	X258	1,9	X572	3,4	X573	3,4	X572	3,5	X572	3,6
X256	2,8	X256	2,9	X256	2,9	X256	3,0	X435	4,8	X436	4,8	X435	4,9	X435	5,0
X476	1,2	X476	1,3	X476	1,3	X476	1,3	X240	1,3	X241	1,3	X240	1,3	X240	1,3
X300	1,8	X300	1,9	X300	1,9	X300	2,0	X294	1,5	X295	1,5	X294	1,6	X294	1,6
X7	2,5	X7	2,6	X7	2,6	X7	2,7	X296	4,1	X297	4,1	X296	4,2	X296	4,3
X316	1,3	X316	1,3	X316	1,4	X316	1,4	X71	6,7	X71	6,7	X71	6,9	X71	7,1
X182	2,6	X182	2,7	X182	2,8	X182	2,8	X451	3,1	X452	3,1	X451	3,2	X451	3,3
X194	1,3	X194	1,3	X194	1,3	X194	1,4	X162	2,2	X162	2,2	X162	2,3	X162	2,3
X71	0,9	X71	1,0	X71	1,0	X71	1,0	X20	2,9	X20	2,9	X20	3,0	X20	3,1
X441	3,3	X441	3,4	X441	3,5	X441	3,6	X531	3,6	X532	3,6	X531	3,7	X531	3,7
X430	3,3	X430	3,4	X430	3,5	X430	3,6	X56	3,3	X56	3,3	X56	3,4	X56	3,5
X333	2,4	X333	2,4	X333	2,5	X333	2,6	X83	2,1	X83	2,1	X83	2,2	X83	2,2
X471	3,3	X471	3,4	X471	3,5	X471	3,6	X477	4,6	X478	4,6	X477	4,7	X477	4,8
X287	3,2	X287	3,3	X287	3,4	X287	3,5	X219	3,3	X220	3,3	X219	3,3	X219	3,4
X10	1,9	X10	1,9	X10	2,0	X10	2,0	X22	3,3	X22	3,3	X22	3,4	X22	3,5
X340	3,3	X340	3,4	X340	3,4	X340	3,5	X79	3,4	X79	3,4	X79	3,5	X79	3,6
X326	1,6	X326	1,7	X326	1,7	X326	1,8	X414	3,4	X415	3,4	X414	3,5	X414	3,6
X14	1,3	X14	1,4	X14	1,4	X14	1,4	X422	2,3	X423	2,3	X422	2,4	X422	2,5
X153	0,9	X153	0,9	X153	1,0	X153	1,0	X234	3,1	X235	3,1	X234	3,2	X234	3,3

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X169	1,6	X169	1,6	X169	1,7	X169	1,7	X149	3,4	X149	3,4	X149	3,5	X149	3,6
X324	1,5	X324	1,6	X324	1,6	X324	1,6	X339	3,0	X340	3,0	X339	3,1	X339	3,2
X222	1,9	X222	2,0	X222	2,0	X222	2,1	X502	4,7	X503	4,7	X502	4,8	X502	4,9
X437	2,2	X437	2,3	X437	2,3	X437	2,4	X313	6,0	X314	6,0	X313	6,2	X313	6,3
X46	1,5	X46	1,6	X46	1,6	X46	1,7	X288	1,0	X289	1,0	X288	1,1	X288	1,1
X136	1,2	X136	1,3	X136	1,3	X136	1,3	X325	2,1	X326	2,1	X325	2,1	X325	2,2
X129	1,1	X129	1,2	X129	1,2	X129	1,2	X498	12,6	X499	12,6	X498	12,9	X498	13,2
X431	2,9	X431	3,0	X431	3,1	X431	3,2	X483	5,5	X484	5,5	X483	5,6	X483	5,8
X387	2,0	X387	2,1	X387	2,1	X387	2,2	X51	3,2	X51	3,2	X51	3,3	X51	3,4
X426	1,1	X426	1,1	X426	1,2	X426	1,2	X589	9,7	X590	9,7	X589	10,0	X589	10,2
X121	0,7	X121	0,7	X121	0,7	X121	0,7	X253	2,4	X254	2,4	X253	2,4	X253	2,5
X465	3,2	X465	3,3	X465	3,4	X465	3,5	X398	2,4	X399	2,4	X398	2,4	X398	2,5
X469	1,3	X469	1,3	X469	1,4	X469	1,4	X54	2,9	X54	2,9	X54	3,0	X54	3,1
X274	1,4	X274	1,4	X274	1,4	X274	1,5	X501	3,6	X502	3,6	X501	3,6	X501	3,7
X232	5,6	X232	5,7	X232	5,9	X232	6,0	X446	1,8	X447	1,8	X446	1,9	X446	1,9
X37	1,9	X37	1,9	X37	2,0	X37	2,0	X242	1,8	X243	1,8	X242	1,9	X242	1,9
X459	2,8	X459	2,8	X459	2,9	X459	3,0	X267	8,8	X268	8,8	X267	9,0	X267	9,3
X124	1,0	X124	1,0	X124	1,0	X124	1,1	X157	3,4	X157	3,4	X157	3,5	X157	3,6
X73	0,5	X73	0,6	X73	0,6	X73	0,6	X335	5,5	X336	5,5	X335	5,6	X335	5,7
X181	2,0	X181	2,0	X181	2,1	X181	2,1	X593	1,3	X594	1,3	X593	1,3	X593	1,4
X251	1,3	X251	1,3	X251	1,4	X251	1,4	X140	2,8	X140	2,8	X140	2,9	X140	3,0
X116	0,9	X116	1,0	X116	1,0	X116	1,0	X463	5,8	X464	5,8	X463	6,0	X463	6,1
X289	3,1	X289	3,2	X289	3,3	X289	3,3	X17	2,5	X17	2,5	X17	2,5	X17	2,6
X318	1,8	X318	1,9	X318	1,9	X318	2,0	X271	6,5	X272	6,5	X271	6,6	X271	6,8
X231	1,6	X231	1,6	X231	1,7	X231	1,7	X584	3,3	X585	3,3	X584	3,4	X584	3,5
X415	3,1	X415	3,2	X415	3,3	X415	3,4	X125	4,6	X125	4,6	X125	4,7	X125	4,8
X61	0,7	X61	0,7	X61	0,7	X61	0,7	X29	4,1	X29	4,1	X29	4,2	X29	4,3
X463	5,1	X463	5,2	X463	5,4	X463	5,5	X235	1,6	X236	1,6	X235	1,7	X235	1,7
X38	1,9	X38	2,0	X38	2,0	X38	2,1	X243	1,8	X244	1,8	X243	1,9	X243	1,9
X286	0,7	X286	0,7	X286	0,7	X286	0,7	X580	5,7	X581	5,7	X580	5,8	X580	6,0
X359	2,1	X359	2,2	X359	2,3	X359	2,3	X86	3,4	X86	3,4	X86	3,5	X86	3,5

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X218	1,8	X218	1,8	X218	1,9	X218	1,9	X317	13,3	X318	13,3	X317	13,7	X317	14,0
X107	2,0	X107	2,1	X107	2,2	X107	2,2	X500	4,7	X501	4,7	X500	4,8	X500	4,9
X76	0,7	X76	0,8	X76	0,8	X76	0,8	X87	3,4	X87	3,4	X87	3,5	X87	3,6
X365	1,8	X365	1,8	X365	1,9	X365	2,0	X55	3,1	X55	3,1	X55	3,2	X55	3,3
X375	2,5	X375	2,6	X375	2,7	X375	2,8	X509	6,3	X510	6,3	X509	6,4	X509	6,6
X364	1,8	X364	1,9	X364	1,9	X364	2,0	X331	5,3	X332	5,3	X331	5,4	X331	5,5
X450	3,3	X450	3,4	X450	3,5	X450	3,7	X85	1,5	X85	1,5	X85	1,5	X85	1,6
X243	5,2	X243	5,4	X243	5,6	X243	5,8	X203	0,9	X204	0,9	X203	0,9	X203	1,0
X137	0,7	X137	0,7	X137	0,8	X137	0,8	X223	5,5	X224	5,5	X223	5,6	X223	5,7
X460	1,3	X460	1,3	X460	1,4	X460	1,4	X413	8,3	X414	8,3	X413	8,5	X413	8,8
X382	3,5	X382	3,7	X382	3,8	X382	3,9	X98	3,0	X98	3,0	X98	3,1	X98	3,2
X373	0,8	X373	0,9	X373	0,9	X373	0,9	X102	3,9	X102	3,9	X102	4,0	X102	4,1
X174	0,6	X174	0,7	X174	0,7	X174	0,7	X212	2,9	X213	2,9	X212	3,0	X212	3,1
X163	2,1	X163	2,2	X163	2,3	X163	2,4	X64	3,9	X64	3,9	X64	4,0	X64	4,1
X281	1,1	X281	1,2	X281	1,2	X281	1,3	X337	1,9	X338	1,9	X337	2,0	X337	2,0
X439	2,2	X439	2,3	X439	2,4	X439	2,5	X457	2,7	X458	2,7	X457	2,7	X457	2,8
X84	1,1	X84	1,1	X84	1,2	X84	1,2	X342	3,9	X343	3,9	X342	4,0	X342	4,1
X355	1,7	X355	1,8	X355	1,8	X355	1,9	X549	3,8	X550	3,8	X549	3,9	X549	4,0
X21	0,9	X21	0,9	X21	0,9	X21	1,0	X547	2,7	X548	2,7	X547	2,8	X547	2,9
X239	1,9	X239	2,0	X239	2,0	X239	2,1	X193	4,0	X193	4,0	X193	4,1	X193	4,2
X57	1,0	X57	1,1	X57	1,1	X57	1,1	X275	1,9	X276	1,9	X275	1,9	X275	2,0
X262	2,3	X262	2,4	X262	2,5	X262	2,5	X360	7,9	X361	7,9	X360	8,1	X360	8,3
X110	0,7	X110	0,7	X110	0,7	X110	0,8	X18	6,8	X18	6,8	X18	7,0	X18	7,1
X461	2,2	X461	2,2	X461	2,3	X461	2,4	X3	6,2	X3	6,2	X3	6,4	X3	6,5
X329	0,9	X329	1,0	X329	1,0	X329	1,1	X57	2,5	X57	2,5	X57	2,5	X57	2,6
X166	1,6	X166	1,7	X166	1,8	X166	1,8	X118	3,4	X118	3,4	X118	3,4	X118	3,5
X456	4,0	X456	4,1	X456	4,3	X456	4,4	X361	3,4	X362	3,4	X361	3,5	X361	3,6
X313	1,3	X313	1,3	X313	1,4	X313	1,4	X161	5,3	X161	5,3	X161	5,4	X161	5,6
X108	2,3	X108	2,4	X108	2,5	X108	2,6	X121	3,3	X121	3,3	X121	3,4	X121	3,5
X130	0,5	X130	0,5	X130	0,5	X130	0,5	X73	1,3	X73	1,3	X73	1,4	X73	1,4
X314	2,3	X314	2,4	X314	2,5	X314	2,6	X91	3,2	X91	3,2	X91	3,2	X91	3,3

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X263	2,2	X263	2,3	X263	2,4	X263	2,5	X39	6,6	X39	6,6	X39	6,7	X39	6,9
X322	1,3	X322	1,4	X322	1,4	X322	1,5	X138	3,2	X138	3,2	X138	3,3	X138	3,3
X30	1,2	X30	1,2	X30	1,3	X30	1,3	X567	4,6	X568	4,6	X567	4,7	X567	4,8
X200	2,4	X200	2,5	X200	2,6	X200	2,7	X264	4,4	X265	4,4	X264	4,5	X264	4,6
X236	0,8	X236	0,9	X236	0,9	X236	0,9	X372	5,3	X373	5,3	X372	5,4	X372	5,5
X128	1,5	X128	1,6	X128	1,7	X128	1,7	X250	6,0	X251	6,0	X250	6,2	X250	6,4
X22	1,4	X22	1,5	X22	1,5	X22	1,6	X476	4,3	X477	4,3	X476	4,4	X476	4,5
X418	2,2	X418	2,3	X418	2,3	X418	2,4	X154	5,7	X154	5,7	X154	5,8	X154	5,9
X105	0,5	X105	0,6	X105	0,6	X105	0,6	X164	1,7	X164	1,7	X164	1,7	X164	1,8
X18	2,1	X18	2,2	X18	2,3	X18	2,4	X315	4,2	X316	4,2	X315	4,3	X315	4,4
X191	0,7	X191	0,7	X191	0,7	X191	0,8	X230	3,5	X231	3,5	X230	3,6	X230	3,6
X168	0,1	X168	0,1	X168	0,1	X168	0,2	X122	2,3	X122	2,3	X122	2,4	X122	2,5
X317	2,3	X317	2,4	X317	2,5	X317	2,6	X298	3,9	X299	3,9	X298	4,0	X298	4,1
X134	1,0	X134	1,0	X134	1,0	X134	1,1	X52	2,6	X52	2,6	X52	2,7	X52	2,7
X5	2,5	X5	2,6	X5	2,7	X5	2,8	X385	5,7	X386	5,7	X385	5,8	X385	6,0
X346	2,5	X346	2,7	X346	2,7	X346	2,9	X456	2,9	X457	2,9	X456	3,0	X456	3,0
X417	2,5	X417	2,6	X417	2,7	X417	2,8	X135	14,6	X135	14,6	X135	15,0	X135	15,4
X366	1,4	X366	1,5	X366	1,5	X366	1,6	X31	13,1	X31	13,1	X31	13,4	X31	13,8
X429	2,0	X429	2,1	X429	2,1	X429	2,2	X21	2,1	X21	2,1	X21	2,2	X21	2,2
X214	1,5	X214	1,5	X214	1,6	X214	1,6	X192	6,7	X192	6,7	X192	6,9	X192	7,0
X75	0,5	X75	0,5	X75	0,6	X75	0,6	X171	4,5	X171	4,5	X171	4,7	X171	4,8
X147	3,7	X147	3,9	X147	4,0	X147	4,2	X402	4,5	X403	4,5	X402	4,7	X402	4,8
X254	1,0	X254	1,0	X254	1,0	X254	1,1	X260	0,8	X261	0,8	X260	0,8	X260	0,9
X276	2,5	X276	2,6	X276	2,7	X276	2,8	X58	1,4	X58	1,4	X58	1,4	X58	1,5
X19	2,5	X19	2,6	X19	2,7	X19	2,8	X394	4,5	X395	4,5	X394	4,7	X394	4,9
X133	1,2	X133	1,3	X133	1,3	X133	1,4	X355	3,5	X356	3,5	X355	3,7	X355	3,8
X152	1,1	X152	1,1	X152	1,1	X152	1,2	X563	5,2	X564	5,2	X563	5,4	X563	5,6
X186	1,2	X186	1,2	X186	1,2	X186	1,3	X297	4,4	X298	4,4	X297	4,6	X297	4,8
X193	0,7	X193	0,7	X193	0,7	X193	0,8	X469	2,2	X470	2,2	X469	2,3	X469	2,3
X195	1,1	X195	1,2	X195	1,2	X195	1,2	X60	1,3	X60	1,3	X60	1,4	X60	1,4
X159	1,2	X159	1,2	X159	1,3	X159	1,3	X497	4,5	X498	4,5	X497	4,7	X497	4,9

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X115	0,8	X115	0,9	X115	0,9	X115	0,9	X252	1,3	X253	1,3	X252	1,3	X252	1,4
X295	2,5	X295	2,6	X295	2,7	X295	2,8	X523	5,4	X524	5,4	X523	5,6	X523	5,8
X308	1,2	X308	1,2	X308	1,3	X308	1,3	X226	2,7	X227	2,7	X226	2,8	X226	2,9
X260	0,7	X260	0,7	X260	0,7	X260	0,8	X353	3,2	X354	3,2	X353	3,3	X353	3,5
X97	1,0	X97	1,1	X97	1,1	X97	1,2	X436	1,5	X437	1,5	X436	1,5	X436	1,6
X433	2,8	X433	2,9	X433	3,0	X433	3,2	X487	5,4	X488	5,4	X487	5,6	X487	5,8
X183	0,5	X183	0,6	X183	0,6	X183	0,6	X48	3,5	X48	3,5	X48	3,6	X48	3,7
X83	1,0	X83	1,1	X83	1,1	X83	1,1	X285	1,9	X286	1,9	X285	2,0	X285	2,0
X248	1,2	X248	1,3	X248	1,3	X248	1,3	X591	5,2	X592	5,2	X591	5,4	X591	5,6
X91	0,6	X91	0,7	X91	0,7	X91	0,7	X97	5,9	X97	5,9	X97	6,1	X97	6,3
X446	1,6	X446	1,7	X446	1,7	X446	1,8	X529	3,5	X530	3,5	X529	3,6	X529	3,8
X123	1,3	X123	1,3	X123	1,4	X123	1,4	X448	2,0	X449	2,0	X448	2,0	X448	2,1
X414	1,5	X414	1,6	X414	1,6	X414	1,7	X113	3,5	X113	3,5	X113	3,7	X113	3,8
X139	0,7	X139	0,7	X139	0,7	X139	0,8	X233	1,4	X234	1,4	X233	1,4	X233	1,5
X104	0,9	X104	1,0	X104	1,0	X104	1,0	X343	4,3	X344	4,3	X343	4,5	X343	4,6
X474	1,0	X474	1,0	X474	1,0	X474	1,1	X245	2,6	X246	2,6	X245	2,7	X245	2,8
X378	2,7	X378	2,9	X378	3,0	X378	3,1	X107	2,1	X107	2,1	X107	2,2	X107	2,2
X44	1,1	X44	1,1	X44	1,2	X44	1,2	X272	1,9	X273	1,9	X272	2,0	X272	2,1
X412	2,5	X412	2,6	X412	2,7	X412	2,8	X434	3,2	X435	3,2	X434	3,3	X434	3,4
X39	1,1	X39	1,1	X39	1,1	X39	1,2	X322	2,8	X323	2,8	X322	2,9	X322	3,0
X63	0,8	X63	0,8	X63	0,8	X63	0,9	X46	4,7	X46	4,7	X46	4,9	X46	5,1
X293	1,1	X293	1,2	X293	1,2	X293	1,3	X167	1,5	X167	1,5	X167	1,5	X167	1,6
X68	0,7	X68	0,8	X68	0,8	X68	0,8	X127	2,2	X127	2,2	X127	2,2	X127	2,3
X74	1,5	X74	1,6	X74	1,6	X74	1,7	X377	5,6	X378	5,6	X377	5,9	X377	6,1
X344	2,6	X344	2,7	X344	2,8	X344	2,9	X367	4,9	X368	4,9	X367	5,1	X367	5,3
X225	2,3	X225	2,4	X225	2,5	X225	2,6	X69	1,2	X69	1,2	X69	1,3	X69	1,3
X99	1,6	X99	1,7	X99	1,8	X99	1,8	X389	12,3	X390	12,3	X389	12,8	X389	13,3
X117	1,2	X117	1,3	X117	1,3	X117	1,4	X432	0,8	X433	0,8	X432	0,8	X432	0,9
X271	2,4	X271	2,5	X271	2,6	X271	2,7	X481	3,5	X482	3,5	X481	3,6	X481	3,7
X94	3,0	X94	3,1	X94	3,2	X94	3,4	X23	1,8	X23	1,8	X23	1,8	X23	1,9
X351	2,8	X351	2,9	X351	3,0	X351	3,1	X430	2,8	X431	2,8	X430	2,9	X430	3,0

Tablo 5.9. (devam ediyor)

2022 Çağrı Sonuçları								2023 Çağrı Sonuçları							
M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$		M3 / $\alpha = 0.95$		M3 / $\alpha = 0.90$		M3 / $\alpha = 0.85$		M3 / $\alpha = 0.80$	
Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe	Desteklen en Proje Savısı	Desteklen en Bütçe
206	361,8 M	200	363,6 M	193	365,4 M	189	367,2 M	253	904,5 M	246	909 M	240	913,5 M	233	918 M
X445	3,3	X445	3,5	X445	3,6	X445	3,7	X597	4,6	X598	4,6	X597	4,8	X597	5,0
X310	1,3	X310	1,4	X310	1,4	X310	1,5	X81	4,2	X81	4,2	X81	4,3	X81	4,5
X36	0,7	X36	0,7	X36	0,7	X36	0,7	X310	3,1	X311	3,1	X310	3,2	X310	3,3
X167	0,6	X167	0,6	X167	0,6			X464	2,6	X465	2,6	X464	2,7	X464	2,8
X275	3,6	X275	3,7	X275	3,9			X67	13,6	X67	13,6	X67	14,1	X67	14,6
X228	1,3	X228	1,4	X228	1,4			X196	3,0	X197	3,0	X196	3,1	X196	3,3
X369	2,8	X369	3,0	X369	3,0			X312	1,2	X313	1,2	X312	1,3	X312	1,3
X43	1,1	X43	1,2					X254	1,8	X255	1,8	X254	1,8	X254	1,9
X12	1,0	X12	1,0					X152	2,1	X152	2,1	X152	2,2	X152	2,3
X187	0,5	X187	0,6					X583	1,9	X584	1,9	X583	1,9	X583	2,0
X149	1,1	X149	1,1					X199	2,2	X200	2,2	X199	2,3	X199	2,4
X320	2,4	X320	2,5					X104	1,9	X104	1,9	X104	2,0	X104	2,1
X280	1,4	X280	1,5					X323	3,6	X324	3,6	X323	3,7	X323	3,8
X299	2,4	X299	1,3					X552	5,9	X553	5,9	X552	6,1	X552	6,3
X428	1,2							X265	4,5	X266	4,5	X265	4,7	X265	4,9
X273	1,0							X84	1,2	X84	1,2	X84	1,2	X84	1,3
X434	1,3							X124	3,7	X124	3,7	X124	3,8	X124	3,9
X192	1,7							X393	5,6	X394	5,6	X393	5,8	X393	6,1
X405	1,6							X401	7,5	X402	7,5	X401	7,8	X401	8,0
X160	2,0							X586	1,0	X587	1,0	X586	1,1	X586	1,1
								X540	11,2	X541	11,2	X540	11,6	X540	12,1
								X424	1,4	X425	1,4	X424	1,4	X424	1,5
								X189	0,5	X189	0,5	X189	0,6	X189	0,6
								X231	1,1	X232	1,1	X231	1,2	X231	1,2
								X185	1,5	X185	1,5	X185	1,6	X185	1,7
								X409	1,6	X410	1,6	X409	1,6	X409	1,7
								X371	1,5	X372	1,5	X371	1,6	X371	1,6
								X561	2,4	X562	2,4	X561	2,5	X561	2,6
								X115	1,2	X115	1,2	X115	1,2	X115	1,3
								X400	3,3	X401	3,3	X400	3,4	X400	3,6
								X299	2,3	X300	2,3	X299	2,4	X299	2,4

Tablo 5.9. (devam ediyor)

								X516	2,5	X517	2,5	X516	2,5	X516	2,6
								X357	6,8	X358	6,8	X357	7,0	X357	7,3
								X420	2,1	X421	2,1	X420	2,1	X420	2,2
								X263	1,1	X264	1,1	X263	1,1	X263	1,2
								X183	2,3	X183	2,3	X183	2,4	X183	2,5
								X37	0,9	X37	0,9	X37	0,9	X37	1,0
								X190	2,7	X190	2,7	X190	2,8	X190	2,9
								X222	5,6	X223	5,6	X222	5,8	X222	6,0
								X470	1,9	X471	1,9	X470	1,9	X470	2,0
								X53	3,0	X53	3,0	X53	3,1	X53	3,2
								X268	2,2	X269	2,2	X268	2,3	X268	2,4
								X61	5,6	X61	5,6	X61	5,8	X61	6,0
								X221	1,0	X222	1,0	X221	1,0	X221	1,1
								X486	3,4	X487	3,4	X486	3,6	X486	3,7
								X114	4,7	X114	4,7	X114	4,8	X114	5,0
								X340	4,9	X341	4,9	X340	5,1	X340	4,1
								X142	3,9	X142	3,9	X142	4,1		
								X392	1,2	X393	1,2	X392	1,2		
								X128	1,9	X128	1,9	X128	2,0		
								X573	1,9	X574	1,9	X573	2,0		
								X407	6,3	X408	6,3	X407	6,5		
								X571	3,5	X572	3,5	X571	3,6		
								X109	2,1	X109	2,1	X109	0,8		
								X287	3,0	X288	3,0				
								X116	1,1	X116	1,1				
								X188	1,5	X188	1,5				
								X227	4,2	X228	4,2				
								X488	6,6	X489	6,6				
								X8	4,4	X8	4,4				
								X207							
								X455							
								X139							
								X347							
								X147							
								X182							
								X521							

5.6. Ar-Ge Proje Değerlendirme Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi

TÜBİTAK'ın mevcut sistemi ile 2022 ve 2023 yılları kapsamında değerlendirilen projelerden 30 adedi değerlendirmeyi yapan hakemlere iletilmiş ve hakemlerden, tez çalışması kapsamında geliştirilen değerlendirme sistematiğini kullanarak aynı projeleri yeniden puanlamaları talep edilmiştir. Hakemlerden elde edilen yeni puanlama verileri üzerinde tutarlılık incelemesi yapılmış ve sistemin doğrulaması üzerine çalışılmıştır. Her proje için iki sistemden elde edilen puanlar ve bunların farkları hesaplanmış ve Tablo 5.10'da sunulmuştur:

- Mevcut Sistem Puanı (MSP): Kurum tarafından atanan orijinal puan.
- Önerilen Sistem Puanı (ÖSP): Yeni geliştirilen puanlama algoritmasıyla üretilen puan.
- Fark (MSP - ÖSP): Her bir proje bazında iki sistem arasındaki mutlak fark.

Tablo 5.10. Mevcut ve önerilen sistem puanlamaları

Proje No	Hakem	MSP	ÖSP	Fark
P1	Hakem 1	99,6	91,3	8,3
P2	Hakem 2	86,2	79,4	6,8
P3	Hakem 3	76	69,7	6,3
P4	Hakem 4	68,1	67,6	0,5
P5	Hakem 3	71,7	66,4	5,3
P6	Hakem 5	70,2	67,2	3
P7	Hakem 6	73,2	73,5	-0,3
P8	Hakem 7	76,5	72,8	3,7
P9	Hakem 8	55,1	60,2	-5,1
P10	Hakem 9	59	60,1	-1,1
P11	Hakem 10	48,3	56,9	-8,6
P12	Hakem 11	42,8	49	-6,2
P13	Hakem 12	57,8	56,6	1,2
P14	Hakem 13	56	57,6	-1,6
P15	Hakem 14	19,9	20,3	-0,4
P16	Hakem 15	96,8	98,7	-1,9
P17	Hakem 16	90,3	91	-0,7
P18	Hakem 17	85,8	84,7	1,1
P19	Hakem 18	72,2	67,5	4,7
P20	Hakem 19	80,5	77,7	2,8
P21	Hakem 20	64,3	68,2	-3,9
P22	Hakem 21	85,9	78	7,9
P23	Hakem 22	55,8	58,2	-2,4
P24	Hakem 23	60,3	58,5	1,8
P25	Hakem 24	69,5	67,8	1,7

Tablo 5.10. (devam ediyor)

P26	Hakem 25	45,4	50	-4,6
P27	Hakem 26	54,1	52,4	1,7
P28	Hakem 27	55,6	52,9	2,7
P29	Hakem 28	39,8	39,4	0,4
P30	Hakem 29	15,5	19,9	-4,4

Mevcut sistem ve önerilen sistem tarafından aynı projelere verilen puanların genel dağılım özellikleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Amaç, her iki sistemin puanlama davranışını temel istatistiksel göstergeler aracılığıyla özetlemek ve istatistiksel analizler öncesinde verinin yapısı hakkında ön bilgi sunmaktır. Ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma gibi temel göstergeler üzerinden yapılan bu analiz, sistemler arası genel eğilim farklarını ve veri setindeki olası uç değerleri belirlemeye yardımcı olmaktadır.

Tablo 5.11. Temel istatistikler

Gösterge	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem	Fark (MSP - ÖSP)
Ortalama	64,1	63,78	0,62
Standart Sapma	20,11	17,98	4,21
Minimum	15,5	19,9	-8,6
Maksimum	99,6	98,7	8,3

Tablo 5.11’de, mevcut sistem ve önerilen sistem tarafından verilen puanlara ilişkin temel istatistiksel göstergeler yer almaktadır. Her iki sistemin ortalama puanları birbirine oldukça yakın olup, mevcut sistem ortalama olarak 64,41, önerilen sistem ise 63,78 puan vermiştir. Bu durum, önerilen sistemin genel eğilim itibarıyla mevcut sistemle uyumlu bir puanlama davranışı sergilediğini göstermektedir. Fark sütunundaki ortalama 0,62, iki sistem arasında sistematik bir puanlama sapmasının bulunmadığını göstermektedir. Farkların standart sapmasının 4,21 olması ise projeler bazında puan farklarının büyük çoğunlukla ± 5 puan aralığında yoğunlaştığını göstermektedir. Minimum ve maksimum değerlere bakıldığında ise önerilen sistemin bazı projelere mevcut sistemden yaklaşık 8 puan daha düşük veya yüksek puan verebildiği görülmektedir. Bu uç değerler dışında genel dağılımın dengeli olduğu ve sistemler arasında anlamlı bir sapma bulunmadığı yorumu yapılabilir. Bu bulgular, önerilen sistemin tutarlı ve dengeli bir alternatif bir değerlendirme aracı olarak uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Tanımlayıcı istatistikler iki sistemin puan dağılımı hakkında genel bilgi sunarken, sistemlerin birbirine ne derece benzer sıralama ve değerlendirme eğilimleri gösterdiğini belirlemek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Bu analiz, önerilen sistemin mevcut

sistemle ne kadar tutarlı çalıştığını ölçmeye yönelik önemli bir adımdır. Aşağıda hem Pearson korelasyon katsayısı (doğrusal ilişkiyi ölçer) hem de Spearman sıralama korelasyonu (sıralama uyumunu ölçer) hesaplanmış ve iki sistemin puanlama davranışları arasındaki ilişki derecelendirilmiştir.

- **Pearson Korelasyonu (r):** İki sistem arasındaki lineer ilişkiyi ölçer.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Sonuç: **0,982** (Güçlü pozitif korelasyon)

- **Spearman Sıralama Korelasyonu (ρ):** Sıralama uyumunu ölçer.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Sonuç: **0,967** (Yüksek sıralama tutarlılığı)

Tablo 5.12. Mevcut ve önerilen sistem arasındaki korelasyon katsayıları

Korelasyon Türü	Katsayı (r / ρ)	Yorum
Pearson Korelasyonu	0,982	Güçlü doğrusal ilişki
Spearman Korelasyonu	0,967	Yüksek sıralama benzerliği

Tablo 5.12, mevcut sistem ile önerilen sistem arasında yapılan korelasyon analizinin sonuçlarını sunmaktadır. Hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı ($r = 0,982$), iki sistemin verdiği puanlar arasında çok güçlü ve pozitif yönlü bir doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Bu, sistemlerin yüksek puanları ve düşük puanları benzer projelere verdiği anlamına gelmektedir. Ayrıca, Spearman sıralama korelasyonu ($\rho = 0,967$) değeri de sistemlerin projeleri sıralama açısından büyük ölçüde örtüştüğünü göstermektedir. Bu yüksek korelasyon katsayıları, önerilen sistemin sadece puanlama düzeyinde değil, aynı zamanda projelerin göreceli önceliklendirilmesinde de mevcut sistemle büyük ölçüde tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, önerilen sistemin karar alma sürecinde mevcut yaklaşımı istikrarlı şekilde modelleyebildiği söylenebilir.

Mevcut sistem puanı ile önerilen sistem puanı arasındaki farkların (MSP - ÖSP) normal dağılıma uyup uymadığı incelenmiştir. Bu analiz, istatistiksel test seçimlerinin (parametrik veya parametrik olmayan) doğruluğunu sağlamak ve genel dağılım yapısını anlamak açısından önemlidir. Bu kapsamda, özellikle veri setinin normal dağılıma ne derece uygun olduğunu test etmek için IBM SPSS Statistics Version 26 programı ile Kolmogorov-

Smirnov testi uygulanmıştır. Test, hem Mevcut Sistem Puanı (MSP) hem de Önerilen Sistem Puanı (ÖSP) verileri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir (Bkz. Tablo 5.13). MSP için test istatistiği 0,104 ve ÖSP için 0,111 olarak hesaplanmıştır. Her iki değişken için p -değeri (Asymp. Sig. 2-tailed) 0,200 olarak raporlanmıştır. Her iki durumda da p -değeri 0,05 anlamlılık eşiğinin oldukça üzerinde olduğundan veri setlerinin normal dağılıma uygun olduğu sonucuna varılır. Bu sonuç, parametrik istatistiksel testlerin (örneğin eşleştirilmiş t -testi) kullanımına uygunluk açısından olumlu bir bulgudur.

Tablo 5.13. Kolmogorov-Smirnov test sonuçları

Kolmogorov-Smirnov Test			
		MSP	OSP
N		30	30
Normal Dağılım Parametreleri ^{a,b}	Ortalama	64,4067	63,7833
	Standart Sapma	20,10972	17,98264
En Büyük Fark	Mutlak	,104	,111
	Pozitif	,053	,071
	Negatif	-,104	-,111
Test İstatistiği		,104	,111
p (Asimptotik, 2 yönlü)		,200 ^{c,d}	,200 ^{c,d}
a. Test dağılımı normaldir.			
b. Verilerden hesaplanmıştır.			
c. Lilliefors Anlamlılık Düzeltmesi uygulanmıştır.			
d. Bu, gerçek anlamlılık düzeyinin alt sınırıdır.			

Mevcut sistem ile önerilen sistemin aynı projelere, aynı hakemlerce verilen puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla eşleştirilmiş t -testi (paired samples t -test) uygulanmıştır. Bu test, aynı gözlem birimleri üzerinden elde edilen iki bağımlı ölçümün ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını değerlendirmek için tercih edilmektedir. Her iki sistem de aynı projelere ilişkin puanlar ürettiğinden, gözlemler bağımlı örneklem niteliği taşımakta ve bu nedenle bağımsız örneklem testleri yerine eşleştirilmiş t -testi uygun bir analiz aracı olarak kullanılmaktadır. Eşleştirilmiş t -testi sonuçları, iki sistemin aynı projelere ilişkin puanlarının ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını değerlendirmektedir. Test sonucuna göre; ortalama fark 0,623 puan, standart sapma 4,21 ve standart hata 0,77 olarak hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 5.14). %95 güven aralığı ise -0,95 ile 2,19 arasında olup, bu aralık sıfırı içerdiği için farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Test istatistiği $t(29) = 0,811$ ve p -değeri = 0,424 olarak elde edilmiştir. p -değeri 0,05 anlamlılık

düzeyinden büyük olduğundan, iki sistem arasında ortalama puanlar açısından anlamlı bir fark bulunmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durum, önerilen sistemin mevcut sisteme yakın sonuçlar ürettiğini ve bağımsız değerlendirme kararı süreçlerinde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 5.14. Eşleştirilmiş t-testi sonuçları

Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi									
		Eşleştirilmiş Farklar					t	df	p (2 yönlü)
		Ortalama Fark	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Güven Aralığı (Alt - Üst)				
					Alt Sınır	Üst Sınır			
Eşleme 1	MSP - OSP	,62333	4,20867	,76839	-,94821	2,19488	,811	29	,424

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, kamu destekli Ar-Ge projelerinin değerlendirme süreçlerine yönelik olarak sistematik, ölçülebilir ve kurum önceliklerine duyarlı bir yapı kazandırmak amacıyla özgün bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geleneksel değerlendirme yaklaşımlarında sıklıkla karşılaşılan subjektiflik, kıyaslanabilirlik eksikliği ve kaynak tahsisindeki verimsizlik sorunlarına çözüm getirmek üzere çok kriterli karar verme teknikleri, veri analitiği yöntemleri ve matematiksel modelleme bir araya getirilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan metodoloji, hakem değerlendirme sürecini sadece puanlama ile sınırlamayıp, bu değerlendirmelere dayalı olarak projelerin sınıflandırılmasını ve bütçe tahsisinin de daha rasyonel yapılmasını mümkün kılan bir bulanık matematiksel model önerilmiştir. Literatürde benzerine rastlanmayan bu model, projelerin üyelik derecelerine göre analiz edilmesini ve farklı senaryolarda duyarlılık analizleri yoluyla güvenilirliğinin test edilmesini sağlamıştır.

İlk aşamada, değerlendirme sürecinde kullanılan kriterler gözden geçirilmiş ve karar verici pozisyonunda yer alan uzman, yürütme kurulu ve grup koordinatörü gibi farklı aktörlerin değerlendirme perspektiflerine göre gereksiz veya etkisiz kriterler elenmiştir. Sonrasında kalan kriterler, objektif bir ağırlıklandırma tekniği olan entropi yöntemi ile değerlendirilmiş ve her bir kriterin karar sürecine katkısı nicel olarak belirlenmiştir. Bu adım, KDS'ye sağlam bir temel oluşturmuş; sistemin bilimsel ve sayısal verilere dayanarak işlemlerini mümkün kılmıştır.

Bir sonraki aşamada, Ar-Ge projelerinin değerlendirme süreci için karar vericilerin kolaylıkla kullanabileceği üç modülden oluşan bir KDS geliştirilmiştir. Bu modüller sırasıyla; hakem değerlendirme modülü, yürütme kurulu değerlendirme modülü ve grup koordinatörü karar modülüdür. Her bir modül, farklı rollerin farklı ağırlıklarla değerlendirmeye katkı sağladığı çok paydaşlı yapıyı temsil etmektedir. KDS'nin en önemli özelliği, projelerin hızla skorlanarak karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanınması ve projelerin değerlendirilmesinde entegre bir yapıya sahip olmasıdır. Hakemlerin ve yürütme kurulu üyelerinin değerlendirmelerini tek bir platform üzerinde gerçekleştirebilmeleri ve koordinatörlerin bu değerlendirmelerin ağırlığını belirleyebilmesi, değerlendirme süreçlerinin daha hızlı, açık, izlenebilir ve tutarlı bir şekilde yönetilmesine olanak tanımıştır. Bu yapı, Ar-Ge projelerinin endüstriyel içeriği, yenilikçi yönü, proje planı, altyapısı, ekonomik fayda ve ulusal kazanca dönüştürülebilirliği gibi çok yönlü kriterler ışığında detaylı bir inceleme yapılmasına olanak tanımıştır. Ayrıca, projenin değerlendirilme süreci yalnızca

hakemlerin veya kurulun görece kısıtlı kanaatine indirgenmemiş; çoklu değerlendirme noktaları ile daha dengeli bir puanlama sistemi elde edilmiştir. Böylece, mevcut sistemlerdeki statik ve eşit ağırlıklı değerlendirme anlayışı yerine, kurumsal öncelikleri dikkate alan dinamik ve önceliklendirilmiş bir değerlendirme süreci oluşturulmuştur.

Ardından, projelerin yalnızca puanlara göre değil, içeriksel benzerliklerine göre sınıflandırılması ihtiyacına yönelik olarak k-ortalamlar kümeleme algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma sayesinde, birbirine yakın değerlere ve özelliklere sahip projeler aynı grupta toplanmış ve kaynak tahsis sürecinde homojen gruplar içinde karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Söz konusu sınıflandırma, projelerin veriye dayalı olarak dört farklı gruba ayrılmasını ve her grubun öncelik seviyelerine göre değerlendirilmesini sağlarken, bir yandan da özellikle sınırlı kamu kaynaklarının etkili kullanımını sağlama açısından da kritik bir rol üstlenmiştir. Kümeleme sonuçları, düşük profilli projelerin detaylı bir inceleme yapılmaksızın reddedilebileceğini, yüksek profilli projelerin ise doğrudan desteklenebileceğini göstermiştir. Bu yöntem, uzman, koordinatör ve yürütme kurulu üyelerinin iş yükünü azaltarak süreç verimliliğini artırmış ve karar alma süreçlerini hızlandırmıştır. Ayrıca, orta profilli projeler arasında daha detaylı bir ayırım yapılması gerektiği vurgulanmış ve bu ayırımın bütçe tahsisi modelleriyle desteklenmesi gerektiği belirlenmiştir.

Projelerin değerlendirme ve gruplandırılmasına ek olarak, kamu kaynaklarının etkin ve adil biçimde tahsis edilebilmesi amacıyla üç farklı matematiksel model önerilmiştir. İlk model M1, öncelikli olarak en yüksek puanlı projelere öncelik verilerek bir bütçe dağılımı yapılmasını hedeflemiştir. Bu model, projeler için talep edilen bütçenin tamamını tahsis ettiğinden rasyonel ama mutlakçı bir karar mekanizması sunmaktadır. İkinci model M2’de ise hakem değerlendirme formunda yer alan ve bütçe ile doğrudan ilişkili sorulardan alınan puanların toplam puana oranı esas alınmış; böylece bütçeye yönelik teknik uygunluk düzeyi daha doğrudan şekilde dikkate alınarak bir bütçe tahsis mantığı geliştirilmiştir. Üçüncü model M3’te ise, çağrı başlangıcında toplam çağrı bütçesinin belirsiz olması, bireysel olarak projelere dağıtılacak bütçenin belirsiz olması gibi hususların ve karar verici esnekliklerinin dikkate alınabilmesi amacıyla bulanık matematiksel programlama yaklaşımı benimsenmiş ve önerilen bütçe tahsisleri belirsizlik ortamında optimize edilmiştir. Bu modeller, farklı senaryolarda bütçe sapmalarını minimize etmek, projelere tahsis edilen bütçelerin dengeye oturtulmasını sağlamak ve hakem değerlendirmeleri gibi çoklu kriterleri dikkate alarak karar verme sürecini iyileştirmek amacıyla tasarlanmıştır.

Sonuç olarak model çıktıları karşılaştırılmış, yüksek profilli projelere görece daha yüksek bütçe oranlarının ayrılması ve kamu kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması sağlanmıştır. Böylelikle önerilen sistemin klasik uygulamalara göre hem objektiflik hem de kaynak verimliliği açısından daha avantajlı olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, mevcut sistemdeki puanlama ile önerilen sistemin puanlaması istatistiksel olarak karşılaştırılmış, aradaki farkların anlamlı olup olmadığı analiz edilmiştir. Yapılan eşleştirilmiş t-testleri sonucunda iki sistem arasında anlamlı bir fark bulunmadığı, ancak önerilen sistemin daha hızlı değerlendirme imkânı sunması; hakem, komite ve koordinatörlerin iş yükünü azaltması; projeleri daha bütüncül bir bakış açısıyla ele alabilmesi ve kurumun sürdürülebilirlik gibi öncelikli stratejileriyle uyumlu değerlendirme kriterleri içermesi gibi faydalar sunduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın en önemli katkılarından biri, KDS'nin yalnızca teorik düzeyde kalmaması, aynı zamanda açık kaynak kodlu bir platform aracılığıyla uygulanabilir hale getirilmesidir. Böylece ilgili kurumlar, bu sistematığı kendi değerlendirme süreçlerine entegre edebilir ve süreçlerini veri temelli şekilde optimize edebilir. Geliştirilen yapı, yalnızca TÜBİTAK gibi kamu destekli kurumlar için değil, özel sektör Ar-Ge destek mekanizmaları, teknopark yönetimleri veya uluslararası proje çağrıları açısından da kullanılabilecek ölçeklenebilir ve uyarlanabilir bir çerçeve sunmaktadır. İkinci olarak, önerilen sistem yalnızca karar alma sürecinin etkinliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bütçe dağılımının adil ve stratejik bir şekilde yapılmasını da mümkün kılmaktadır. Özellikle, bütçe parametrelerindeki belirsizliklerin bulanık mantık yöntemleriyle modellenmesi, dinamik koşullara uyum sağlayan esnek çözümler sunmuştur.

Geliştirilen yaklaşım yalnızca teknik bir çözüm sunmamakta, aynı zamanda karar vericilerin daha bilinçli, gerekçeli ve stratejik kararlar almasını sağlayarak sürece bütüncül bir yönetim perspektifi kazandırmaktadır. Ancak bazı ana kriterlerin çok sayıda, bazılarının ise görece az alt kriter içermesi, puanlama sürecinde kısmi dengesizlikler yaratabilecek bir sınırlılık olarak görülmektedir. Bu durumun giderilmesi için gelecekte Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) veya Analitik Ağ Süreci (ANP) gibi yöntemlerin kullanılması önerilmektedir. Öte yandan, kriter ağırlıklarının birbirine yakın çıkması sistemin dengeli işlediğine de işaret etmektedir; bu sayede tek bir kriterin değerlendirmeyi domine etmesi engellenmekte ve hakemlerin tüm kriterleri dengeli biçimde dikkate almaları sağlanmaktadır. Entropi yöntemi, kriterlerin veri setindeki bilgi içeriklerine göre ağırlık belirlediğinden, varyasyon

düzeylerinin benzerliği ağırlıkların yakın olmasına yol açmış, bu da değerdendirme sisteminin bütüncül yapısını koruyarak herhangi bir kriterin ihmal edilmesini önlemiştir.

Ayrıca, önerilen yaklaşımın farklı sektörlerde ve ülkelerdeki kamu destek sistemlerine uyarlanabilirliği incelenebilir. Özellikle sanayi, sağlık ve enerji gibi tematik alanlarda yürütölen projeler üzerinde modelin performansının test edilmesi, değerdendirme sistematığının sektörel düzeydeki uygulanabilirliğine dair önemli veriler sağlayacaktır. Tez kapsamında geliştirilen bulanık matematiksel modelin diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak ele alınması, farklı koşullardaki esneklik ve doğruluk düzeylerinin daha kapsamlı biçimde değerdendirilmesine imkân tanıyacaktır.

Buna ek olarak, geliştirilen yapının karar vericilerin eğilimlerini öğrenebilen yapay zekâ destekli bir sürümü tasarlanabilir. Böyle bir sistem zamanla öğrenme kabiliyeti kazanarak öneri motorları aracılığıyla proaktif kararlar sunabilir. Sistemin farklı fonlama programlarının önceliklerine göre parametrik biçimde özelleştirilebilmesi ise uygulama alanlarını genişletecek ve esnekliğini artıracaktır. Son olarak, önerilen sistemin Horizon Europe veya Eureka gibi çok uluslu fonlama mekanizmaları içinde test edilmesi, modelin uluslararası düzeydeki geçerliliğinin ölçölmesine katkı sağlayacaktır.

Bu kapsamlı yapısıyla tez, kamu destekli Ar-Ge projelerinin değerdendirme süreçlerinde daha bilimsel, ölçölabilir ve stratejik bir yaklaşımın mümkün olduğunu göstermiştir. Özellikle kaynakların sınırlı olduğu ve projelerin hızla çeşitlendiği günümüz koşullarında, geliştirilen sistematik, karar alıcılara rehberlik edecek güçlü bir araç niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, (TÜBİTAK) Faaliyet Raporları. (2023). Available: https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/26720/tubitak_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf
- [2] Organisation for Economic Co-operation ve Development, “OECD,” <https://www.oecd.org/en/data/datasets/research-and-development-statistics.html>.
- [3] Türkiye İstatistik Kurumu, “TÜİK,” <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2023-53803>.
- [4] D. G. Borges De Souza, E. Antonio Dos Santos, N. Y. Soma, C. E. Sanches Da Silva, O. Matias, ve P. Renna, “MCDM-Based R&D Project Selection: A Systematic Literature Review,” 2021, doi: 10.3390/su.
- [5] G. R. Madey, B. V. Dean, “STRATEGIC PLANNING FOR INVESTMENT IN R&D USING DECISION ANALYSIS ve MATHEMATICAL PROGRAMMING.,” *IEEE Trans Eng Manag*, vol. EM-32, no. 2, pp. 84–90, 1985, doi: 10.1109/TEM.1985.6447586.
- [6] S. B. Graves, J. L. Ringuest, “Choosing the best solution in an R&D project selection problem with multiple objectives,” *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 3, no. 2, pp. 213–224, 1992.
- [7] M. I. Henig, H. Katz, “R&D project selection: A decision process approach,” *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 5, no. 3, pp. 169–177, 1996, doi: 10.1002/(SICI)1099-1360(199609)5:3<169::AID-MCDA94>3.0.CO;2-V.
- [8] T. Heydari, S. M. Seyed Hosseini, A. Makui, “Developing ve solving an one-zero non-linear goal programming model to R ve D portfolio project selection with interactions between projects,” *International Business Management*, vol. 10, no. 19, pp. 4516–4521, 2016.

- [9] B. W. Taylor III, L. J. Moore, E. R. Clayton, "R&D project selection ve manpower allocation with integer nonlinear goal programming," *Manage Sci*, vol. 28, no. 10, pp. 1149–1158, 1982.
- [10] M. J. Liberatore, "R&D project selection," *Telematics ve Informatics*, vol. 3, no. 4, pp. 289–300, 1986.
- [11] K. Heidenberger, "EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Dynamic project selection ve funding under risk: A decision tree based MILP approach," 1996.
- [12] J. L. Ringuest, S. B. Graves, R. H. Case, "Mean-Gini analysis in R&D portfolio selection," *Eur J Oper Res*, vol. 154, no. 1, pp. 157–169, Apr. 2004, doi: 10.1016/S0377-2217(02)00708-7.
- [13] J. L. Ringuest, S. B. Graves, "Formulating optimal R&D portfolios," *Research Technology Management*, vol. 48, no. 6, pp. 42–47, 2005, doi: 10.1080/08956308.2005.11657347.
- [14] C. Carlsson, R. Fuller, M. Heikkilä, P. Majlender, "A fuzzy approach to R&D project portfolio selection," *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 44, no. 2, pp. 93–105, 2007.
- [15] Y. Fang, L. Chen, M. Fukushima, "A mixed R&D projects ve securities portfolio selection model," *Eur J Oper Res*, vol. 185, no. 2, pp. 700–715, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.ejor.2007.01.002.
- [16] A. T. Eshlaghy, F. F. Razi, "A hybrid grey-based k-means ve genetic algorithm for project selection," *Int J Bus Inf Syst*, vol. 18, no. 2, pp. 141–159, 2015.
- [17] D. J. F. Jeng, K. H. Huang, "Strategic project portfolio selection for national research institutes," *J Bus Res*, vol. 68, no. 11, pp. 2305–2311, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.jbusres.2015.06.016.
- [18] C. Karaveg, N. Thawesaengskulthai, A. Chandrachai, "A combined technique using SEM ve TOPSIS for the commercialization capability of R&D project evaluation,"

- Decision Science Letters*, vol. 4, no. 3, pp. 379–396, 2015, doi: 10.5267/j.dsl.2015.3.004.
- [19] C. H. Cheng, J. J. H. Liou, C. Y. Chiu, “A consistent fuzzy preference relations based ANP model for R&D project selection,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 8, Aug. 2017, doi: 10.3390/su9081352.
- [20] Y. G. Hsu, G. H. Tzeng, J. Z. Shyu, “Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects,” *R & D Management*, vol. 33, no. 5, pp. 539–551, 2003, doi: 10.1111/1467-9310.00315.
- [21] F. Salehi, S. M. J. Mirzapour Al-e-Hashem, S. M. Moattar Hussein, “A 2-phase interdependent methodology for sustainable project portfolio planning in the pharmaceutical industry,” *Comput Ind Eng*, vol. 174, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108794.
- [22] E. Karasakal, P. Aker, “A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 73, pp. 79–92, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.omega.2016.12.006.
- [23] D. C. Bell, A. W. Read, “The application of a research project selection method,” *R&D Management*, vol. 1, no. 1, pp. 35–42, 1970.
- [24] M. Collan, M. Fedrizzi, P. Luukka, “New Closeness Coefficients for Fuzzy Similarity Based Fuzzy TOPSIS: An Approach Combining Fuzzy Entropy ve Multidistance,” *Advances in Fuzzy Systems*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/251646.
- [25] K. Wang, C. K. Wang, C. Hu, “Analytic hierarchy process with fuzzy scoring in evaluating multidisciplinary R&D projects in China,” *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 52, no. 1, pp. 119–129, Feb. 2005, doi: 10.1109/TEM.2004.839964.
- [26] R. Bhattacharyya, P. Kumar, S. Kar, “Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects,” *Computers & Mathematics with Applications*, vol. 62, no. 10, pp. 3857–3870, Nov. 2011, doi: 10.1016/j.camwa.2011.09.036.

- [27] R. Bhattacharyya, "A Grey Theory Based Multiple Attribute Approach for R&D Project Portfolio Selection," *Fuzzy Information ve Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 211–225, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.fiae.2015.05.006.
- [28] G. Mavrotas, E. Makryvelios, "Combining multiple criteria analysis, mathematical programming ve Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research ve Development project portfolio selection: A case study from Greece," *Eur J Oper Res*, vol. 291, no. 2, pp. 794–806, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ejor.2020.09.051.
- [29] T. Conka, O. Vayvay, B. Sennaroglu, "A combined decision model for R&D project portfolio selection," *International Journal of Business Innovation ve Research*, vol. 2, no. 2, pp. 190–202, 2008.
- [30] S. Imoto, Y. Yabuuchi, J. Watada, "Fuzzy regression model of R&D project evaluation," *Applied Soft Computing Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 1266–1273, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.asoc.2007.02.024.
- [31] U. Jung, D. W. Seo, "An ANP approach for R&D project evaluation based on interdependencies between research objectives ve evaluation criteria," *Decis Support Syst*, vol. 49, no. 3, pp. 335–342, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.dss.2010.04.005.
- [32] D. Guo, Y. Guo, K. Jiang, "Governance ve effects of public R&D subsidies: Evidence from China," *Technovation*, vol. 74–75, pp. 18–31, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.technovation.2018.04.001.
- [33] R. P. Mohanty, R. Agarwal, A. K. Choudhury, M. K. Tiwari, "A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: A case study," Oct. 15, 2005. doi: 10.1080/00207540500219031.
- [34] J. L. Ringuest, S. B. Graves, "The Linear Multi-Objective R&D Project Selection Problem," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 36, no. 1, pp. 54–57, 1989, doi: 10.1109/17.19984.
- [35] A. L. Medaglia, S. B. Graves, J. L. Ringuest, "A multiobjective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty," *Eur J Oper Res*, vol. 179, no. 3, pp. 869–894, Jun. 2007, doi: 10.1016/j.ejor.2005.03.068.

- [36] A. Mohaghar, M. R. Fathi, A. Faghih, M. M. Turkayesh, "An integrated approach of Fuzzy ANP ve Fuzzy TOPSIS for R&D project selection: a case study," *Aust J Basic Appl Sci*, vol. 6, no. 2, pp. 66–75, 2012.
- [37] M. J. Liberatore, "EXTENSION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR INDUSTRIAL R&D PROJECT SELECTION ve RESOURCE ALLOCATION.," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. EM-34, no. 1, pp. 12–18, 1987, doi: 10.1109/TEM.1987.6498854.
- [38] M. J. Liberatore, "AN EXPERT SUPPORT SYSTEM FOR R&D PROJECT SELECTION," 1988.
- [39] L. M. Meade, A. Presley, "R&D project selection using the analytic network process," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 49, no. 1, pp. 59–66, Feb. 2002, doi: 10.1109/17.985748.
- [40] A. Ç. Tolga, C. Kahraman, "Fuzzy multiattribute evaluation of R&D projects using a real options valuation model," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 11, pp. 1153–1176, Nov. 2008, doi: 10.1002/int.20312.
- [41] H. Eilat, B. Golany, A. Shtub, "R&D project evaluation: An integrated DEA ve balanced scorecard approach," *Omega (Westport)*, vol. 36, no. 5, pp. 895–912, 2008, doi: 10.1016/j.omega.2006.05.002.
- [42] M. Oral, O. Kettani, P. Lang, "A methodology for collective evaluation ve selection of industrial R&D projects," *Manage Sci*, vol. 37, no. 7, pp. 871–885, 1991.
- [43] G. J. Beaujon, S. P. Marin, G. C. McDonald, "Balancing ve optimizing a portfolio of R&D projects," *Naval Research Logistics*, vol. 48, no. 1, pp. 18–40, Feb. 2001, doi: 10.1002/1520-6750(200102)48:1<18::AID-NAV2>3.0.CO;2-7.
- [44] C. Stummer, K. Heidenberger, "Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies ve time profiles of multiple objectives," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 50, no. 2, pp. 175–183, May 2003, doi: 10.1109/TEM.2003.810819.

- [45] M. Rabbani, R. T. Moghaddam, F. Jolai, H. R. Ghorbani, "RESEARCH NOTE A COMPREHENSIVE MODEL FOR R ve D PROJECT PORTFOLIO SELECTION WITH ZERO-ONE LINEAR GOAL-PROGRAMMING," 2006.
- [46] J. Wang, W. L. Hwang, "A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model," *Omega (Westport)*, vol. 35, no. 3, pp. 247–257, 2007, doi: 10.1016/j.omega.2005.06.002.
- [47] E. E. Karsak, "A Generalized Fuzzy Optimization Framework for R&D Project Selection Using Real Options Valuation*," 2006.
- [48] S. Suresh Kumar, "AHP-based formal system for R&D project evaluation," 2004.
- [49] F. Hassanzadeh, M. Collan, M. Modarres, "A practical approach to R&D portfolio selection using the fuzzy pay-off method," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 20, no. 4, pp. 615–622, 2012, doi: 10.1109/TFUZZ.2011.2180380.
- [50] F. Hassanzadeh, M. Collan, M. Modarres, "A practical R&D selection model using fuzzy pay-off method," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 58, no. 1–4, pp. 227–236, Jan. 2012, doi: 10.1007/s00170-011-3364-9.
- [51] A. H. Hesarsorkh, J. Ashayeri, A. B. Naeini, "Pharmaceutical R&D project portfolio selection ve scheduling under uncertainty: A robust possibilistic optimization approach," *Comput Ind Eng*, vol. 155, p. 107114, 2021.
- [52] J. F. Bard, R. Balachandra, P. E. Kaufmann, "An Interactive Approach to R&D Project Selection ve Termination," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 35, no. 3, pp. 139–146, 1988, doi: 10.1109/17.7433.
- [53] F. D. Ramalho, I. S. Silva, P. Y. Ekel, C. A. P. da S. Martins, P. Bernardes, M. P. Libório, "Multimethod to prioritize projects evaluated in different formats," *MethodsX*, vol. 8, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.mex.2021.101371.
- [54] J. L. Ringuest, S. B. Graves, "The Linear R&D Project Selection Problem: An Alternative to Net Present Value," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 37, no. 2, pp. 143–146, 1990, doi: 10.1109/17.53718.

- [55] J. Wu, L. Liang, F. Yang, H. Yan, "Bargaining game model in the evaluation of decision making units," *Expert Syst Appl*, vol. 36, no. 3 PART 1, pp. 4357–4362, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.05.001.
- [56] M. Oral, "Action research contextualizes DEA in a multi-organizational decision-making process," *Expert Syst Appl*, vol. 39, no. 7, pp. 6503–6513, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.eswa.2011.12.054.
- [57] M. Çağlar, S. Gürel, "Impact assessment based sectoral balancing in public R&D project portfolio selection," *Socioecon Plann Sci*, vol. 66, pp. 68–81, 2019.
- [58] T. J. Stewart, "A multi-criteria decision support system for R&D project selection," *Journal of the operational Research Society*, vol. 42, no. 1, pp. 17–26, 1991.
- [59] J. Gustafsson, A. Salo, "Contingent portfolio programming for the management of risky projects," *Oper Res*, vol. 53, no. 6, pp. 946–956, 2005.
- [60] H. Eilat, B. Golany, A. Shtub, "R&D project evaluation: An integrated DEA ve balanced scorecard approach," *Omega (Westport)*, vol. 36, no. 5, pp. 895–912, 2008.
- [61] M. Montajabiha, A. Arshadi Khamseh, B. Afshar-Nadjafi, "A robust algorithm for project portfolio selection problem using real options valuation," *International Journal of Managing Projects in Business*, vol. 10, no. 2, pp. 386–403, 2017, doi: 10.1108/IJMPB-12-2015-0114.
- [62] P. Hünermund, D. Czarnitzki, "Estimating the causal effect of R&D subsidies in a pan-European program," *Res Policy*, vol. 48, no. 1, pp. 115–124, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.respol.2018.08.001.
- [63] W. Bitman, N. Sharif, "A conceptual framework for ranking R&D projects," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 55, no. 2, pp. 267–278, May 2008, doi: 10.1109/TEM.2008.919725.
- [64] "National Science Foundation (NSF) Proposal Processing ve Review." [Online]. Available: [https:// new.nsf.gov/policies/pappg/24-1/ch-3-proposal-processing-review#a-merit-review-principles-and-criteria-af2](https://new.nsf.gov/policies/pappg/24-1/ch-3-proposal-processing-review#a-merit-review-principles-and-criteria-af2)

- [65] “Natural Sciences ve Engineering Research Council of Canada Merit evaluation criteria.” [Online]. Available: [https:// www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/RPP-PP/TAC-ECAT/Review-Evaluation_eng.asp](https://www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/RPP-PP/TAC-ECAT/Review-Evaluation_eng.asp)
- [66] “European Research Council - ERC Evaluation of research proposals,” 2024. [Online]. Available: [https:// erc.europa.eu/sites/default/files/2024-02/Evaluation_of_research_proposals.pdf](https://erc.europa.eu/sites/default/files/2024-02/Evaluation_of_research_proposals.pdf)
- [67] “European Commission: European Innovation Council ve SMEs Executive Agency, European Innovation Council : guide for applicants. Publications Office of the European Union,” 2024. [Online]. Available: [doi/10.2826/8020189](https://doi.org/10.2826/8020189)
- [68] “Innovate UK General guidance.” [Online]. Available: [https:// www.ukri.org/councils/innovate-uk/guidance-for-applicants/general-guidance/your-application/#contents-list](https://www.ukri.org/councils/innovate-uk/guidance-for-applicants/general-guidance/your-application/#contents-list)
- [69] “Guidelines for JST Terminal Evaluation,” 2023. [Online]. Available: [https:// www.jst.go.jp/global/english/kadai/hyouka/pdf/end-evaluation-procedure.pdf](https://www.jst.go.jp/global/english/kadai/hyouka/pdf/end-evaluation-procedure.pdf)
- [70] “Australian Research Council Selection Reports.” [Online]. Available: [https:// www.arc.gov.au/funding-research/funding-outcome/selection-outcome-reports](https://www.arc.gov.au/funding-research/funding-outcome/selection-outcome-reports)
- [71] “TÜBİTAK PROJE ÖNERİ DEĞERLENDİRME RAPORU,” 2023, [Online]. Available: [https:// tubitak.gov.tr/sites/default/files/2023-09/proje_oneri_degerlendirme_raporu_agy200-201.pdf](https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/2023-09/proje_oneri_degerlendirme_raporu_agy200-201.pdf)
- [72] H. Zhang, C.-L. Gu, L. Gu, Y. Zhang, “The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy–A case in the Yangtze River Delta of China,” *Tour Manag*, vol. 32, no. 2, pp. 443–451, 2011.
- [73] N. Ömürbek, E. Aksoy, “Bir petrol şirketinin çok kriterli karar verme teknikleri ile performans değerlendirmesi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 21, no. 3, 2016.

- [74] A. Karami, R. Johansson, "Utilization of multi attribute decision making techniques to integrate automatic ve manual ranking of options," *Journal of information science ve engineering*, vol. 30, no. 2, pp. 519–534, 2013.
- [75] T.-C. Wang, H.-D. Lee, "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights ve objective weights," *Expert Syst Appl*, vol. 36, no. 5, pp. 8980–8985, 2009.
- [76] J. R. Rich Klapka, P. Pi, "Decision support system for multicriterial R&D ve information systems projects selection," 2002. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/dsw
- [77] Q. Tian, J. Ma, O. Liu, "O O F A hybrid knowledge ve model system for R&D project selection," 2002. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/eswa
- [78] Q. Tian, J. Ma, J. Liang, R. C. W. Kwok, O. Liu, "An organizational decision support system for effective R&D project selection," *Decis Support Syst*, vol. 39, no. 3, pp. 403–413, May 2005, doi: 10.1016/j.dss.2003.08.005.
- [79] O. Liu, J. Wang, J. Ma, Y. Sun, "An intelligent decision support approach for reviewer assignment in R&D project selection," *Comput Ind*, vol. 76, pp. 1–10, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.compind.2015.11.001.
- [80] A. De Piante Henriksen, S. W. Palocsay, "An excel-based decision support system for scoring ve ranking proposed R&D projects," *Int J Inf Technol Decis Mak*, vol. 7, no. 3, pp. 529–546, Sep. 2008, doi: 10.1142/S0219622008003022.
- [81] A. D. Henriksen, A. J. Traynor, "A practical R&D project-selection scoring tool," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 46, no. 2, pp. 158–170, 1999.
- [82] E. W. Forgy, "Cluster analysis of multivariate data: efficiency versus interpretability of classifications," *Biometrics*, vol. 21, pp. 768–769, 1965.
- [83] J. MacQueen, "Some methods for classification ve analysis of multivariate observations," in *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics ve probability*, Oakland, CA, USA, 1967, pp. 281–297.

- [84] P. Berkhin, "A survey of clustering data mining techniques," in *Grouping multidimensional data: Recent advances in clustering*, Springer, 2006, pp. 25–71.
- [85] R. Xu, D. Wunsch, *Clustering*. John Wiley & Sons, 2008.
- [86] T. M. Ghazal, "Performances of k-means clustering algorithm with different distance metrics," *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 30, no. 2, pp. 735–742, 2021.
- [87] M. A. Syakur, B. K. Khotimah, E. M. S. Rochman, B. D. Satoto, "Integration k-means clustering method ve elbow method for identification of the best customer profile cluster," in *IOP conference series: materials science ve engineering*, IOP Publishing, 2018, p. 012017.
- [88] H. N. Karakavak, H. O. Cekim, G. Ozel, S. Tekin, "Seismic Microzonation ve Earthquake Forecasting in Western Anatolia Using K-Means Clustering ve Entropy-Based Magnitude Volatility Analysis," *Geotechnical ve Geological Engineering*, vol. 43, no. 2, p. 99, Feb. 2025, doi: 10.1007/s10706-024-03062-2.
- [89] A. Kumar, Y. S. Ingle, A. Pande, P. Dhule, "Canopy clustering: a review on pre-clustering approach to K-Means clustering," *Int. J. Innov. Adv. Comput. Sci.(IJIACS)*, vol. 3, no. 5, pp. 22–29, 2014.
- [90] A. Dubey, A. Choubey, "A systematic review on k-means clustering techniques," *Int J Sci Res Eng Technol (IJSRET, ISSN 2278–0882)*, vol. 6, no. 6, 2017.
- [91] D. Arthur, S. Vassilvitskii, "k-means++: The advantages of careful seeding," Stanford, 2006.
- [92] K. R. Shahapure, C. Nicholas, "Cluster quality analysis using silhouette score," in *2020 IEEE 7th international conference on data science ve advanced analytics (DSAA)*, IEEE, 2020, pp. 747–748.
- [93] D. J. Ketchen, C. L. Shook, "The application of cluster analysis in strategic management research: an analysis ve critique," *Strategic management journal*, vol. 17, no. 6, pp. 441–458, 1996.

- [94] R. L. Thorndike, "Who belongs in the family?," *Psychometrika*, vol. 18, no. 4, pp. 267–276, 1953.
- [95] P. J. Rousseeuw, "Silhouettes: a graphical aid to the interpretation ve validation of cluster analysis," *J Comput Appl Math*, vol. 20, pp. 53–65, 1987.
- [96] J. H. Lorie, L. J. Savage, "Three Problems in Rationing Capital," 1955.
- [97] D. T. Asher, "A linear programming model for the allocation of R ve D efforts," *IRE Transactions on Engineering Management*, no. 4, pp. 154–157, 1962.
- [98] H. M. Weingartner, "Capital Budgeting of Interrelated Projects: Survey ve Synthesis," *Manage Sci*, vol. 12, no. 7, pp. 485–516, Mar. 1966, doi: 10.1287/mnsc.12.7.485.
- [99] H. Markowitz, "Portfolio Selection," *J Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91, 1952, doi: 10.2307/2975974.
- [100] H. Zimmermann, "Fuzzy set theory," *Wiley Interdiscip Rev Comput Stat*, vol. 2, no. 3, pp. 317–332, 2010.
- [101] T. J. Ross, *Fuzzy logic with engineering applications*. John Wiley & Sons, 2005.
- [102] M. Inuiguchi, J. Ramik, T. Tanino, M. Vlach, "Satisŷcing solutions ve duality in interval ve fuzzy linear programming," 2003. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/fss
- [103] G. Klir, B. Yuan, *Fuzzy sets ve fuzzy logic*, vol. 4. Prentice hall New Jersey, 1995.
- [104] C. R. Bector, S. Chandra, *Fuzzy mathematical programming ve fuzzy matrix games*, vol. 169. Springer, 2005.
- [105] J. L. Verdegay, "A DUAL APPROACH TO SOLVE THE FUZZY LINEAR PROGRAMMING PROBLEM," 1984.
- [106] H.-J. Zimmermann, "Fuzzy programming ve linear programming with several objective functions," *Fuzzy Sets Syst*, vol. 1, no. 1, pp. 45–55, 1978.

- [107] M. Delgado, J. L. Verdegay, ve M. A. Vila, “A GENERAL MODEL FOR FUZZY LINEAR PROGRAMMING,” 1989.
- [108] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information ve Control*, 1965.
- [109] M. Arora, M. S. Devi, “A fuzzy-AHP approach to solve multi criteria budgvdlocation problem,” *Int. J. Comput. Sci. Eng. Technol*, vol. 1, no. 6, pp. 284–289, 2011.
- [110] J.-Y. TENG, R.-C. YEH, M.-C. LIN, W.-C. HUANG, “The budgvdlocation of transportation construction projects by fuzzy multicriteria grade classification model,” *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 7, pp. 415–426, 2007.
- [111] R. E. Bellman, L. A. Zadeh, “Decision-making in a fuzzy environment,” *Manage Sci*, vol. 17, no. 4, p. B-141, 1970.
- [112] H. A. E.-W. Khalifa ve S. S. Alodhaibi, “Enhancing zero-based budgeting under fuzzy environment,” *International journal of fuzzy logic ve intelligent systems*, vol. 21, no. 2, pp. 152–158, 2021.
- [113] D. Sergi, I. U. Sari, “Fuzzy capital budgeting using fermatean fuzzy sets,” in *Intelligent ve Fuzzy Techniques: Smart ve Innovative Solutions: Proceedings of the INFUS 2020 Conference, Istanbul, Turkey, July 21-23, 2020*, Springer, 2021, pp. 448–456.
- [114] S. Mohammadi, K. Feizi, A. Abadi, “Operational budgeting using fuzzy goal programming,” *Management Science Letters*, vol. 3, no. 10, pp. 2581–2586, 2013.
- [115] F. Khazaeli, H. Arman, M. Zare, A. Hadi-Vencheh, “Fuzzy mathematical models for maximizing satisfaction of contractors ve clients by considering flexible start date of the project,” *Scientia Iranica*, vol. 29, no. 3, pp. 1729–1741, 2022.
- [116] T.-F. Liang, “Project management decisions using fuzzy linear programming,” *Int J Syst Sci*, vol. 37, no. 15, pp. 1141–1152, 2006.

- [117] I. Maleki, H. Omrani, R. Ghodsi, A. Khoei, "Project selection using fuzzy linear programming model," *International Journal of Operational Research*, vol. 19, no. 2, pp. 211–233, 2014.
- [118] A. Azar, M. Amini, P. Ahmadi, "Applying fuzzy goal programming in university budgeting," *Quarterly Journal of Research ve Planning in Higher Education*, vol. 20, no. 2, pp. 1–24, 2023.

