



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KURUMSAL AR-GE YÖNETİMİ SÜREÇLERİNDE VERİ KALİTESİNİN
BULANIK SİSTEMLERLE İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erkan EGELİ

Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Akıllı Sistemler Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KURUMSAL AR-GE YÖNETİMİ SÜREÇLERİNDE VERİ KALİTESİNİN
BULANIK SİSTEMLERLE İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erkan EGELİ

(21324814002)

ORCID: 0000-0003-3381-0416

**Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı
Akıllı Sistemler Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi KORAY ALTUN

ORCID: 0000-0003-0357-9495

HAZİRAN 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21324814002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Erkan EGELİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KURUMSAL AR-GE YÖNETİMİ SÜREÇLERİNDE VERİ KALİTESİNİN BULANIK SİSTEMLERLE İZLENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Koray ALTUN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Koray ALTUN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan ŞAHİN
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Erhan KARAKAYA
Yozgat Bozok Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 27 Haziran 2024



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



Eşime ve Duru Candy Kızıma,

ÖNSÖZ

Tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Koray Altun'a desteği ve yönlendirmesiyle tezi hazırlamamda yardımcı olduğu için teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma arkadaşım Dr. Oğuzhan Coşkun'a desteği ve yönlendirmeleri için teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2024

Erkan EGELİ
(Elektronik ve Haberleşme Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL METOT	7
3.1 Ar-Ge.....	7
3.2 Ar-Ge'nin Önemi	8
3.3 Ar-Ge Proje Türleri	9
3.3.1 P0 projeleri	9
3.3.2 P1 projeleri	10
3.3.3 P2 projeleri	11
3.3.4 P3 projeleri	12
3.4 Ar-Ge Proje Seçim Metotları	12
3.4.1 Matematiksel programlama yöntemleri	14
3.4.2 Ekonomik modeller	15
3.4.3 Yapay zeka optimizasyon yöntemleri	15
3.4.4 Çok kriterli karar verme yöntemleri.....	16
3.5 Veri.....	17
3.5.1 Veri kalitesi	17
3.5.2 Veri kalitesi boyutları ve ölçümleri	18
3.5.2.1 Doğruluk	18
3.5.2.2 Tamlık	19
3.5.2.3 Tutarlılık.....	19
3.5.2.4 Güncellik	20
3.5.2.5 Kesinlik	20
3.5.3 Verinin projelerdeki önemi	21
3.6 Bulanık mantık	21
3.6.1 Bulanık kümeler	22
3.6.2 Bulanık üyelik fonksiyonları.....	22
3.6.3 Bulanık mantık sistemi.....	23
3.6.4 Tip-2 bulanık mantık sistemleri	23
4. ÖNERİLEN MODEL	25
5. BULGULAR VE SONUÇLAR	38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	47

EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	55



KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process
AI	: Artificial Intelligence
ANN	: Artificial Neural Network
ANP	: Analytical Network Process
COPRAS	: Complex Proportional Assessment
COPRAS-G	: COmplex PProportional Assessment of alternatives with Grey relations
DEA	: Data envelopment analysis
DQM	: Data Quality Management
ERP	: Enterprise Resource Planning
ITDP	: Industrial Technology Development Program
MADA	: Multi-Attribute Decision Analysis
MAUT	: Multi-attribute utility theory
MCDM	: Multi-Criteria Decision Analysis
MRM	: Majority-rule Methods
NPV	: Net Present Value
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PID	: Proportional Integral Derivative
ROI	: Return of Investment
SWARA	: Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis
TOPSIS	: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	: Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution)
VK	: Veri Kalitesi

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: P0 proje tipleri, KV seçimleri.....	27
Çizelge 4.2: P1 proje tipleri, KV seçimleri.....	27
Çizelge 4.3: P2 proje tipleri, KV seçimleri.....	28
Çizelge 4.4: P3 proje tipleri, KV seçimleri.....	28
Çizelge 4.5: Tüm proje tipleri, KV seçimleri ortalamaları	29
Çizelge 4.6: Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 dilsel ifadeler.....	30
Çizelge 4.7: Tasarlanan Bulanık Mantık sisteminin çıkışları ve değer aralıkları.....	32
Çizelge 5.1: Ar-Ge proje (P0) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları.....	38
Çizelge 5.2: Ar-Ge proje (P1) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları.....	39
Çizelge 5.3: Ar-Ge proje (P2) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları.....	39
Çizelge 5.4: Ar-Ge proje (P3) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları.....	40
Çizelge 5.5: Tüm proje tipleri minimum veri kalitesi seviye ve Bulanık Mantık değerleri.....	40
Çizelge 5.6: Ar-Ge projeleri Bulanık Mantık sonuçları ve kararlar	41

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1: Bulanık mantık kural ve proje kabul seviyesi oluşturma aşamaları	26
Şekil 4.2: Geliştirilen model işlem aşamaları	26
Şekil 4.3: Dilsel ifadelerin transfer fonksiyonu	30
Şekil 4.4: Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 Veri Girişleri	31
Şekil 4.5: P0 proje tipi Bulanık Mantık Kuralları	34
Şekil 4.6: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Güncellik-Veri Doğruluk-Çıkış.....	35
Şekil 4.7: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Kesinlik-Veri Doğruluk-Çıkış.....	36
Şekil 4.8: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Tamlık-Veri Doğruluk-Çıkış.....	36
Şekil 4.9: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Tutarlılık-Veri Doğruluk-Çıkış	37

KURUMSAL AR-GE YÖNETİMİ SÜREÇLERİNDE VERİ KALİTESİNİN BULANIK SİSTEMLERLE İZLENMESİ

ÖZET

Günümüzün hızla değişen ekonomik ve teknolojik koşulları altında, işletmelerin sürdürülebilir büyümesi ve rekabet avantajı elde etmesi, Ar-Ge projelerinin doğru seçilmesi ve yönetimine bağlıdır. Üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak, mevcut ürünleri iyileştirmek ve yeni ürünler ve hizmetler geliştirmek için Ar-Ge faaliyetleri, işletmeler için stratejik öneme sahiptir. Ancak, proje seçimi süreci, çeşitli veri kalitesi standartlarının gözden geçirilmesini gerektiren karmaşık bir karar verme sürecidir. Bu bağlamda, uzman karar vericilerin bilgi ve tecrübeleri, projelerin değerlendirilmesinde hayati bir rol oynar. Bununla birlikte, bu süreçte karşılaşılan çeşitli kriterler ve belirsizlikler nedeniyle bulanık mantık gibi gelişmiş karar destek sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Bu tez çalışması, Türkiye'de faaliyet gösteren bir Endüstriyel Elektronik firmasında, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı onaylı Ar-Ge biriminde gerçekleştirilen Ar-Ge proje seçim sürecini detaylandırmaktadır. Araştırmanın odak noktası, proje türlerine ve veri kalitesi kriterlerine bağlı olarak bir bulanık mantık yöntemiyle model önermek ve bu modeli uygulamaktır. Bu kapsamda, beş farklı veri kalitesi kriteri (Veri Doğruluğu, Veri Tamlığı, Veri Tutarlılığı, Veri Güncelliği, Veri Kesinliği) ve bu kriterler üzerinden değerlendirilecek projeler için, beş farklı uzman karar vericinin görüşleri alınmıştır. Uzmanlar tarafından değerlendirilen projeler, her biri farklı özelliklere sahip dört farklı proje tipi (P0, P1, P2, P3) kapsamında incelenmiştir.

Her bir proje tipi için oluşturulan formlar aracılığıyla toplanan uzman görüşleri, bulanık mantık modellerine girdi olarak uygulanmıştır. Her bir proje tipi için kabul edilebilir veri kalitesi kriterleri seviyeleri, bulanık mantık modellerinden geçirilerek minimum kabul seviyeleri belirlenmiştir. Proje seçimi amacıyla her bir proje tipinden üç farklı proje uzmanlar tarafından incelenerek veri kalite seviyeleri tespit edilmiştir. Toplam oniki proje kendi proje tipine ait bulanık mantık modelinden geçirilerek sonuçlar alınmış ve minimum kabul seviyesi ile karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmede oniki farklı projenin üç adedi veri kalitesi olarak uygun bulunarak proje planına alınması kararlaştırılmıştır.

Sonuçlar, önerilen modelin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermiş, belirli kriterler üzerinden seçilen projelerin, Ar-Ge planlama sürecine dahil edilmesi yönünde kararlar alınmasını sağlamıştır. Önerilen bu yöntem, kurum içi inovasyon ve Ar-Ge projelerinin seçimi ve yönetimi konusunda önemli bir kaynak teşkil etmektedir.

Anahtar kelimeler: Bulanık mantık, Kurumsal proje seçimi, Veri tipleri, Veri kalitesi

MONITORING DATA QUALITY IN CORPORATE R&D MANAGEMENT PROCESSES USING FUZZY SYSTEMS

SUMMARY

In today's rapidly changing economic and technological environment, sustainable growth and competitive advantage depend on the right selection and management of R&D projects. R&D activities are of strategic importance to companies in order to increase the efficiency of production processes, improve existing products and develop new products and services. However, project selection is a complex decision-making process that requires the review of multiple data quality standards. In this context, the knowledge and experience of expert decision makers play a crucial role in the evaluation of projects. However, due to the multiple criteria and uncertainties involved in this process, the use of advanced decision support systems such as fuzzy logic is required.

This thesis details the R&D project selection process carried out in an R&D unit approved by the Ministry of Industry and Technology in an industrial electronics company operating in Turkey. The focus of the research is to propose and implement a model using a fuzzy logic method based on project types and data quality criteria. In this context, opinions from five different experts have been obtained for projects to be evaluated based on five different data quality criteria (Data Accuracy, Data Completeness, Data Consistency, Data Timeliness, Data Precision). The projects evaluated by the experts have been examined under four different project types (P0, P1, P2, P3), each with different characteristics.

Expert opinions collected through forms created for each project type were applied as input to fuzzy logic models. Acceptable data quality criteria levels for each project type were passed through fuzzy logic models and minimum acceptance levels were determined. For the purpose of project selection, three different projects from each project type were examined by experts and data quality levels were determined. A total of twelve projects were passed through the fuzzy logic model of their project type, the results were obtained and compared with the minimum acceptance level. In the evaluation, three of twelve different projects were found to be suitable in terms of data quality and it was decided to include them in the project plan.

The results have demonstrated the applicability and effectiveness of the proposed model, facilitating decisions on the inclusion of projects selected on the basis of certain criteria in the R&D planning process. The proposed method represents an important resource for the selection and management of internal innovation and R&D projects.

Keywords: Corporate project selection, Data types, Data quality, Fuzzy logic.

1. GİRİŞ

Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge), işletmelerin ve ulusların sürdürülebilir büyüme ve gelişimini sağlayan temel taşlardan biridir. Ar-Ge, bilim ve teknolojiyi kullanarak yenilikçi ürünler, süreçler ve hizmetler geliştirmeyi amaçlar ve bu süreç, küresel rekabet koşullarında firmaların ayakta kalabilmesinin anahtarıdır (Peker D., 2014; Osawa & Murakami, 2002). Teknoloji dünyasında ve müşteri beklentilerinde yaşanan hızlı değişimler, ürün ve hizmetlerin ömrünü kısaltmakta, bu da Ar-Ge projelerinin önemini artırmaktadır. Bu projeler, yenilikleri teşvik etmekte, mevcut ürün ve süreçlerin iyileştirilmesine katkıda bulunmakta ve maliyetleri düşürerek firmaların ve ülkelerin kalkınmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Heidenberger & Stummer, 1999).

Ar-Ge projeleri hem işletmeler hem de devletler için önem arz etmektedir. Bu projeler, bilim ve teknolojiye ilerleme kaydetmek ve yeni ürün ve sistemler üretmek amacıyla yapılmaktadırlar. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) tarafından yayımlanan, AR-GE ve ilgili kavramların açıklandığı Frascati kılavuzunda AR-GE, “İnsanlığın bilgi dağarcığının artırılmasına ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılmasına ilişkin sistematik ve yaratıcı çalışmalar” olarak tanımlanmıştır (OECD Klavuzu Frascati, 2002:s. 378). Günümüzde, devletler özel sektörün veya akademinin AR-GE projelerine finansal destek sağlamak ve ulusal çıkarları doğrultusunda belirledikleri politikalara uygun, düzenli ve sistemli AR-GE faaliyetlerinin yürütülmesini sağlamak için büyük ölçekli projelerde ortak olarak projelere dahil olmaktadır (Yıldırım & Yıldırım, 2022).

Günümüzde işletmeler, artan rekabet koşullarına uyum sağlamak, sektörün dinamikleri ölçeğinde meydana gelen gelişmeleri takip etmek ve sektörde öncü konumda bulunmasını sağlamak için araştırma geliştirme faaliyetleri yürütmek durumundadır. Kaynakların sınırlı ve kıt olduğu ve gelişim ve değişim sürecinin hızlı olduğu bu çağda, işletmenin sahip olduğu finansal, işgücü kaynaklarını ve zamanı doğru projelerde değerlendirmesi, rekabet edebilirliğini korumasını sağlayacaktır.

İçinde bulunduğumuz ekonomik ortam, işletmelerin mevcut kaynaklarını son derece dikkatli bir şekilde yönetmelerini gerektirmekte ve hatalara yer bırakmamaktadır. Verimli sonuçlar üretmeyen projeler, sınırlı kaynakların israfına yol açarak işletmelerin rekabet üstünlüğünü zayıflatmakta ve hatta bazı durumlarda işletmelerin piyasada ayakta kalmasını imkansız hale getirmektedir. Bu durumlar göz önüne alındığında, Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi firmaların büyük önem vermesi gereken bir konudur.

Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi çalışmalarında çok sayıda kriter ve bu kriterler arasındaki ilişkileri matematiksel modeller yardımıyla açıklayan çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi ve seçimi, birçok faktörü barındırdığı için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak değerlendirilebilir. Kurum ve kuruluşların sınırlı kaynakları göz önünde bulundurulduğunda, bilimsel ve teknolojik hedeflerine en fazla katkıda bulunacak projelerin seçimi, belirsiz, karmaşık ve bilgi yoğun bir karar süreci olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, literatürde birçok araştırmacı tarafından, etkin karar almayı sağlamak üzere matematiksel modeller kullanılarak seçim sürecinin incelendiği görülmektedir (Ayan & Perçin, 2012).

Ar-Ge proje seçim süreçlerinde uygulanan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımları, genellikle finansal, teknik, pazarlama ve sosyal gibi çeşitli kriterleri dikkate almaktadır (Khalili-Damghania ve Sadi-Nezhad, 2013). Ancak, bu kriterler arasında veri kalitesi de önemli bir yere sahiptir. Veri kalitesi dahil olmak üzere çeşitli kriterler, proje seçimi sürecinde proje başarısını önemli ölçüde etkileyen performans göstergeleri olarak kabul edilir. Veriye dayalı karar verme mekanizmaları, projelerin başarı şansını artırırken aynı zamanda riskleri azaltır ve inovasyon süreçlerini daha objektif bir şekilde değerlendirir. Bu yaklaşım, özellikle hızlı değişen pazar koşullarında firmaların adaptasyon süreçlerini kolaylaştırır ve rekabet avantajı kazanmalarına yardımcı olur. Dolayısıyla, Ar-Ge proje seçim süreçlerinde, veri kalitesinin temel bir kriter olarak ele alınması, stratejik karar alma mekanizmalarının daha etkili ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. (De Souza ve diğ, 2021).

Ar-Ge proje seçim sürecinde, sayısal verilere ve objektif kriterlere dayalı geleneksel yaklaşımların yerine uzman görüşlerinin alınması, sürecin doğası gereği karşılaşılan

belirsizliklerin yönetilmesinde daha etkili olabilmektedir. Özellikle, teknolojik yenilikler ve pazar dinamikleri gibi tahmin edilmesi zor faktörlerin değerlendirilmesinde, uzmanların deneyimi ve sezgileri belki önem taşır. Uzmanlar, sektörel eğilimler, teknolojik gelişmeler ve tüketici davranışlarındaki değişiklikler konusunda derinlemesine bilgiye sahip olduklarından, bu tür bilgiler sayısal verilere dönüştürülemediğinde dahi kritik kararlar alınmasını sağlayabilir. Uzman görüşleri, genellikle karmaşık ve çok boyutlu olan Ar-Ge projelerinin potansiyel başarısını daha geniş bir perspektiften değerlendirme imkanı sunar. Bu, karar verme sürecinde, projenin gerçekleştirilebilirliği, pazarın ihtiyaçlarına uygunluğu ve teknolojik yenilikçiliği gibi önemli unsurların daha doğru bir şekilde yansıtılmasını sağlar (Cheng ve diğ, 2017).

Ar-Ge projelerinin seçimi sürecinde karşılaşılan belirsizlikler ve çelişen kriterler, bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanımını zorunlu kılar. Bu yöntemler, bulanık mantık prensiplerini temel alarak, belirsizliklerle dolu karar verme ortamlarında daha sağlam ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanır. Bulanık ÇKKV, özellikle proje seçim kriterlerinin subjektif doğası ve birbirleriyle çelişen nitelikleri göz önüne alındığında, karar vericilere çok sayıda faktörü aynı anda değerlendirme ve bunların arasında optimum bir denge kurma yeteneği sunar (Güler, 2019).

Bu çalışmada, Türkiye'deki bir Endüstriyel Elektronik firmasında, Sanayi Teknoloji Bakanlığı onaylı Ar-Ge biriminde, Ar-Ge proje seçim süreci, proje türlerine ve veri kalitesi kriterlerine bağlı olarak, bulanık mantık yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak, proje seçim süreci için öncelikle mevcut projelerin ve potansiyel projelerin bir envanteri çıkarılmış ve bu projelerin türlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra, projelerin veri kalitesi kriterlerine göre değerlendirilmesi amacıyla uzman karar vericiler için bir form hazırlanmış ve bu form farklı proje türlerindeki projeler için karar vericiler tarafından doldurulmuştur. Ayrıca, bu uzmanlardan, değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları ve her bir proje türünün başarılı sayılabilmesi için veri kalitesi kriterlerinin olması gereken minimum seviyeleri talep edilmiştir. Son olarak, belirlenen her proje türü için ayrı ayrı bulanık mantık modelleri oluşturulmuş ve uzman karar vericilerden alınan girdiler bu modellere uygulanmıştır. Bu süreç, her bir proje türü için elde edilen sonuçların dikkatli bir şekilde analiz edilmesi ve yorumlanmasıyla tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde proje değerlendirme süreci için nitel incelemeden niceliksel tekniklere kadar farklı teknik ve yöntemler ortaya çıkmış ve çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Henriksen ve Traynor (1999), Ar-Ge proje seçim yöntemlerini derecelendirme, programlama, karar analizi, ekonomik modeller, yapay zeka, etkileşimli yöntemler, portföy optimizasyonu ve yapılandırılmamış çalışmalar olarak sınıflandırmaktadır.

Literatür araştırmalarında proje seçim yöntemi olarak Bulanık Mantık modeli kullanan ve Bulanık Mantık modeli ile birlikte karma modeller kullanan modeller araştırılmıştır. Bulunan çalışmalar aşağıda listelenmektedir.

Hwang ve Yu (1998), Ar-Ge projelerinin çeşitli bireysel çok kriterli listelerini tek bir toplu ve öncelikli sıralı listeye dönüştüren ilgili bilgisayar modelini kullanarak Ar-Ge projelerinin seçimine ve kaynak tahsisine rehberlik edecek bir metodoloji geliştirmek amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda, Ar-Ge proje değerlendirmesi için çeşitli sıralı öncelik listelerini bir araya getirmek amacıyla hem Çoğunluk Kuralı Yöntemleri (MRM) hem de bulanık küme önceliği belirlenmiştir. Bulanık Mantık modeli bilgisayar koduna dönüştürülmüş ve çeşitli Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Carlsson ve diğ. (2007), geleneksel yatırım değerlendirme yöntemlerinin eksikliklerini, projelere önemli değer katabilecek, yönetsel esnekliği düzeltme konusunda çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Stratejik proje değerlemesine yönelik opsiyon yaklaşımındaki ana sorunun, gelecekteki nakit akışlarını değerlendirirken veya tahmin ederken karşılaşılan istatistiksel olmayan belirsizliğin doğru karakterizasyon yöntemini bulmuşlardır. Birbiriyle ilişkili projelerin aşamalandırma ve çizelgeleme sistemlerine yönelik şemalar üzerinde çalışarak, gelecekteki gelirlerin yamuk olasılık dağılımlarıyla tahmin edildiği Ar-Ge yatırım fırsatlarına ilişkin seçeneklerin değerlendirilmesi için temel bir model geliştirerek Ar-Ge optimal proje portföyü seçim problemi için bulanık bir karma tamsayı programlama modeli sunmuşlardır.

Huang ve diğ. (2008), Tayvan'daki Endüstriyel Teknoloji Geliştirme Programı (ITDP) proje seçimi için hiyerarşik bir yapı geliştirmek amacıyla grup karar verme yöntemini, değerlendirme kriterlerini elde etmek için ITDP inceleme komiteleriyle yapılan derinlemesine görüşmeleri ve bu uzmanların puanlarını puanlamak için üçgen bulanık sayıyı içeren bulanık bir Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) yaklaşımını değerlendirmişlerdir. Bu komitelerin risk tutumlarını simüle ederek yönetsel algılamalara ilişkin bulanık AHP bulgularını detaylandırmışlar, daha sonra bulguların politika sonuçlarını özetlemişler ve ardından sonuçları değerlendirmişlerdir.

Bhattacharyya ve diğ. (2011), proje sonucunun en üst düzeye çıkarılması, proje maliyetinin en aza indirilmesi ve proje riskinin en aza indirilmesi için bir proje portföyü seçim modeli çalışmışlardır. Aday projeler arasındaki teknik ve sonuç bağımlılığının etkisi, maliyeti, projeler arasında maliyet paylaşımından kaynaklanan tasarruflar, risk, kaynak bağımlılıkları, bütçe kısıtları, kaynak kısıtları, beklenmedik durum kısıtları, sonuç kısıtları gibi kısıtlar kullanılarak Ar-Ge projelerinin seçiminde karar vermeyi kolaylaştırmak için Bulanık Mantık ve çok amaçlı programlama yaklaşımı oluşturmuşlar ve gerçek bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Khalili-Damghania ve Sadi-Nezhad (2013), yapmış oldukları çalışmada proje seçimi için bir yatırım probleminin maliyet, kar, bütçe, kaynak kullanılabilirliği, kaynak kullanımı ve getiri oranı gibi finansal faktörleri, hedefleri ve kısıtlamaları dikkate alan bir modül oluşturmuşlardır ve bu modülün çıktılarını ikinci modülün bir girdisi olarak kullanmışlardır. İkinci modül, bir yatırımın ekonomik, sosyal, çevresel etkileri, yatırım riski, organizasyonel hazırlık ve stratejik ittifakı, bulanık sayılar kullanılarak parametrelendirilen ve Bulanık Mantık Kural sisteminin girdileri olarak ele alınan dilsel terimler aracılığıyla modellenmiştir. İkinci modülün çıktısı, finansal/finansal olmayan ve iç/dış faktörler, kısıtlamalar ve hedefleri dikkate alarak proje şeklindeki bir yatırımın uygunluğunu belirlemektedir. Proje seçimi amacıyla ilk modül ve mevcut prosedür, gerçek bir finans ve kredi kurumu proje seçim probleminde uygulanmıştır.

Mohagheghi ve diğ. (2020), proje seçimi için riski ve getiriyi aynı anda dikkate alan yeni bir Ar-Ge proje değerlendirme modeli çalışmışlardır. Bu model, riski en düşük, getirisi ise en yüksek olan Ar-Ge projelerine öncelik vermektedir. Modelde yatırım karar verme süreçlerinde proje riskini ele almak için daha düşük yarı varyansın

kullanılması gerçekleştirilmiş ve sonucunda yalnızca beklenen getiriden kaynaklanan olumsuz değişimler zararlı kabul edilerek ve azaltılması amaçlanmıştır. Belirsiz ortamı modellemek için Tip 2 Bulanık Mantık kullanılmıştır. Son derece belirsiz ortamlarda optimum Ar-Ge projeleri portföyünü bulan yenilikçi bir proje portföyü seçim modeli olan çözüm, bir gaz ve petrol holding şirketinin verileri kullanılarak uygulama yapılmıştır.



3. MATERYAL METOT

3.1 Ar-Ge

“Araştırma ve geliştirme faaliyetleri (Ar-Ge); bilimsel ve teknik bilgi birikimini artırmak amacıyla sistematik bir temele dayalı olarak yürütülen yaratıcı çabanın ve bilgi birikiminin uygulamalı olarak çeşitli alanlarda kullanımınıdır”(Özcan, 2010:s. 6). OECD’ye göre “Araştırma ve deneysel geliştirme, insan, kültür ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcığının artırılması ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmalarıdır.”(OECD Klavuzu Frascati, 2002:s. 30).

Ar-Ge, bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin sonucu insan ihtiyaçları için çözüm üreten yeni ve katma değerli ürünler ile üretimde kullanılan alet, makine ve sistemlerin geliştirilmesine, yenilerinin tasarlanmasına, test edilmesine ve piyasaya sunulmasına kadar tüm faaliyetleri kapsamaktadır.

Ar-Ge faaliyetleri; yenilik ve özgünlük içerme gerekliliğinden ötürü insanın aklını ve hayal gücünü, yoğun zaman ve emek harcadığından insanın bedenini, çok hızlı ticarileşmenin görece az olması ve yüksek maliyetli bir süreç olması nedeniyle de insanın bütçesini zorlayan bir süreç olarak da ifade edilebilir (Topçu, 2021).

Ar-Ge, bilim ve teknolojinin gelişmesini sağlayacak yeni bilgileri elde etmek veya mevcut bilgilerle yeni malzeme, ürün ve araçlar üretmek, yazılım üretimi dahil olmak üzere yeni sistem, süreç ve hizmetler oluşturmak veya mevcut olanları geliştirmek amacı ile yapılan düzenli çalışmalarıdır. Diğer bir ifadeyle, ürün ve süreç yeniliğine veya artan bilimsel bilgiye yönelik organize edilmiş çabalardır.

Ar-Ge’nin adımları şu şekilde sıralanabilir: Kavram geliştirme, teknik ve ekonomik fizibilite, geliştirilen kavramdan tasarıma geçiş sürecinde yer alan çalışmalar, tasarım ve çizim çalışmaları, prototip ve deneme üretimi, patent ve lisans çalışmaları, satış sonrası sorun giderme hizmetleri (Peker, 2014).

3.2 Ar-Ge'nin Önemi

İçinde bulunduğumuz bilgi çağında ülkelerin bilim ve teknik alanında ileri seviyede olması ve Dünya'daki konumu, yaptığı Ar-Ge faaliyetleri ile doğru orantılıdır. Ülkeler arası gelişmişlik farkları, Ar-Ge faaliyet düzeylerine bağlı olarak bilimsel ve teknolojik açıdan farklı konumlarda bulunmalarından kaynaklanmaktadır.

Bilimsel, teknik ve ekonomik yönden hızla değişen, küreselleşen, dinamik bir çevre içerisinde faaliyet gösteren kurumların ayakta kalabilmeleri ve kurumsal hedeflerini gerçekleştirebilmeleri, işletmenin çevreye uyumuna ve kendisini sürekli geliştirebilmesine bağlıdır. Kurumlar planlı ve sistemli Ar-Ge çalışmaları yürüterek değişim ve gelişimi sağlayabilirler. Yeni ürünler ve üretim yöntemleri ortaya çıkarmak, mevcutları geliştirmek, kurumsal anlamda büyümek ve gelişen dünyaya ayak uydurabilmek için Ar-Ge faaliyetleri önem arz etmektedir. Tüketicilerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayabilmek için teknolojik faaliyetlerde bulunarak yeni teknolojiler geliştirmek de Ar-Ge'nin görevidir. Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ve yayılan bilgi, ekonomik büyümenin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu faydalar sebebiyle Ar-Ge çalışmaları, günümüzün hızla değişen koşullarında rekabet avantajı sağlayarak, kurumların varlıklarını sürdürebilmeleri ve ilerleyebilmeleri için son derece önemlidir.

Ülkelerin Ar-Ge faaliyetleri hakkında bilgi edinmek ve karşılaştırma yapabilmek için, Ar-Ge harcamalarının büyüklüğü, Ar-Ge harcamalarının Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) içindeki payı, araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamalarının yapısı gibi göstergelerden yararlanılır (Bilen, 2010).

Bir ülkenin refah seviyesi ve bu seviyenin artması; o ülkenin gelişme potansiyeline, mevcut bilgiyi etkin kullanarak bilgi birikimini arttırmasına ve bu bilgiyi tüm paydaşlara yayabilmesine bağlıdır. Ar-Ge'ye yapılan yatırımlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik, bilimsel ve teknolojik anlamda büyümesine avantaj sağlar (Pesen, 2012). Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Rekabet Avantajı: Ülkelerin Dünya üzerinde rekabet gücünü belirleyen en önemli faktör; bilimsel ve teknolojik gelişmeler ve dolayısıyla Ar-Ge için yapılan harcamalarıdır.

- Yabancı Sermayeyi Çekme: Yabancı sermaye yatırımlarının çekilmesinde ve yabancı firmaların teknoloji odaklı yatırımlar yapmasında, ülkenin sahip olduğu bilimsel ve teknolojik kaynaklar ve destekler son derece önemlidir.
- Verimlilik Artışı: Ar-Ge harcaması sonucu elde edilen çıktılar, mikro ve makro düzeyde verimliliği artırır ve dolayısıyla ekonomik kalkınmayı sağlamada temel faktörlerden biridir.
- Teknolojik Bağımlılıktan Kurtulma: Ar-Ge çalışmaları, ülkeleri bilimsel ve teknolojik bakımdan diğer ülkelere bağımlı olmaktan kurtarır.

3.3 Ar-Ge Proje Türleri

Kurumsal Ar-Ge inovasyon projeleri temel olarak dört (P0, P1, P2, P3) seviyeye ayrılmaktadır. Her proje türü belirli hedeflere hizmet eder, farklı düzeylerde riskle karşı karşıya kalır ve benzersiz yönetim yaklaşımları gerektirir (Altun, 2024).

3.3.1 P0 projeleri

“P0 projeleri” sürekli yenilik içeren projeleri kapsamaktadır. Bu projeler bir kuruluş içinde sürekli iyileştirme ve ilerlemeyi teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Genel olarak P0 projelerinin sorumluluğu, organizasyonun yapısına ve sektöre bağlı olarak çeşitli departmanlar arasında dağıtılabilir; bunlar daha çok otomotiv endüstrisindeki WCM - Dünya Klasında Üretim ofisleri veya TQM - Toplam Kalite Yönetimi ofisleri tarafından yürütülür (Altun, 2024). Bir Endüstriyel Elektronik üretim şirketinde, fireyi azaltmak, üretim sürelerini dengelemek ve üretim kalitesini iyileştirmek için Yalın Üretim ilkelerinin hücre üretiminde uygulanması buna bir örnek olabilir. Bu tür projeler, sürekli iyileştirme ile operasyonel mükemmelliğe ulaşmak hedefini takip ederler.

“Kurumsal öneri sistemleri” P0 projelerinin ana itici güçlerinden biridir. Bu sistemler, çalışanların kuruluş içindeki süreçleri, ürünleri veya hizmetleri iyileştirmeye yönelik fikir ve önerileriyle katkıda bulunabilecekleri platform sağlar. P0 projeleri genellikle fikir odaklı inovasyon metoduna dayanır. Bu metod, projeleri başlatmanın ana itici gücü olarak yeni fikirlerin üretilmesini ve araştırılmasını vurgular. P0 projeleri için fikir odaklı metodun vurgulanması, organizasyon içinde bir inovasyon kültürünü teşvik edebilir. Çalışanları aktif olarak fikirlere katkıda

bulunmaya, problem çözmeye katılmaya ve etkili girişimleri teşvik etmek için işbirliği yapmaya teşvik eder (Altun, 2024).

3.3.2 P1 projeleri

"P1 projeleri", kıyaslama çalışmaları ve sistematik inovasyon araçları gibi farklı itici güçlerle karakterize edilen analiz odaklıdır. Bu projeler ağırlıklı olarak yeni ürün veya süreçlerin geliştirilmesi amacıyla kullanılır. P1 projelerinin etkin yönetimi, organizasyon içinde tam zamanlı çalışan kaynaklara sahip ve yetkinliklerle donatılmış özel bir birimin kurulmasını gerektirir. Yoğunlukları göz önüne alındığında, P1 projeleri inovasyon mühendisliğine özel olarak odaklanılmasını gerektirir (Altun, 2024). Endüstriyel Elektronik endüstrisinde bir örnek, Oransal İntegral Türev (PID) kontrol algoritmasının Yapay Zeka destekli olarak çalıştırılması ile Proses Kontrol cihazının kontrol ettiği proseslerin enerji tüketimini azaltması verilebilir. Analiz odaklı metod, pazar taleplerini değerlendirmek, rekabetçi kriterleri analiz etmek ve yeni teknolojileri entegre etmek için kesin bir strateji formüle etmek için kullanılabilir. Bu proje, şirketin genel inovasyon stratejisiyle uyumlu kalarak mevcut ürün geliştirme planlarının optimizasyonunu sağlayacaktır.

"P0 projeleri"ne benzer şekilde, "P1 projeleri"nin başlangıcı da amaç odaklı bir yaklaşıma dayanmaktadır. "P0 projeleri" sürekli yeniliğe ve sürekli iyileştirmeye yönelikken, "P1 projeleri" mevcut süreçlerin ve ürünlerin optimize edilmesine odaklanarak daha hedefe yönelik bir yönelimi benimser. Bu anlamda, "P1 projeleri" için inovasyon stratejisi titiz analiz ve stratejik uyumlaştırmaya odaklanmaktadır. Gerekli uzmanlıkla donatılmış uzman birimlerin katılımı, hassasiyet ve etkinliğe olan bağlılık bu proje tipinde önem kazanmaktadır.

P1 projelerinin organizasyon yapısı sektöre ve bağlama göre değişiklik gösterebilir. Ancak, özellikle "P1 projelerini" yönetmeye odaklanmış özel bir departmanın varlığı çok önemlidir. Bu birime analiz, kıyaslama ve inovasyon stratejisinin karmaşık yönlerini yönetmekle görevlendirilmiştir. İnovasyon mühendisliğinde deneyimli bir ekip, "P1 projelerini" başarılı sonuçlara yönlendirmek için çok önemlidir (Altun, 2024).

3.3.3 P2 projeleri

"P2 projeleri" ise araştırma odaklıdır. Yeni Teknoloji Kullanımı (NTE) projeleri (Bigwood, 2004) gibi girişimlerle örneklenen bu projeler, araştırmaya daha fazla önem vermektedir. Araştırmaya dayalı keşif ve teknoloji geliştirmeyi derinlemesine inceleyen projeleri kapsarlar. Tipik olarak bu projeler, araştırma yoğun yapıları nedeniyle kuruluşların Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) departmanları tarafından denetlenir (Altun, 2024). P2 projelerine açıklayıcı bir örnek olarak, bir PLC (Programmable Logic Controller) cihazının gerçek zamanlı yapay zeka algoritmalarını çalıştırarak kontrol fonksiyonlarını yapay zeka ile desteklemesi verilebilir. Bu proje, yeni yapay zeka teknolojilerini araştırmak, yapay zeka yöntemlerini incelemek ve gerçek zamanlı yapılara uygulamak için araştırma odaklı metotlardan yararlanır. Ayrıca, en ileri kod işleme altyapısını geliştirmeye yönelik çalışmaları da içermektedir. Projenin başarısı, şirketin uzun vadeli stratejik teknoloji yol haritasına uyumlu olmasına ve teknolojik gelişmelerin öncüsü olmasına bağlıdır.

"P2 projeleri" grubua giren NTE projeleri, araştırma merkezli bir odağı bünyesinde barındırır. Bu projeler, mevcut ve yeni gelişen teknolojilerden yararlanmaya olan bağlılıklarıyla dikkat çekiyor. Ana itici güçleri stratejik teknoloji yol haritalarında yatmaktadır. Bu yol haritaları, NTE projelerini organizasyonun kapsamlı teknolojik stratejisiyle uyumlu hale getirerek onlara yön verir. Bu uyum, inovasyon çabalarının amaca yönelik, yönlendirilmiş ve uzun vadeli teknolojik vizyonla uyumlu olmasını sağlar.

"P2 projeleri" portföyünü etkin bir şekilde yönetmek için bu stratejik hedefle uyumlu teknoloji yol haritalarından yararlanılabilir. Bu yol haritaları, kuruluşun teknolojik isteklerini ve yeteneklerini hesaba katarak "P2 projelerinin" başarılı bir şekilde yürütülmesi için bir yol haritası sunar. Bu yaklaşım karar almayı, kaynak tahsisini ve genel proje yönetimini geliştirerek her projenin kuruluşun teknolojik ilerlemesine anlamlı katkıda bulunmasını sağlar.

Kuruluşlar içerisinde Ar-Ge departmanları "P2 projelerinin" gidişatını yönlendirmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu departmanlar, bu projelerin temelini oluşturan karmaşık araştırma süreçlerini, teknoloji değerlendirmelerini ve inovasyon stratejilerini denetlemek için gereken uzmanlıkla donatılmıştır. Ar-Ge

departmanları içindeki çok disiplinli ekiplerin işbirliği, "P2 projelerinin" başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinin anahtarıdır (Altun, 2024).

3.3.4 P3 projeleri

P3 projeleri daha yüksek risk taşır, daha yenilikçidir ve diğer projelerle karşılaştırıldığında genellikle daha radikal yenilikleri hedefler. Öte yandan, P0, P1 ve P2 projeleri daha düşük riskle birlikte mevcut süreçlerin, ürünlerin ve mevcut teknolojilerin iyileştirilmesine odaklanma eğilimindedir (Altun, 2024).

P3 projeleri yenilik ve yeni bir çözüm yaratmakla ilgilidir. Örneğin herhangi bir eğitim gerektirmeden Yapay Zeka kontrolü gerçekleştirebilen bir entegre tasarlamak projesini düşünün. Bu tür bir çalışma, mevcut çalışmalarını kullanmanın ötesine geçer; daha önce çalışma yapılmamış alanlarda bilinmeyen araştırarak bilinen teknolojinin önüne geçmektedir. Böylece mühendisler ve tasarımcılar, teknolojinin bilinmeyen bölgelerini açığa çıkartarak Yapay Zeka kullanımını farklı bir boyuta taşımaktadırlar.

3.4 Ar-Ge Proje Seçim Metotları

Yatırım yapılacak en iyi Ar-Ge projelerini tutarlı bir şekilde seçebilme yeteneği, hem uygulayıcılar hem de akademik çevreler açısından, uzun süredir mevcut olan başarılı Ar-Ge yatırım olasılıklarını artırma konusundaki zorlukları ele almak için hayati bir öneme sahiptir (Cooper ve diğ., 2000).

Yapılan araştırmalar, bu tür birçok karmaşık model ve yöntemin pratikte yeterince kullanılmadığını ve bu yöntemlerin gerçek dünyada proje seçimine yönelik karar verme süreçlerinde sadece sınırlı etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde araştırmalar, birçok proje seçim modeli arasında, üst düzey firmaların finansal yöntemleri tercih ettiğini, ancak finansal analizle birlikte kullanımı oldukça basit olan bir puanlama modeli kullanan firmaların genellikle daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir (Cooper ve diğ., 2001).

Ar-Ge proje seçimi, teknoloji yoğun kurumlar, kamu ve özel finansman kuruluşları, üniversiteler ve araştırma enstitüleri gibi kuruluşlarda yaygın olarak kullanılan organizasyonel bir karar verme sürecidir (Tian ve diğ., 2005). Bu karmaşık ve zorlu bir iştir, çünkü öncelikle aday projelerin gelecekteki başarısını veya etkilerini tahmin

etmek zordur ve ikinci olarak güvenilir bir sonuç elde etmek için çok aşamalı, çok kişili bir karar verme süreci gereklidir (Sungjoo ve diğ, 2017).

Ar-Ge projeleri seçiminde karar verme süreci, diğer alanlardaki karar vermeye benzer. Dolayısıyla portföylerin özelliklerine ve uygulama alanlarına göre karar verme çerçeveleri kavramsal olarak değişmemektedir. Ancak kullanılan seçim yöntemleri değişmekte ve birçok bilimsel makale Ar-Ge projelerinin seçimi için farklı metodolojileri ele almaktadır. Ar-Ge proje seçimindeki ana farklılıklar ve zorluklar şunlardır:

- (a) projelerdeki harcamalar büyük yatırımları ifade eder,
- (b) kurumlar bu yatırımları geleceklerine yaparlar,
- (c) projelerin kurumsal stratejiyle uyumlu olması gerekir,
- (d) Ar-Ge projelerinin tamamlanma ve getiri elde etme süreleri uzundur, risklidir ve çok boyutludur,
- (e) ortam zordur ve sonuçlar değişkendir (Liberatore, 1987).

Bu çok zorlu benzersiz özellikler, uygun veya optimal kararların alınmasını zorlaştırır. Öte yandan genellikle seçim süreci şunları özellikleri dikkate alabilir:

1. Birçok projeden oluşan büyük bir portföy (Arratia, 2016),
2. Niteliksel ve niceliksel veriler (Mohaghar, 2012),
3. Kesin olmayan bilgilerin yarattığı belirsizlik (Karsak, 2006),
4. Sınırlı verilerden kaynaklanan belirsizlik (Barucke,2017),
5. Birbirine bağımlı ve/veya çatışan çoklu kriterler (nitelikler ve/veya hedefler) (Jung ve Seo, 2010),
6. Projeler arasındaki karşılıklı bağımlılık ve ilişki (Stummer ve HeidenBerger, 2003),
7. Birbirini dışlayan projeler (Oral, 2012),
8. Kaynak kısıtlamaları (Medaglia, 2007),
9. Optimum program (Heydari, 2016),
10. İnsan kaynağı tahsisi (Taylor, 1982),

Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yöntemleri, karar vericilere birbiriyle çelişen birçok kritere göre en uygun alternatifi sıralama ve seçme konusunda yardımcı olarak Ar-Ge proje seçiminde tekrarlanmaktadır. Proje seçiminde kullanılan yöntemlere bakıldığında, MCDM yöntemleri bilimsel olarak en çok araştırılan yaklaşımlardır.

MCDM, çok sayıda ve bazen birbiriyle çelişen kriterlere dayanarak en iyi alternatiflerin sıralanması veya seçilmesi konusunda karar vericileri elinde tutar. Bunlar sade yaklaşımlardan ayrıntılı yaklaşımlara, tipik yaklaşımlardan tekil yaklaşımlara ve tekil yaklaşımlardan birleşik yaklaşımlara kadar uzanır (Souza ve diğ, 2021).

Proje seçimi konularında karar vermenin bulanık kriterler ve farklı durumlardaki belirsizlikler içermesi, bunu esasen bir Çok Kriterli Karar Verme MCDM problemi haline getirmekte ve sistematik çözüm yöntemleri bulma çabaları, çeşitli karar destek araçlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Geçtiğimiz birkaç yılda şirketlerin Ar-Ge projesi seçimi konusunda karar verme konusunda daha iyi olmalarına yardımcı olmak için çok sayıda çaba sarf edildi. Geçmişteki çalışmalar entegre karar modelleri oluşturmaya ve karar verme yöntemleri oluşturmaya odaklanmıştır.

Literatürde tartışılan karar modelleri dört türe ayrılabilir:

- (1) matematiksel programlama yöntemleri,
- (2) ekonomik modeller,
- (3) yapay zeka optimizasyon yöntemleri,
- (4) MCDM modelleri (Cheng ve diğ, 2017).

3.4.1 Matematiksel programlama yöntemleri

Tamsayı programlama (Tavana ve diğ, 2015), doğrusal programlama (Bolat ve diğ, 2014), doğrusal olmayan programlama (Rafiei ve diğ, 2009), hedef programlama (Heydari ve diğ, 2016) ve dinamik programlama (Pendharkar, 2014) teknikleri dahil olmak üzere, Ar-Ge proje seçimi için karar modelleri oluşturmak üzere birçok matematiksel programlama yöntemi uyarlanmıştır. Tavana ve diğ. (2015), optimal proje portföyünün seçimi için Veri Zarflama Analizi (DEA), İdeal Çözüme Benzerliğine Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) ve doğrusal tamsayı programlama olmak üzere üç bölümden oluşan bir model önermişlerdir. Bulanık bir ortamda (Bolat ve diğ, 2014), belirsiz verilerle ve karar vericilerin belirsiz yargılarıyla baş edebilecek, bulanık çok amaçlı doğrusal programlamayı kullanan sistematik ve kapsamlı bir proje seçim modeli geliştirdi. Bu çalışmalar, çözülmesi kolay olmayan ve kullanımı çok karmaşık olduğundan pratikte uygulanamayan karma tamsayı veya doğrusal olmayan programlar gibi matematiksel araçlar ortaya çıkarmıştır (Cheng ve diğ, 2017).

3.4.2 Ekonomik modeller

Ekonomik yatırım modellerinde genel olarak dikkate alınan temel faktörler; maliyet-fayda analizi, yatırım getirisi, opsiyon fiyatlaması, iç getiri oranı, net bugünkü değer ve geri ödeme süresidir. Rzsasa ve diğ. (1990), Ar-Ge proje seçimini ve portföy planlamasını geliştirmek için risk bazlı bir metodoloji önerdi. Chiu ve diğ. (1994), Ar-Ge proje koşullarını değerlendirmek ve en uygun projeyi seçmek için ileriye dönük Net Bugünkü Değer (NPV) kullandılar. Mader (2004), bir altı sigma projesinin seçimi için NPV'yi, ticarileştirme maliyetini, geliştirme maliyetini, fizibilite açısından teknik başarıyı ve ticari başarı olasılığını tahmin eden bir yöntem geliştirdi. Hoeck (2008), proje seçimi ve planlama problemlerine uygulama için havayolu endüstrisinde popüler olan bir gelir yönetimi tekniğinin dönüştürülmesinde hedef Yatırım Geri Dönüşü'nün (ROI) dikkate alındığı geleneksel yaklaşımı uyguladı. Arasteh ve diğ. (2014), proje portföy yönetimi için gri sistem ve bulanık küme teorilerini gerçek seçenekler teorisiyle birlikte uyguladılar. Proje portföyü seçimi ile birlikte yatırım portföylerinin bir değerlendirme aracıyla değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar sundu (Cheng ve diğ, 2017).

3.4.3 Yapay zeka optimizasyon yöntemleri

Yapay zeka (AI), öğrenme, yargılama ve problem çözme yeteneğine sahip, hafıza-bilgi ve doğal dil anlayışıyla insan bilgi ve davranışını kopyalayan bir bilgisayar sistemi olarak tanımlanabilir. Esnek hesaplama alanında yapay zekanın geleneksel yöntemlere göre daha iyi tahminler sağlayacağı öne sürülmektedir. Costantino ve diğ. (2015), proje riskinin derecesini sınıflandırmak amacıyla proje yöneticilerinin geçmiş başarı ve başarısızlıklardan deneyimlerini çıkarmak için bir Yapay Sinir Ağı (ANN) geliştirdiler. Mousavi ve diğ. (2015), inşaat projesi seçimi kararlarını iyileştirmek için bulanık mantık uygulayan ve yeni sinir ağları geliştiren etkili bir yapay zeka modeli önerdi. Huang ve Zhao (2014), bir planlama ve Ar-Ge proje seçimi problemini çözmek için bir genetik algoritma ve farklı etkileşimleri ve proje esnekliğini ölçmek için bir model geliştirdiler. Vahdani ve diğ. (2014), inşaat sektörü için radyal tabanlı fonksiyon sinir ağı ve geri yayımlı sinir ağından oluşan yeni bir hibrit model önerdi. Thieme ve diğ. (2000), Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) yazılım önceliklerini hesaplamak amacıyla bir ANN tasarlamak ve eğitmek için Analitik Ağ Süreci (ANP) sonuçlarını kullandı. Yapay zeka yöntemleri bazı

problemler için daha iyi bir tahmin oranı sağlasa da, karar verme konusunda bilgi eksikliği, özel durumlarda bir insan uzmanın vereceği tepkiyi verememe ve kendi düşüncelerini açıklayamayan alan uzmanları gibi bazı muhakeme ve mantık dezavantajlarına sahiptir (Cheng ve diğ., 2017).

3.4.4 Çok kriterli karar verme yöntemleri

MCDM yöntemleri, kullanımı kolay olduğundan ve hem niteliksel hem de niceliksel veri türlerini işleyebildiğinden birçok gerçek dünya problemde de uygulanmıştır. Geçtiğimiz yıllarda AHP, ANP, TOPSIS, Çok Kriterli Optimizasyon Uzlaşma Çözümü (VIKOR), Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (SWARA), Karmaşık Orantılı Değerlendirme (COPRAS), Alternatiflerin Gri İlişkilerle Karmaşık Orantılı Değerlendirilmesi (COPRAS-G) vb. dahil olmak üzere birçok MADA modeli geliştirilmiştir. Dodangeh ve Mojahed (2009), telekomünikasyon proje seçimi için TOPSIS yönteminin bir uygulamasını önerdi. En iyi beş proje arasında sıralama yapmak için niteliksel, niceliksel, olumsuz ve olumlu olmak üzere dört kriteri değerlendirdiler. Jung ve Seo (2010), Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesi amacıyla karma hedeflere sahip programların unsurlarını birleştirmek için bir ANP yaklaşımı kullanmışlardır. Wang ve diğ. (2010), dinamik bir Çok Nitelikli Fayda Teorisi (MAUT) karar modeli geliştirdi ancak bu yöntem Ar-Ge proje seçiminin sıralama sonuçlarına duyarlı olmama riskini göz ardı etmektedir. Salehi (2015), proje seçim problemini çözmeyi amaçlayan AHP ve VIKOR'u entegre eden hibrit bir bulanık MADA önermiştir. Öztaysi (2015), ERP proje seçimi problemini çözmek için bir grupta AHP ve aralık tip-2 bulanık kümeleri kullanmıştır. Karaveg ve diğ. (2015), Ar-Ge'nin ticarileştirme kapasitesinin değerlendirilmesi için yapısal eşitlik modellemesi ve TOPSIS'i birleştiren karma bir yöntem önerdi. Yousefi ve Hadi-Vencheh (2016) en uygun altı sigma projelerinin seçimi için AHP, TOPSIS ve DEA'nın üç tekniğini birleştirdi. Genel olarak geçmiş çalışmalar, MADA modellerinin, kriterler arasındaki karşılıklı ilişkinin ve önceliklerin ağırlıklandırılmasının dikkate alınması için niceliksel ve niteliksel özelliklerin kombinasyonunu mümkün kılacak kadar esnek olduğunu ve en iyi karara, ilgili her biri kriterin ağırlığı dikkate alındıktan sonra ulaşıldığını göstermiştir (Cheng ve diğ., 2017).

3.5 Veri

Veriler ve verilerin kullanımı hem bireysel hem de kurumsal yaşamın içerisinde her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Üretim kalitesinin analiz edilmesi ve tahmin edilmesinden, R&D proje seçimine kadar çeşitli bir yapıya sahiptir. Ancak tüm uygulamalar, amaçlarına uygun bir şekilde hizmet edebilmek için yeterli miktarda ve yeterli kalitede veriye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, Veri Kalitesi'nin (VK) güvence altına alınması, Veri Kalitesi Yönetimi (DQM) olarak adlandırılan sistem kullanılarak sağlanmaktadır ve dijital işletmeler için hayati önem taşımaktadır. Bir işletmenin, Veri Yönetimi işlevinin bir parçası olarak Veri Kalitesi Yönetimi, işletmenin iş operasyonlarını desteklemek için Verilerinin gerekli gereksinimleri karşılamasını sağlamayı amaçlamaktadır. Ancak VK ve yönetimi, Verinin neyi ifade ettiği, kalitesinin nasıl ifade edilebileceği ve değerlendirilebileceği ve VK'nin işletmelerde nasıl yönetilebileceği konusunda birçok farklı görüşe vardır, bu alan çok çeşitli ve kapsamlı bir alandır. Dolayısıyla bu konuya yönelik yapılandırılmış bir yaklaşıma ve bu konuda yapılan araştırmalara ihtiyaç vardır (Rodler, 2020).

3.5.1 Veri kalitesi

VK ve yönetimi, Verinin ne anlama geldiği, kalitesinin nasıl ifade edilebileceği ve değerlendirilebileceği ve VK'nin işletmelerde nasıl yönetilebileceği konusunda birçok farklı görüşün bulunduğu çok çeşitli ve kapsamlı bir alandır.

Chizramekperre (2021) göre, VK literatürde çeşitli şekillerde tanımlanmış olmakla birlikte genel anlamda verinin kullanıcı gereksinimlerini karşılama yeteneği anlamına gelen "kullanıma uygunluk" olarak ifade edilmektedir. Bu tanıma göre, VK kavramı görecelidir; çünkü uygun olduğu öngörülen veri, bir amaç için yeterli, başka bir amaç için yetersiz kalitede kabul edilebilir. Örneğin, işlenmiş bir satış veri seti, gelecekteki satışları tahmin etmek için yüksek kalitede olabilir, fakat satılan ürünlerin boyutlarını içermiyorsa, ürünlerin boyutlarının kullanılması gereken bir çalışmada işlevsiz (kalitesiz) olacaktır. L. Sebastian-Coleman (2013) göre verinin, veriyi kullanma amacına bağlı olarak veri tüketicilerinin beklentilerini karşılama derecesi, VK düzeyi ile temsil edilir. Bu nedenle VK, verilerin algılanan veya belirlenen amacı ile doğrudan ilişkilidir ve aynı zamanda verilerin güvenilirliğinin ve uygulama verimliliğinin bir ölçüsü olarak da tanımlanabilir.

İkbal ve diğ. (2015)'ne göre VK, verinin ne kadarının amaçlanan şekilde kullanılabilmesinin ölçüsüdür. VK seviyelerinin değerlendirilmesi, verilerin daha doğru kararlar almak için kullanılıp kullanılmayacağını seçebilmek açısından kritik öneme sahiptir. Karar verme süreci ağırlıklı olarak verilere dayandığından, VK'nin kullanım amacına göre ölçülmesi büyük önem taşımaktadır.

3.5.2 Veri kalitesi boyutları ve ölçümleri

VK genellikle birden fazla boyutu olan bir kavram olarak tanımlanır; her VK boyutu, VK'nın belirli bir yönünü ifade eder. Yoğun araştırmalara ve VK boyutları üzerine süregelen tartışmalara rağmen, VK ölçümü için hangi boyutların esas olduğu konusunda hala bir fikir birliği yoktur. Veri kalitesi ölçümü konusunda en sık kullanılan boyutlar: doğruluk, tamlık, güncellik, tutarlılık ve kesinliktir (Batini ve diğ, 2009).

VK boyutlarının tartışılmasıyla bağlantılı olarak, bu boyutların pratikte uygulanması için belirli VK metriklerinin tanımının gerekli olduğu sıklıkla dile getirilir. Metrik, bir kalite boyutunu sayısal bir değerle eşleştiren ve bir boyutun yerine getirilmesinin yorumlanmasına olanak tanıyan bir işlemdir. Böyle bir VK metriği; değer düzeyinde, sütun veya öznitelik düzeyinde, demet veya kayıt düzeyinde, çizelge veya ilişki düzeyinde ve ayrıca veri tabanı düzeyinde farklı toplama düzeylerinde ölçülebilir (Ehrlinger ve Wöb, 2022). Toplama, örneğin önceki düzeyden hesaplanan metrik sonuçlarının ağırlıklı aritmetik ortalaması ile gerçekleştirilebilir (örneğin, çizelge düzeyindeki metriği hesaplamak için kayıt düzeyi sonuçları). Güvenilir karar vermeyi sağlamak amacıyla DQ metrikleri için beş gereklilik vardır: “minimum ve maksimum metrik değerlerin (R1) varlığı, metrik değerlerin (R2) aralık ölçeklendirmesi, konfigürasyon parametrelerinin kalitesi ve metrik değerler (R3), metrik değerlerin birleşimi (R4) ve metriğin ekonomik verimliliği (R5)” (Ehrlinger ve Wöb, 2022).

3.5.2.1 Doğruluk

Doğruluk bazen en önemli veri kalitesi boyutu olarak tanımlansa da bir dizi farklı tanım mevcuttur. VK literatüründe doğruluk, bir bilgi sistemi ile gerçek dünyanın modellenmesi beklenen kısmı arasındaki yakınlık olarak tanımlanabilir. Doğa bilimleri perspektifinden bakıldığında doğruluk genellikle “bir hatanın büyüklüğü”

olarak tanımlanır. Çizelge düzeyindeki doğruluk, demet doğruluk ölçümlerinin aritmetik ortalaması olarak hesaplanır. Veri tabanı düzeyindeki doğruluk, çizelge düzeyindeki doğruluk ölçümlerinin aritmetik ortalamasıdır. (Ehrlinger ve Wöb, 2022).

Batini ve diğ. (2009) veri doğruluk oranını, sözdizimsel doğruluk, veri tabanında saklanan değer ile doğru değer arasındaki oransal fark olarak ifade etmiştir. Sözdizimdel Doğruluk = Doğru değer sayısı / Toplam değer sayısı olarak ifade edilmiştir.

3.5.2.2 Tamlık

Tamlık, genel olarak “verilerde yer alan bilginin genişliği, derinliği ve kapsamı” olarak tanımlanır ve verinin var olması koşulunu kapsar (Ehrlinger ve Wöb, 2022).

Verinin eksiksizliği verinin toplama yöntemine, verinin tipine göre değişiklik göstermektedir. 3 farklı veri eksiksizliği tespit yöntemi vardır:

- Anlamlı değerlerin sayısının toplam değer sayısına oranı,
- Elde edilen değerlerin beklenen değer sayısına oranı,
- Sözel veriler için yöneltilen sorularla cevap alınan soruların farkı (Batini ve diğ, 2009).

3.5.2.3 Tutarlılık

Tutarlılık boyutuna ilişkin de farklı tanımlar bulunmaktadır. Ehrlinger ve Wöb (2022) göre, "tutarlılık, öğelerin bir dosyadaki ilişkisel çizelge veya kayıt demetleri veri öğeleri üzerinde tanımlanan anlamsal kuralların ihlalini yakalar." Bu tür kurallara bir örnek, ilişkisel teorideki bütünlük kısıtlamalarıdır. Ehrlinger ve Wöb (2022), önerdiği tutarlılık metriği için mevcut bilginin kurallara girildiğini, kurallar içindeki çelişkileri ve bulanık veya olasılıksal varsayımları hariç tuttuğunu varsayar.

Tutarlılık kuralları yalnızca nitelik-değer düzeyinde tanımlanamaz, aynı zamanda bulunduğu grup düzeyinde de tanımlanabilir. Çizelge veya veri tabanı düzeyindeki tutarlılığın hesaplanması, grup düzeyindeki tutarlılığın aritmetik ortalaması olarak hesaplanan doğruluk ve tamlık ölçüsüyle uyumludur (Ehrlinger ve Wöb, 2022).

Verinin tutarlılığı, verinin toplama yöntemine, verinin tipine göre değişiklik göstermektedir. 4 farklı veri tutarlılığı tespit yöntemi vardır:

- Tutarlı değer sayısının toplam değer sayısına oranı,
- Kısıtlamaları ihlal eden demetlerin sayısı,
- Stilleri farklı olan sayfa sayısı,
- Sözel veriler için yöneltilen sorularla cevap alınan soruların farkı (Batini ve diğ, 2009).

3.5.2.4 Güncellik

Güncellik, "eldeki görev için verilerin ne kadar güncel olduğunu" açıklar ve güncellik (verilerin güncellenme sıklığı) ve oynaklık (verilerin ne kadar hızlı önemsiz hale geldiği) kavramlarıyla yakından bağlantılıdır. Farklı bir tanımda "güncellik, bir nitelik değerinin hala güncel olma olasılığı olarak yorumlanabilir" şeklinde ifade edilmektedir (Ehrlinger ve WöB,2022).

Verinin güncelliği verinin toplama yöntemine ve verinin tipine göre değişiklik göstermektedir. 5 farklı veri güncelliği tespit yöntemi vardır:

- Verilerin sistemde saklandığı süre ile verilerin gerçekte güncellendiği süre arasındaki fark,
- Son güncelleme zamanı,
- İstek zamanı ve güncelleme zamanı arasındaki fark,
- Verinin ömrü ve erişim süresinin toplamıdır,
- Sözel veriler için yöneltilen sorularla cevap alınan soruların farkı (Batini ve diğ, 2009).

3.5.2.5 Kesinlik

Veri kesinliği, özellikle sözel verilerin toplanması ve işlenmesi bağlamında, elde edilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliğini ifade eder. Sözel veriler için yöneltilen sorularla elde edilen cevaplar arasındaki uyum, veri kesinliğinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu uyumun sağlanması, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması sırasında, elde edilen sonuçların güvenilirliği ve doğruluğu açısından kritik bir

faktördür. Dolayısıyla, veri kesinliği, veri kalitesinin önemli bir boyutunu oluşturur ve doğrudan verinin kullanılabilirliğini ve veriye dayalı kararların kalitesini etkiler (Batini ve diğ, 2009).

3.5.3 Verinin projelerdeki önemi

Proje yönetimi alanında büyük veri analitiği, sadece potansiyel sunmakla kalmaz, aynı zamanda proje başarısının önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Proje yönetimi, önceden tanımlanmış kısıtlamalar çerçevesinde projelerin planlanmasını, yürütülmesini, izlenmesini ve kontrol edilmesini içeren süreçler bütünü olarak, projelerin hedeflerine ulaşmasını sağlamayı amaçlar (Müller ve diğ, 2018). Bu süreçler, projelerin zamanında ve bütçe dahilinde tamamlanmasının yanı sıra, kalite ve kapsam hedeflerine ulaşılmasını da kapsar. Proje yönetimi, aynı zamanda kurumsal stratejilerin etkin bir şekilde uygulanmasında ve girişimlerin başarısında kritik bir rol oynamaktadır (Picciotto, 2020).

Modern iş dünyasında, projelerin giderek artan karmaşıklığı ve dinamizmi, proje yöneticileri ve ekipleri için yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için kuruluşlar, karar verme süreçlerini desteklemek ve proje performansını iyileştirmek için veriye dayalı yaklaşımları benimsemektedir (Carvalho ve ark., 2015). Veri analitiği, proje süreçlerinin ve sonuçlarının anlaşılmasına, risklerin daha iyi yönetilmesine ve kaynakların daha etkin kullanılmasına olanak tanıyarak, proje yönetimi uygulamalarının dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu bağlamda, veri kalitesi, projelerin başarısını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Yüksek kaliteli veriler, doğru ve zamanında kararların alınmasını, risklerin azaltılmasını ve proje hedeflerine ulaşılmasını sağlarken, düşük kaliteli veriler projelerin sapmasına ve hedeflerinden uzaklaşmasına neden olabilmektedir.

3.6 Bulanık mantık

Klasik mantık 0 ve 1'lerle ifade edilmektedir. Yani tüm veriler nettir ve ara değerler mevcut değildir. Fakat günlük yaşamda kullandığımız ifadeler ve düşüncelerimiz belirsizlik taşımaktadır ve her zaman net olarak ifade edilemez. Bulanık mantık kavramı da bu tür belirsizlikleri ifade edebilmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 1965

yılında Azerbaycanlı bilim adamı, Lotfi A. Zadeh tarafından Bulanık mantık kavramı ortaya atılmıştır. Bulanık mantık, insan düşüncelerine benzer hesaplama yapmaya ve çoklu kriter seçimlerinin daha doğru değerlendirilmesine imkan tanır (Khalilli, 2018).

3.6.1 Bulanık kümeler

Bir problem için karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizliklerin dikkate alınmama durumunda elde edilen sonuçlar karar vericiler için yanıltıcı olabilmektedir. Bulanık kümeler, belirsizliklerin ifade edilebildiği matematiksel hesap olanağı sağlamaktadır. Bulanık küme elemanları, sözel ifadelerin sayısal karşılıkları olarak kullanılmaktadır. Bulanık küme, üyelik derecesi olan sürekli nesnel kümesidir. Bulanık küme elemanları 0 ve 1 arasında değerler almaktadır. Klasik kümelerde “0” üye olmamayı, “1” ise tam üye olmayı tanımlamaktadır, bulanık kümede (0,1) arası değerler kısmi üyelik olarak belirtilmektedir. Örneğin, gerçekten uzun boylu insan değerlendirildiğinde, uzun boylu insandan biraz daha az veya biraz daha fazla boyu uzun olan biri uzun boylu kabul edilmelidir. Uzun boyluluk miktarı az olmakta fakat kişi uzun boylular kümesinde olmaktadır. Küme içerisinde uzunluk üyelik dereceleri oluşturulmaktadır (Güler, 2019).

3.6.2 Bulanık üyelik fonksiyonları

Bulanık kümelerde 0-1 arasında değer alabilen fonksiyon bilgisi üyelik fonksiyonudur. Üyelik fonksiyonu, öğelerin üyelik derecelerini tanımlayan bilgidir. Küme elemanlarının değeri büyük olanlar, yüksek dereceli üyeliğe, değeri küçük olanlar düşük dereceli üyeliğe karşılık gelmektedir. Bulanık kümelerde üyelik değerleri değişken ve süreklidir (Güler, 2019).

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında, uzman kişilerin görüşlerini kullanmak, toplanan verilerden çıkarım yapmak ve sistemden gelen bildirimleri değerlendirmek yer almaktadır (Topkarcı, 2013). En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonları ise aşağıdaki gibidir (Khalilli, 2018):

- Üçgen Üyelik Fonksiyonu
- Yamuk Üyelik Fonksiyonu

- Gaussal Üyelik Fonksiyonu
- Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu
- S Şekilli Üyelik Fonksiyonu
- Z Şekilli Üyelik Fonksiyonu

Yapmış olduğumuz çalışmada, üçgen üyelik fonksiyonu tercih edilmiştir. Bunun sebebi, üçgen üyelik fonksiyonunun basit ve hesaplama açısından kolay uygulanabilir olması, çeşitli belirsizlik durumlarını yeterli derecede temsil edebilmesi, MATLAB gibi yazılımlarda kolayca kullanılabilmesi ve uzman görüşleri ile toplanan verilerin entegrasyonunu sağlamada etkin bir araç olmasıdır.

3.6.3 Bulanık mantık sistemi

Bulanık mantık ile çözüm oluşturmak için, elde bulunan girdilere bulanıklaştırma, uygulama ve durulaştırma adımları uygulanarak sonuçlar elde edilir (Khalilli, 2018). Mamdani bulanık mantık çıkarım yönteminde çıkış değeri oluşturma amacıyla öncelikle bulanık kural kümesi tanımlanır, giriş değerleri bulanıklaştırma işlemine tabi tutulur, bulanık giriş değerleri toplanarak bulanık kural derecesi tespit edilir, çıkış üyelik fonksiyonu ve bulanık kural derecesi toplanarak kural sonucu elde edilir. Sonrasında durulaştırma işlemi yapılarak çıkan sonuçtan kesin bir değer elde edilmektedir (Akçay, 2021).

3.6.4 Tip-2 bulanık mantık sistemleri

Belirsizlik içeren sistemlerin sonuçlarını elde etmek amacıyla Tip-1 bulanık mantık sistemleri 1970'li yıllardan beri kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık mantık sistemleri Tip-1'den farklı olarak alt ve üst katmanlara sahip bir küme tanımlar. Tip-2 bulanık mantık sistemleri bu özelliklerinden dolayı belirsizliği fazla olan sistemlerde daha başarılı olabilmektedir (Akçay, 2021).

Tip-2 bulanık mantık kümelerde küme elemanlarının üyelik geçişleri belli sınırlar içinde yapılmaktadır. Bu sayede bulanık mantık sisteminin kurallarındaki belirsizliklerin önüne geçilmiş olmaktadır (Akçay, 2021).

Tip-1 bulanık mantık sistemlerindeki üyelik geçişlerinin kesin olması, üyelik geçişlerinin net olmadığı bölümlerde sonuçların hatalı olmasına sebebiyet

verebilmektedir. Tip-2 bulanık mantık sistemlerindeki üyelik fonksiyonları alt ve üst katmanlara sahip ve geçişli olduğundan dolayı belirsizlik durumlarını daha iyi kavrayarak Tip-1 bulanık kümeye göre daha doğru sonuçlar verebilmektedir (Akçay, 2021).



4. ÖNERİLEN MODEL

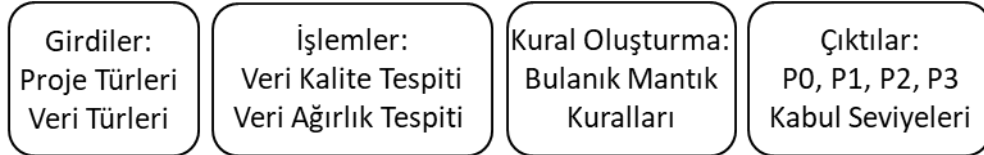
Ar-Ge inovasyon projeleri, bir firmanın rekabette sürdürülebilirliği ve liderliği için kritik öneme sahiptir. Bu projeler, uzun vadeli stratejik yatırımlar olarak firmanın geleceğini şekillendirir. Bu sebeple, proje seçim süreci, firmanın rekabetçi konumunu güçlendirecek ve inovasyon kapasitesini artıracak doğru projelerin belirlenmesinde hayati bir rol oynar.

Proje seçimi sürecinde, veri kalitesi dahil olmak üzere çeşitli kriterler göz önünde bulundurulur. Veri kalitesi, projenin başarısını önemli ölçüde etkileyen bir performans göstergesi olarak kabul edilir. Veriye dayalı karar verme, projelerin başarı potansiyelini artırırken riskleri minimize eder ve inovasyon süreçlerinin daha objektif değerlendirilmesini sağlar. Bu yaklaşım, firmaların piyasadaki değişimlere hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlamasına, dolayısıyla rekabet avantajı elde etmesine olanak tanır.

Veri kalitesinin değerlendirilmesi, sayısal yöntemlerle ve aynı zamanda projenin teknik detaylarını ve seçim kriterlerini kapsayan konuları iyi bilen uzman karar vericiler tarafından yapılmaktadır. Uzmanların bilgi birikimi ve deneyimi, proje seçim süreçlerinin daha etkili ve verimli olmasına yardımcı olur. Özellikle, her bir Ar-Ge inovasyon yönteminin veri kalitesi metrikleri açısından nasıl bir performans sergilediğinin ve hangi projeler için uygun olduğunun uzmanlarca teknik bir şekilde belirlenmesi, proje seçiminde veri kalitesinin kritik önemini vurgular. Bu, projelerin başarısını artırmak ve inovasyon hedeflerine ulaşmak için temel bir stratejidir (Turkmen ve Topcu, 2021).

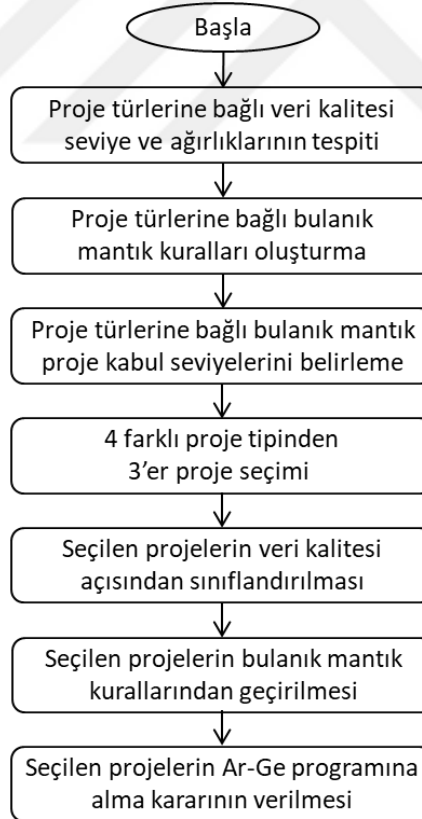
Bu tez çalışması kapsamında, bir ileri teknoloji endüstriyel elektronik şirketinin, İnovasyon ve Ar-Ge projelerinin seçim sürecini optimize etmek amacıyla, her bir proje türü için belirlenen veri kalitesi metriklerine dayanarak puanlama yapabilen bir model geliştirilmiştir.

Geliştirilen modelde öncelikle bulanık mantık kuralları oluşturulmuştur. Şekil 4.1’de bulanık mantık kuralları tespit aşamaları gösterilmektedir. Proje türleri ve veri türlerine göre uzman karar vericiler, veri kalitesi ve veri ağırlıkları tespitini gerçekleştirmişlerdir. Sonrasında proje türlerine ve veri türlerine göre, veri kalitesi ve veri ağırlıklarına bağlı bulanık mantık kuralları ve minimum proje kabul seviyeleri proje türlerine göre sayısal olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.1: Bulanık mantık kural ve proje kabul seviyesi oluşturma aşamaları

Geliştirilen model, Şekil 4.2’de gösterilen aşamalar takip edilerek proje tipleri ve veri türlerine bağlı olarak veri kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla bulanık mantık yöntemi ile Ar-Ge proje seçim çalışmalarında kullanılmıştır.



Şekil 4.2: Geliştirilen model işlem aşamaları

Önerilen model için oluşturulan örnek seçim sürecinde, proje seçimi konusunda uzman sayılabilecek beş karar verici (KV1, KV2, KV3, KV4, KV5) tarafından

önceden belirlenen beş kriter (Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik, Veri Kesinlik), bu kriterlerin önemine göre her bir kriter için kullanılması gereken ağırlık değerlerini (0,5 – 2,0 aralığında) dört farklı tip Ar-Ge projesi (P0, P1, P2 ve P3) için değerlendirmişlerdir. KV'ler için hazırlanan değerlendirme formu EK-1'de verilmiştir.

Karar vericiler, proje seçimine etki eden kriterleri ve bunların ağırlıklarını, kendilerine sunulan literatür bilgileri ve deneyimleri çerçevesinde belirlemişlerdir. KV'lerin kriter ve bunların ağırlıklarına ilişkin değerlendirmeleri, proje tiplerine göre Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, ve 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.1: P0 proje tipleri, KV seçimleri.

P0 Proje Tipi	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Veri Doğruluk Seviye	5	5	4	4	5
Veri Doğruluk Ağırlık	2,0	1,8	1,9	1,7	1,5
Veri Tamlık Seviye	5	4	4	5	5
Veri Tamlık Ağırlık	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8
Veri Tutarlılık Seviye	4	5	5	5	5
Veri Tutarlılık Ağırlık	1,2	1,4	1,2	1,2	1,0
Veri Güncellik Seviye	5	3	5	5	5
Veri Güncellik Ağırlık	0,8	0,7	0,7	1,0	1,1
Veri Kesinlik Seviye	3	4	3	3	3
Veri Kesinlik Ağırlık	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 4.2: P1 proje tipleri, KV seçimleri.

P1 Proje Tipi	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Veri Doğruluk Seviye	5	4	4	4	4
Veri Doğruluk Ağırlık	1,0	1,0	1,1	1,2	0,9
Veri Tamlık Seviye	3	3	3	3	4
Veri Tamlık Ağırlık	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7
Veri Tutarlılık Seviye	4	4	3	4	4
Veri Tutarlılık Ağırlık	1,0	0,9	1,0	0,8	0,9
Veri Güncellik Seviye	5	5	5	4	5
Veri Güncellik Ağırlık	1,2	1,2	1,4	1,3	1,2
Veri Kesinlik Seviye	5	5	5	4	5
Veri Kesinlik Ağırlık	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 4.3: P2 proje tipleri, KV seçimleri.

P2 Proje Tipi	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Veri Doğruluk Seviye	5	5	3	5	5
Veri Doğruluk Ağırlık	0,8	0,6	0,6	0,8	0,9
Veri Tamlık Seviye	4	5	5	5	5
Veri Tamlık Ağırlık	0,8	0,6	0,7	0,7	0,5
Veri Tutarlılık Seviye	5	5	4	5	5
Veri Tutarlılık Ağırlık	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7
Veri Güncellik Seviye	5	5	4	5	5
Veri Güncellik Ağırlık	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0
Veri Kesinlik Seviye	5	5	5	5	5
Veri Kesinlik Ağırlık	1,5	1,3	1,4	1,5	1,4

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 4.4: P3 proje tipleri, KV seçimleri.

P3 Proje Tipi	Karar Vericiler				
	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Veri Doğruluk Seviye	5	5	5	5	5
Veri Doğruluk Ağırlık	1,3	1,1	1,4	1,4	1,3
Veri Tamlık Seviye	5	4	5	5	5
Veri Tamlık Ağırlık	0,9	1,0	1,1	1,0	1,1
Veri Tutarlılık Seviye	4	4	4	4	5
Veri Tutarlılık Ağırlık	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8
Veri Güncellik Seviye	5	5	5	4	5
Veri Güncellik Ağırlık	1,6	1,8	1,7	1,6	1,5
Veri Kesinlik Seviye	3	4	3	3	3
Veri Kesinlik Ağırlık	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Her bir proje tipi için KV'ler tarafından seçilen veri kalitesi önem seviyeleri ve her bir kriter için ağırlık seçimi, karar vericilerin değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir. Böylece, bahsedilen tüm parametreler için birleştirilmiş ortalamalar elde edilmiş ve bu sonuçlar, Çizelge 4.5'te toplanmıştır.

Çizelge 4.5: Tüm proje tipleri, KV seçimleri ortalamaları

	Proje Tipleri			
	P0	P1	P2	P3
Veri Doğruluk Seviye	5	4	5	5
Veri Doğruluk Ağırlık	1,8	1,4	0,7	0,7
Veri Tamlık Seviye	5	3	5	5
Veri Tamlık Ağırlık	1,0	0,8	1,1	1,0
Veri Tutarlılık Seviye	5	4	5	4
Veri Tutarlılık Ağırlık	1,2	0,9	0,6	1,3
Veri Güncellik Seviye	5	5	5	5
Veri Güncellik Ağırlık	0,7	1,3	1,0	1,6
Veri Kesinlik Seviye	3	5	5	3
Veri Kesinlik Ağırlık	0,5	0,7	1,6	1,0

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 4.5, her bir proje türünün veri kalitesi performansının takip edilmesini ve proje seçimi sürecinin geliştirilmesini mümkün kılar. Çizelgede yer alan sütunlar, belirlenen veri kalitesi metriklerine göre proje türlerinin performans değerlendirmesini içerir. Bu değerlendirme, projelerin veri kalitesi açısından nasıl bir performans gösterdiği konusunda önemli bilgiler sağlar.

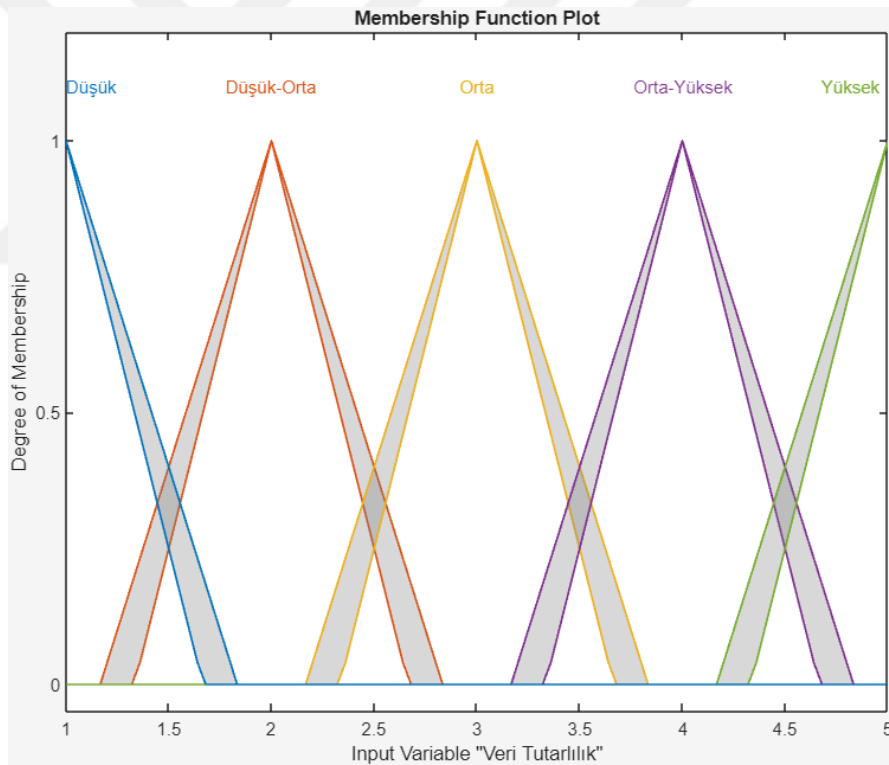
İnovasyon ve Ar-Ge girişimlerinin değerlendirilmesi sürecinde, karar alma mekanizmalarının karmaşıklığı ve öngörülemez doğası nedeniyle, Bulanık Mantık metodolojilerinin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu metodolojiler, geleneksel ikili lojik sistemlerin sınırlılıklarının ötesine geçerek, gerçek dünya verilerinin doğasındaki belirsizliğini ve öznelliğini başarıyla modelleme yeteneğine sahiptir. Bu çerçevede, Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 yöntemi, projelerin analizi ve seçim sürecinde öne çıkar, zira bu yöntem, verilerdeki belirsizlik ve öznelliği Mamdani Tip 1 Bulanık Mantık Sistemlerine kıyasla çok daha kapsamlı bir biçimde işleyebilir. Tip 2 Bulanık Mantık Sistemler, üyelik fonksiyonlarına ek bir belirsizlik katmanı entegre ederek, girdi ve çıktı arasındaki ilişkileri daha geniş bir belirsizlik aralığı içerisinde modelleyebilmektedir. Bu durum, özellikle veri kalitesi gibi öznel ve genellikle kesin olmayan ölçütlerin dikkate alınması gereken senaryolarda, önemli faydalar sağlar (Dadios, 2023).

Çizelge 4.5'teki her bir dilsel ifade, Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 aracında beş seviye olarak, tüm veri kalitesi kriterleri (Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik, Veri Kesinlik) için Çizelge 4.6'daki gibi düzenlenmiştir.

Çizelge 4.6: Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 dilsel ifadeler.

İsim	Tip	Üst Parametreler	Alt	
			Skala	Gecikme
Düşük	Triangulation	[0,1666 1 1,8333]	1	0,2
Düşük-Orta	Triangulation	[0,1666 1 1,8333]	1	0,2
Orta	Triangulation	[0,1666 1 1,8333]	1	0,2
Orta-Yüksek	Triangulation	[0,1666 1 1,8333]	1	0,2
Yüksek	Triangulation	[0,1666 1 1,8333]	1	0,2

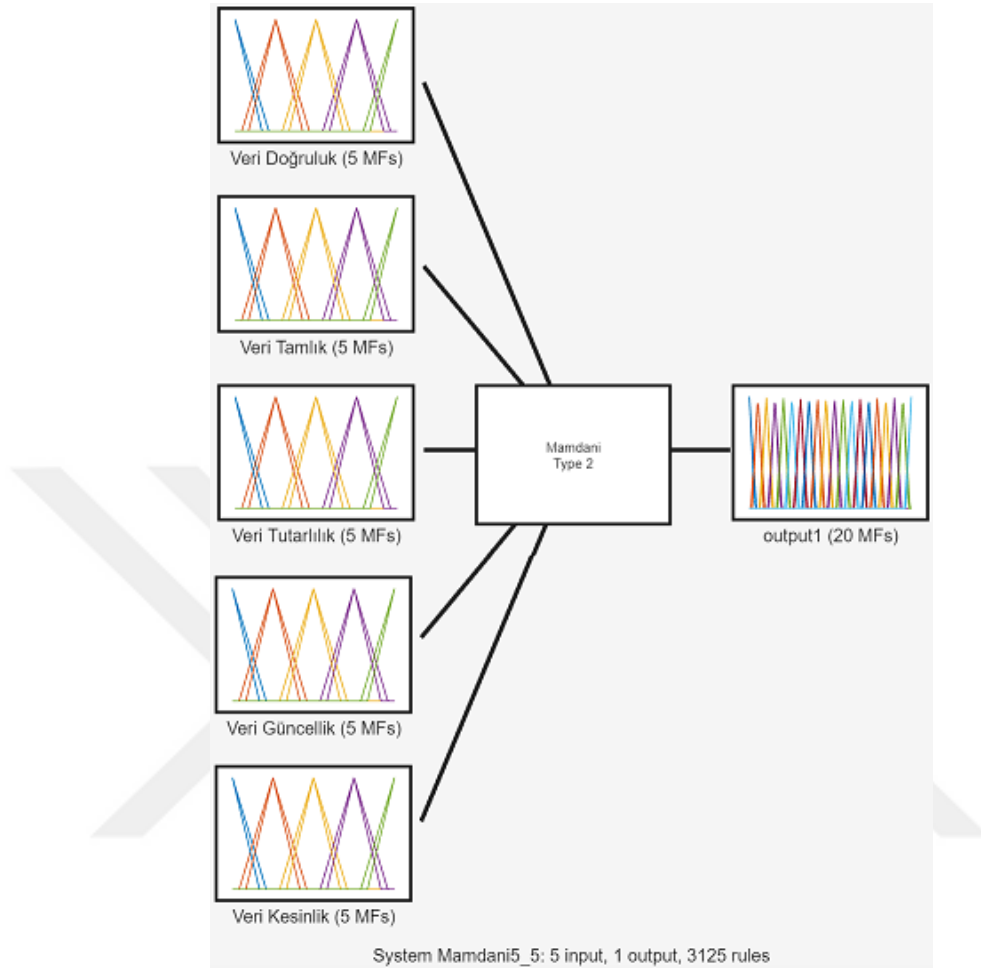
Düşük, Düşük-Orta, Orta, Orta-Yüksek ve Yüksek olarak girilen dilsel ifadelerin transfer fonksiyonu görüntüsü Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3: Dilsel ifadelerin transfer fonksiyonu

Tüm Veri tipleri (Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik, Veri Kesinlik) ağırlık değerlerine bağlı olarak, Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 aracına tüm proje türleri için giriş ifadesi olarak bildirilmiştir. Çıkış için ise her bir

proje tipi için aynı olacak şekilde tek bir ifade tanımlanmıştır. Oluşturulan bulanık mantık sistem şeması Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4: Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 Veri Girişleri

Çıktılar girilen her bir proje tipi için beş farklı veri kalitesi kriterinin, her bir kriter için istenen kalite seviyesini sağlama durumuna bağlı olarak yirmi farklı ve eşit seviyede sonuç oluşacak yapıda tasarlanmıştır. Tanımlanmış çıkış değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7: Tasarlanan Bulanık Mantık sisteminin çıkışları ve değer aralıkları

İsim	Tip	Parametreler
Mf1	Üçgensel	[-0,043859 0,0000000 0,0438596]
Mf2	Üçgensel	[0,0087719 0,0526316 0,0964912]
Mf3	Üçgensel	[0,0614035 0,1052630 0,1491230]
Mf4	Üçgensel	[0,1140350 0,1578950 0,2017540]
Mf5	Üçgensel	[0,1666670 0,2105260 0,2543860]
Mf6	Üçgensel	[0,2192980 0,2631580 0,3070180]
Mf7	Üçgensel	[0,2719300 0,3157890 0,3596490]
Mf8	Üçgensel	[0,3245610 0,3684210 0,4122810]
Mf9	Üçgensel	[0,3771930 0,4210530 0,4649120]
Mf10	Üçgensel	[0,4298250 0,4736840 0,5175440]
Mf11	Üçgensel	[0,4824560 0,5263160 0,5701750]
Mf12	Üçgensel	[0,5350880 0,5789470 0,6228070]
Mf13	Üçgensel	[0,5877190 0,6315790 0,6754390]
Mf14	Üçgensel	[0,6403510 0,6842110 0,7280700]
Mf15	Üçgensel	[0,6929820 0,7368420 0,7807020]
Mf16	Üçgensel	[0,7456140 0,7894740 0,8333330]
Mf17	Üçgensel	[0,7982460 0,8421050 0,8859650]
Mf18	Üçgensel	[0,8508770 0,8947370 0,9385960]
Mf19	Üçgensel	[0,9035090 0,9473680 0,9912280]
Mf20	Üçgensel	[0,9561400 1,0000000 1,0438600]

Matlab Bulanık Mantık Mamdani Tip 2 aracında tüm giriş tipleri, giriş tiplerinin dilsel ifadeleri ve tüm çıkış tipleri tanımlandıktan sonra Bulanık Mantık kuralları tanımlanmıştır. Kurallar, her bir proje tipinde veri kalitesi kriterlerinin istenen seviyesi ile gerçekleşen seviye eşit ise, veri kalitesi kriterleri için belirlenmiş ağırlık ile çarpılmakta, gerçekleşen seviye istenen seviyeden düşük olduğu oranda düşük ağırlık değeriyle çarpılarak oluşturulmuştur. Proje türleri için dört farklı Bulanık kural kümesi tanımlanmıştır. Bulanık Mantık kuralları, projenin türüne (P0, P1, P2, ve P3) ve her bir veri tipinin (Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik, Veri Kesinlik) gerektirdiği bilgi seviyesine (Düşük, Düşük-Orta, Orta, Orta-Yüksek, Yüksek) göre uyarlanmıştır. Bu kurallar, her veri tipi için beklenen veri kalitesi seviyesi ile mevcut veri kalitesi seviyesi arasındaki farkı ve bu farkın ağırlıklı etkisini dikkate alarak, ilgili proje için optimal çıkış seviyesini hesaplamak amacıyla kullanılmaktadır.

Bulanık mantık kurallarının oluşturulması için denklemlerden faydalanılmıştır. Veri doğruluk değerinin kural tablosunun oluşturulmasında (4.1)'den faydalanılmıştır.

$$VD_{Değer} = \begin{cases} (4 - (VDK - MinVDK)) * VDA, & VDK > MinVDK \\ 4 * VDA, & VDK \leq MinVDK \end{cases} \quad (4.1)$$

Burada $VD_{Değer}$ veri doğruluk değerini, VDK veri doğruluk kalitesini, $MinVDK$ minimum veri doğruluk kalitesini ve VDA veri doğruluk ağırlığını temsil etmektedir.

Veri tamlık değerinin kural tablosunun oluşturulmasında (4.2)'den faydalanılmıştır.

$$VT_{Değer} = \begin{cases} (4 - (VTK - MinVTK)) * VTA, & VTK > MinVTK \\ 4 * VTA, & VTK \leq MinVTK \end{cases} \quad (4.2)$$

Burada $VT_{Değer}$ veri tamlık değerini, VTK veri tamlık kalitesini, $MinVTK$ minimum veri tamlık kalitesini ve VTA veri tamlık ağırlığını temsil etmektedir.

Veri tutarlılık değerinin kural tablosunun oluşturulmasında (4.3)'ten faydalanılmıştır.

$$VTu_{Değer} = \begin{cases} (4 - (VTuK - MinVTuK)) * VTuA, & VTuK > MinVTuK \\ 4 * VTuA, & VTuK \leq MinVTuK \end{cases} \quad (4.3)$$

Burada $VTu_{Değer}$ veri tutarlılık değerini, $VTuK$ veri tutarlılık kalitesini, $MinVTuK$ minimum veri tutarlılık kalitesini ve $VTuA$ veri tutarlılık ağırlığını temsil etmektedir.

Veri güncellik değerinin kural tablosunun oluşturulmasında (4.4)'ten faydalanılmıştır.

$$VG_{Değer} = \begin{cases} (4 - (VGK - MinVGK)) * VGA, & VGK > MinVGK \\ 4 * VGA, & VGK \leq MinVGK \end{cases} \quad (4.4)$$

Burada $VG_{Değer}$ veri güncellik değerini, VGK veri güncellik kalitesini, $MinVGK$ minimum veri güncellik kalitesini ve VGA veri güncellik ağırlığını temsil etmektedir.

Veri kesinlik değerinin kural tablosunun oluşturulmasında (4.5)'ten faydalanılmıştır.

$$VK_{Değer} = \begin{cases} (4 - (VKK - MinVKK)) * VKA, & VKK > MinVKK \\ 4 * VKA, & VKK \leq MinVKK \end{cases} \quad (4.5)$$

Burada $VK_{Değer}$ veri kesinlik değerini, VKK veri kesinlik kalitesini, $MinVKK$ minimum veri kesinlik kalitesini ve VKA veri kesinlik ağırlığını temsil etmektedir.

Bulanık mantık kuralının oluşturulmasında (4.6)'dan faydalanılmıştır.

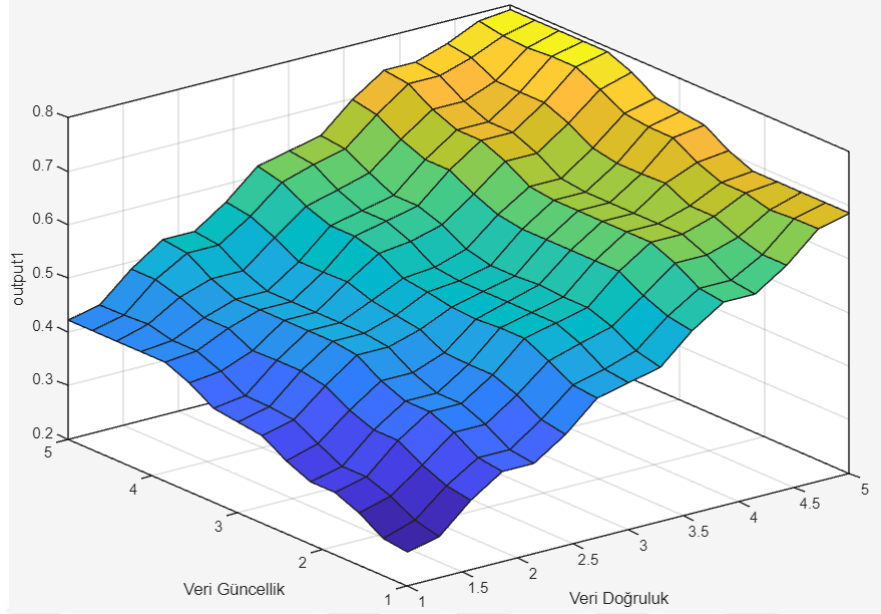
$$BMK = VD_{Değer} + VT_{Değer} + VTu_{Değer} + VG_{Değer} + VK_{Değer} \quad (4.6)$$

P0 P1, P2 ve P3 proje tipleri için ayrı ayrı olacak şekilde Bulanık Mantık kuralları 3125'er adet olarak yukarıda belirtilen denklemler ile hesaplanarak girilmiştir. P0 proje tipi için Bulanık Mantık kurallarının bir kısmı Şekil 4.5'te görülmektedir.

	Rule	Weight	Name
1	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule1
2	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule2
3	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule3
4	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule4
5	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule5
6	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule6
7	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule7
8	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule8
9	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule9
10	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule10
11	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule11
12	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule12
13	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule13
14	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule14
15	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule15
16	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule16
17	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule17
18	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule18
19	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule19
20	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule20
21	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule21
22	If Veri Doğruluk is Düşük and Veri Tamlık is Düşük and Veri tutarlılık is Düşük and Veri Gün...	1	rule22

Şekil 4.5: P0 proje tipi Bulanık Mantık Kuralları

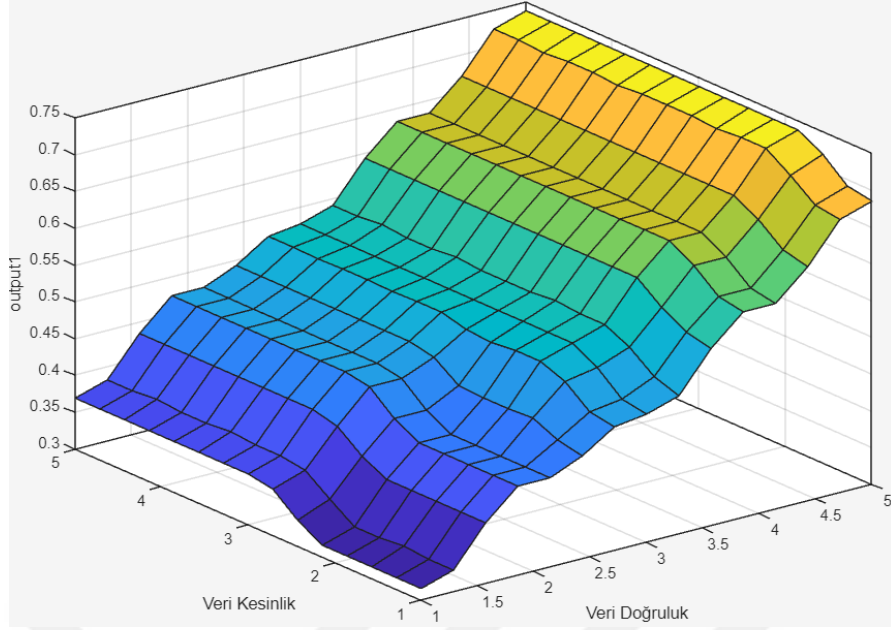
P0 proje tipi için Kontrol Yüzey görüntüleri Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4.6: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Güncellik-Veri Doğruluk-Çıkış

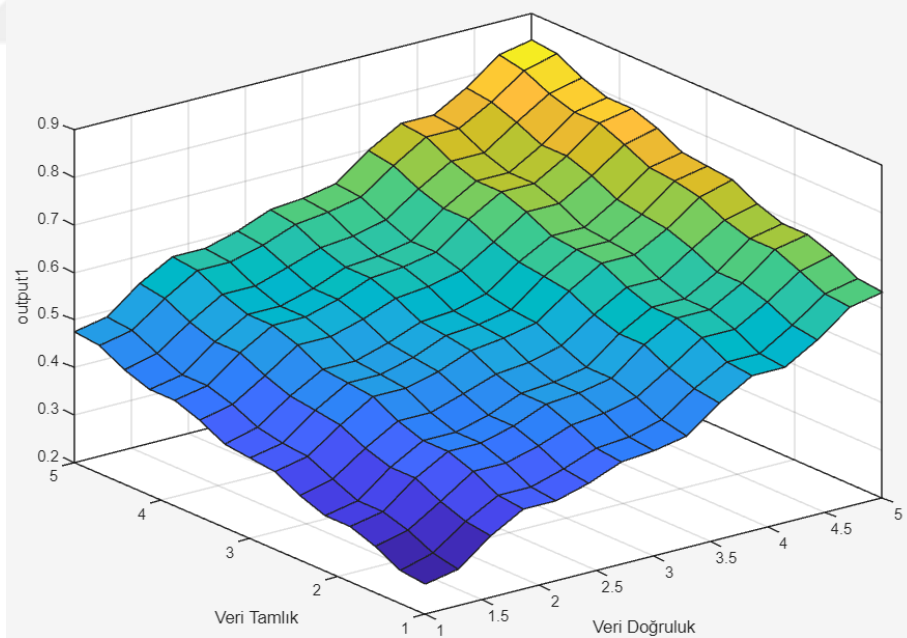
Şekil 4.6’da Veri güncellik ve veri doğruluk girişleri verildiğinde, ağırlıklara bağlı olarak elde edilen çıkış değerleri gösterilmektedir. Veri doğruluk değerinin ağırlığı (1,8), veri güncellik değerinin ağırlığına (0,7) göre yüksek olduğundan dolayı, çıkış değerini daha fazla etkilediği şekilde gözlemlenmektedir.

Şekil 4.7’de Veri kesinlik ve veri doğruluk girişleri verildiğinde, ağırlıklara bağlı olarak elde edilen çıkış değerleri gösterilmektedir. Veri doğruluk değerinin ağırlığı (1,8), veri kesinlik değerinin ağırlığına (0,5) göre yüksek olduğundan dolayı, çıkış değerini daha fazla etkilediği şekilde gözlemlenmektedir.



Şekil 4.7: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Kesinlik-Veri Doğruluk-Çıkış

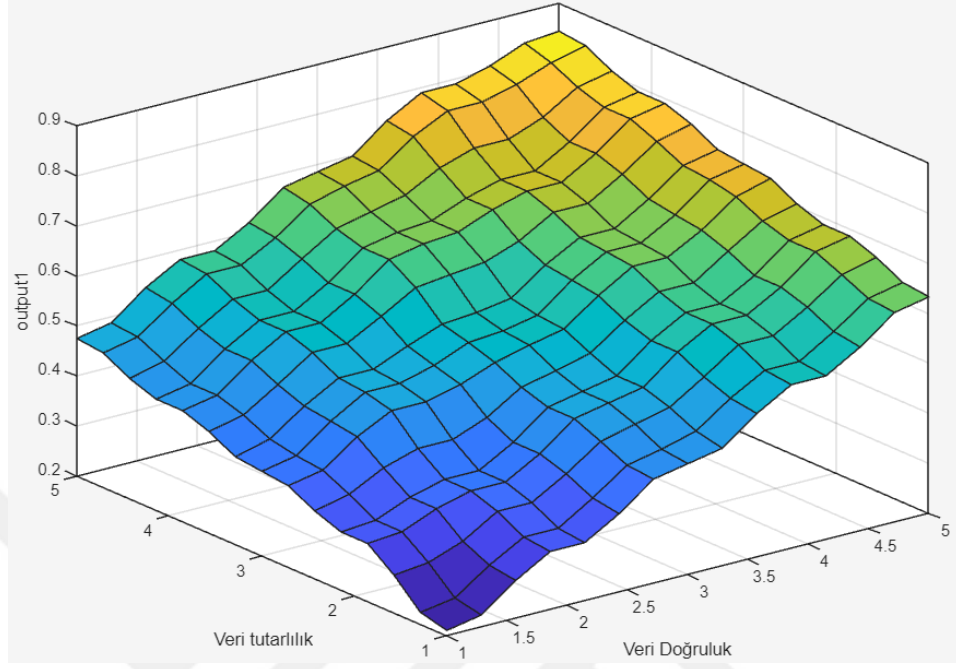
Şekil 4.8’de Veri tamlık ve veri doğruluk girişleri verildiğinde, ağırlıklara bağlı olarak elde edilen çıkış değerleri gösterilmektedir. Veri doğruluk değerinin ağırlığı (1,8), veri kesinlik değerinin ağırlığına (1,0) göre yüksek olduğundan dolayı, çıkış değerini daha fazla etkilediği şekilde gözlemlenmektedir.



Şekil 4.8: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Tamlık-Veri Doğruluk-Çıkış

Şekil 4.9’da Veri tutarlılık ve veri doğruluk girişleri verildiğinde, ağırlıklara bağlı olarak elde edilen çıkış değerleri gösterilmektedir. Veri doğruluk değerinin ağırlığı

(1,8), veri kesinlik değerinin ağırlığına (1,2) göre yüksek olduğundan dolayı, çıkış değerini bir miktar fazla etkilediği şekilde gözlemlenmektedir.



şekil 4.9: P0 Kontrol Yüzey görüntüleri Veri Tutarlılık-Veri Doğruluk-ıkış

5. BULGULAR VE SONUÇLAR

İleri teknoloji bir Endüstriyel Elektronik firmasının İnovasyon ve Ar-Ge projelerinin seçimi için KV'ler, her proje tipinden üç proje için Şekil A.1' de verilmiş olan Ar-Ge İnovasyon Projesi Veri Kalitesi Değerlendirme Formu'nu doldurmuşlardır. Bu doldurulan formlardan alınan dilsel ifadeler, belirli proje tipleri için Bulanık Mantık algoritmasının girdileri olarak işlenmiş ve ilgili çıkışlar elde edilmiştir. Her bir proje tipi için, KV'lerin veri tipine bağlı olarak yaptıkları değerlendirmeler ve ilgili değerlendirmeler karşılığında alınan veri kalitesi değerleri Çizelge 5.1, 5.2, 5.3. 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.1: Ar-Ge proje (P0) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları

P0 Proje Tipi		Karar Vericiler					
Proje		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	Ortalama
PRJ1	Veri Doğruluk	5	4	5	4	5	5
	Veri Tamlık	5	5	4	5	4	5
	Veri Tutarlılık	4	5	4	5	5	5
	Veri Güncellik	5	4	4	5	4	4
	Veri Kesinlik	3	4	4	3	3	3
PRJ2	Veri Doğruluk	5	5	5	3	4	4
	Veri Tamlık	3	4	4	3	3	3
	Veri Tutarlılık	4	5	5	4	4	4
	Veri Güncellik	5	5	4	4	3	4
	Veri Kesinlik	4	3	3	2	3	3
PRJ3	Veri Doğruluk	3	3	4	4	3	3
	Veri Tamlık	4	4	4	5	5	4
	Veri Tutarlılık	4	5	5	4	4	4
	Veri Güncellik	3	4	4	3	3	3
	Veri Kesinlik	2	2	4	2	2	2

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 5.2: Ar-Ge proje (P1) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları

P1 Proje Tipi		Karar Vericiler					
Proje		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	Ortalama
PRJ4	Veri Doğruluk	3	3	3	4	3	3
	Veri Tamlık	3	2	3	2	2	2
	Veri Tutarlılık	2	3	3	3	4	3
	Veri Güncellik	3	3	2	4	3	3
	Veri Kesinlik	4	4	3	4	3	4
PRJ5	Veri Doğruluk	2	2	2	2	3	2
	Veri Tamlık	3	3	3	3	4	3
	Veri Tutarlılık	4	4	3	3	3	3
	Veri Güncellik	4	4	3	3	3	3
	Veri Kesinlik	2	2	2	3	3	2
PRJ6	Veri Doğruluk	5	5	5	4	4	5
	Veri Tamlık	3	4	4	4	4	4
	Veri Tutarlılık	4	4	3	4	4	4
	Veri Güncellik	4	4	5	5	5	5
	Veri Kesinlik	5	4	5	4	5	5

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 5.3: Ar-Ge proje (P2) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları

P2 Proje Tipi		Karar Vericiler					
Proje		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	Ortalama
PRJ7	Veri Doğruluk	5	4	4	4	5	4
	Veri Tamlık	5	3	4	5	4	4
	Veri Tutarlılık	4	4	4	5	5	4
	Veri Güncellik	3	4	3	3	4	3
	Veri Kesinlik	3	3	4	4	3	3
PRJ8	Veri Doğruluk	2	2	3	3	2	2
	Veri Tamlık	2	2	2	2	2	2
	Veri Tutarlılık	2	2	1	1	2	2
	Veri Güncellik	1	1	1	1	2	1
	Veri Kesinlik	2	3	3	3	3	3
PRJ9	Veri Doğruluk	3	3	3	4	4	3
	Veri Tamlık	4	3	3	3	3	3
	Veri Tutarlılık	3	3	3	3	3	3
	Veri Güncellik	3	2	2	3	3	3
	Veri Kesinlik	3	2	3	3	3	3

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Çizelge 5.4: Ar-Ge proje (P3) Bulanık Mantık değerlendirme sonuçları

P3 Proje Tipi	Proje	Karar Vericiler					Ortalama
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	
PRJ10	Veri Doğruluk	3	3	3	4	3	3
	Veri Tamlık	5	5	4	4	4	4
	Veri Tutarlılık	3	3	4	4	3	3
	Veri Güncellik	4	4	3	3	3	3
	Veri Kesinlik	1	2	2	2	2	2
PRJ11	Veri Doğruluk	5	5	5	5	5	5
	Veri Tamlık	5	5	5	5	5	5
	Veri Tutarlılık	3	3	4	4	4	4
	Veri Güncellik	5	5	5	5	5	5
	Veri Kesinlik	4	4	4	4	4	4
PRJ12	Veri Doğruluk	4	4	4	3	4	4
	Veri Tamlık	3	3	4	4	4	4
	Veri Tutarlılık	3	3	3	3	3	3
	Veri Güncellik	2	2	3	3	3	3
	Veri Kesinlik	3	3	3	4	4	3

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

KV'ler veri kalitesinin proje tiplerine göre önem seviyelerini belirledikten sonra, proje tiplerine göre, proje seçiminde kabul edilebilir minimum veri kalite düzeyini de belirlemişlerdir. Belirlenen seviyeler, Bulanık Mantık tabanlı proje seçim sürecinde başarılı ve başarısız projelerin belirlenebilmesi amacıyla önerilen modele giriş olarak uygulanmış ve eşik değerleri elde edilmiştir. Belirlenen seviyeler ve Bulanık Mantık sonuçları Çizelge 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.5: Tüm proje tipleri minimum veri kalitesi seviye ve Bulanık Mantık değerleri

Kriterler	Proje Tipleri			
	P0 Seviye	P1 Seviye	P2 Seviye	P3 Seviye
Veri Doğruluk	4	3	4	4
Veri Tamlık	4	2	4	4
Veri Tutarlılık	4	3	4	3
Veri Güncellik	4	4	4	4
Veri Kesinlik	2	4	4	2
Bulanık Mantık Sonuçları	0,7895	0,7368	0,7368	0,8422

1: Düşük, 2: Düşük-Orta, 3: Orta, 4: Orta-Yüksek 5:Yüksek

Seçilen projeler proje tiplerine göre önerilen Bulanık Mantık modeline uygulanmış ve belirlenen eşik değerlerle karşılaştırılarak seçim konusunda karar verilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6: Ar-Ge projeleri Bulanık Mantık sonuçları ve kararlar

Proje	Proje tipi	Bulanık Mantık Sonuçları	Karar
PRJ1	P0	0,9898	Uygun
PRJ2	P0	0,7368	Uygun Değil
PRJ3	P0	0,6315	Uygun Değil
PRJ4	P1	0,6841	Uygun Değil
PRJ5	P1	0,5791	Uygun Değil
PRJ6	P1	0,9898	Uygun
PRJ7	P2	0,5791	Uygun Değil
PRJ8	P2	0,2632	Uygun Değil
PRJ9	P2	0,4737	Uygun Değil
PRJ10	P3	0,7368	Uygun Değil
PRJ11	P3	0,9898	Uygun
PRJ12	P3	0,7895	Uygun Değil

Sonuçların değerlendirilmesi neticesinde, P0 proje tipine ait PRJ1 projesi, Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık ve Veri Kesinlik gibi veri kalitesi kriterlerinde, P0 projeleri için öngörülen minimum seviyenin üzerindedir. Veri Güncelliği açısından ise PRJ1, P0 projeleri için beklenen seviyededir. PRJ1 projesinin, veri kalite kriterleri bazında incelendiğinde, seviyelerinin, P0 projeleri için öngörülen minimum seviyeleri aşması sebebiyle, ilgili proje için P0 proje tipi için belirlenen eşik seviyesi olan 0,7895 değerinin üzerinde bir değerlendirme sonucu elde edilmiştir. Bu nedenle PRJ1 projesi, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına dahil edilecek projeler arasında seçilmiştir.

P0 proje tipinde olan PRJ2 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tutarlılık ve Veri Güncellik veri kalitesi kriterleri açısından, P0 projeleri için beklenen minimum seviyeleri karşılamıştır. Veri Tamlığı kriteri, veri kalitesi açısından, P0 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir altındadır. Veri Kesinliği kriteri, veri kalitesi açısından, P0 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir üstündedir. Çizelge 4.5’te belirtildiği üzere KV’ler tarafından P0 projelerinde Veri Tamlığının ağırlığı 1 olarak belirlenirken Veri Kesinliğinin ağırlık değeri 0,5 olarak seçilmiştir. Bu bağlamda, Veri Tamlığının önem düzeyi Veri Kesinliğine göre daha yüksek olduğundan ve ilgili kriter beklenen seviyenin altında kaldığından PRJ2 projesi P0 proje tipi eşik

seviyesi olan 0,7895'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P0 proje tipinde olan PRJ3 projesi; Veri Tamlık, Veri Tutarlılık ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P0 projeleri için beklenen minimum seviyeleri karşılaşmıştır. Veri Doğruluğu ve Veri Güncelliği kriterleri, veri kaliteleri açısından, P0 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir altındadır. PRJ3 projesinin  veri kalitesi kriterinin P0 projeleri için beklenen minimum seviyede olması ve iki veri kalitesi kriterinin P0 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyede olmasından ötürü, PRJ3 projesi PRJ2 projesine göre daha düşük bir değerlendirme sonucu olarak P0 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7895'in altında kalmış ve gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P1 proje tipinde olan PRJ4 projesi; Veri Tutarlılık ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyedirler. Veri Güncelliği kriteri, veri kalitesi açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir alt düzeyinde yer almıştır. PRJ4 projesinin dört veri kalitesi kriterinin P1 projeleri için beklenen minimum seviyelerde olması ve bir veri kalitesi kriterinin P1 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyede olmasından dolayı ilgili proje, P1 proje tipi eşik seviyesi olan 0.7368'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P1 proje tipinde olan PRJ5 projesi; Veri Tutarlılık veri kalitesi kriteri açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyededir. Veri Doğruluğu ve Veri Güncelliği kriteri, veri kaliteleri açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir altındadır. Veri Kesinliği kriteri, veri kalitesi açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyenin iki alt düzeyindedir. Veri Tamlığı kriteri, veri kalitesi açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyeden bir seviye yukarıdadır. PRJ5 projesinin bir kriterinin P1 projeleri için beklenen minimum veri kalitesi seviyesinde olması, iki kriterinin P1 projeleri için beklenen minimum veri kalitesi seviyesinden düşük olması ve P1 projeleri için beklenen minimum veri kalitesi seviyesinden yüksek olan bir veri kriterinin ağırlığının diğer kriterlerden daha düşük olmasından dolayı ilgili proje, P1 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7368'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P1 proje tipinde olan PRJ6 projesi; Veri Doğruluk ve Veri Tamlık veri kalitesi kriterleri açısından, P1 projeleri için beklenen minimum seviyeden iki düzey üstte yer almıştır. Veri Tutarlılık, Veri Güncellik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından da, P1 projeleri için beklenen minimum seviyeden bir seviye yüksektir. PRJ6 projesinin tüm veri kalitesi kriterlerinin P1 projeleri için beklenen minimum seviyeden yüksek olmasından dolayı ilgili proje, P1 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7368'ten yüksek değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmiştir.

P2 proje tipinde olan PRJ7 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tamlık ve Veri Tutarlılık veri kalitesi kriterleri açısından, P2 projeleri için beklenen minimum seviyededir. Veri Güncellik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P2 projeleri için beklenen minimum seviyenin alt düzeyindedir. PRJ7 projesinin üç veri kalitesi kriterinin P2 projeleri için beklenen minimum seviyede olması, iki veri kriterinin P2 projeleri için beklenen minimum seviyeden düşük seviyede olmasından dolayı ilgili proje, P2 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7368'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P2 proje tipinde olan PRJ8 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P2 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyededir. PRJ8 projesinin beş veri kalitesi kriterinin tamamının P2 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyede olmasından dolayı ilgili proje, P2 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7368'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P2 proje tipinde olan PRJ9 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P2 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyededir. PRJ9 projesinin beş veri kalitesi kriterinin tamamının P2 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyede olmasından dolayı ilgili proje, P2 proje tipi eşik seviyesi olan 0,7368'ten düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P3 proje tipinde olan PRJ10 projesi; Veri Tamlik, Veri Tutarlilik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyededir. Veri Doğruluk ve Veri Güncellik veri kalitesi kriterleri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir alt düzeyindedir. PRJ10 projesinin  veri kalitesi kriterinin P3 projeleri için beklenen minimum seviyede olması, iki veri kalitesi kriterinin P3 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha düşük seviyede olmasından ötürü ilgili proje, P3 proje tipi eşik seviyesi olan 0,8422'den düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

P3 proje tipinde olan PRJ11 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tamlik, Veri Tutarlilik, Veri Güncellik ve Veri Kesinlik veri kalitesi kriterleri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyeden daha yüksek seviyededir. PRJ11 projesinin beş veri kalitesi kriterinin tamamının P3 projeleri için beklenen seviyeden daha yüksek olmasından dolayı ilgili proje, P3 proje tipi eşik seviyesi olan 0,8422'den yüksek değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmiştir.

P3 proje tipinde olan PRJ12 projesi; Veri Doğruluk, Veri Tamlik ve Veri Tutarlilik veri kalitesi kriterleri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyededirler. Veri Güncellik veri kalitesi kriterleri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir seviye altındadır. Veri Kesinlik veri kalitesi kriteri açısından, P3 projeleri için beklenen minimum seviyenin bir seviye üzerindedir. Çizelge 4.5'te belirtildiği üzere KV'ler tarafından P3 projelerinde Veri Güncellik kriterinin ağırlığı 1,6 olarak belirlenirken Veri Kesinliğinin ağırlık değeri 1 olarak seçilmiştir. Bu bağlamda, Veri Güncelliğinin önem düzeyi veri kesinliğine göre daha yüksek olduğundan ve ilgili kriter beklenen seviyenin altında kaldığından PRJ12 projesi P3 proje tipi eşik seviyesi olan 0,8422'den düşük değerlendirme sonucu elde ederek, gerçekleştirilecek Ar-Ge planına alınacak proje olarak seçilmemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye'deki bir Endüstriyel Elektronik firmasında, Sanayi Teknoloji Bakanlığı onaylı Ar-Ge biriminde, Ar-Ge proje seçim süreci, proje türlerine ve veri kalitesi kriterlerine bağlı olarak, bulanık mantık yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu sayede çalışma kapsamında literatürdeki veri kalitesi metriklerine bağlı Ar-Ge proje seçim yöntemi eksikliğine odaklandık.

İlk olarak, mevcut ve potansiyel projelerin kapsamlı bir envanteri çıkarılmış ve bu projeler, türlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, projelerin özelliklerine ve hedeflerine göre daha sistematik bir değerlendirme yapılabilmesini sağlamıştır.

Daha sonra, beş adet veri kalitesi kriteri (Veri Doğruluk, Veri Tamlık, Veri Tutarlılık, Veri Güncellik, Veri Kesinlik) belirlenmiştir. Sonrasında teknik konularda ve proje seçim sürecinde uzman sayılabilecek beş farklı Karar Verici seçilmiştir. Ardından, dört farklı tipteki (P0, P1, P2, P3) projelerin veri kalitesi kriterlerine göre değerlendirilmesi amacıyla uzman karar vericiler için bir form hazırlanmıştır. Form her bir kriter için 5 seviyeli dilsel ifadeleri (Yüksek, Orta-Yüksek, Orta, Düşük-Orta, Düşük) barındıracak şekilde oluşturulmuş olup, farklı proje türlerindeki projeler için karar vericiler tarafından doldurulmuştur.

İlgili formlardaki dilsel ifadeler sayısal verilere dönüştürülmüştür. Ayrıca, bu uzmanlardan, tüm proje tipleri bazında beş veri kalitesi kriterlerinin 0,5 – 2 aralığında sayısal olarak ağırlıklandırılması istenmiştir. Daha sonra bu ağırlıkların aritmetik ortalaması alınarak tüm proje tiplerinde her bir veri kalitesi kriteri için önem düzeyi belirlenmiştir. Ek olarak, her bir proje türünün başarılı sayılabilmesi için veri kalitesi kriterlerinin olması gereken minimum seviyeleri de uzman karar vericilerden talep edilmiştir.

Son olarak, belirlenen her proje türü için ayrı ayrı bulanık mantık modelleri oluşturulmuştur. Uzman karar vericilerin doldurmuş olduğu formlardaki dilsel ifadelerin sayısal karşılıkları bu modellere giriş olarak uygulanmıştır. Kurallar, her

bir proje tipinde veri kalitesi kriterlerinin istenen seviyesi ile gerçekleşen seviye eşit ise, veri kalitesi kriterleri için belirlenmiş ağırlık ile çarpılmakta, gerçekleşen seviye istenen seviyeden düşük olduğu oranda düşük ağırlık değeriyle çarpılarak oluşturulmuştur. Çıktılar girilen her bir proje tipi için beş farklı veri kalitesi kriterinin, her bir kriter için istenen kalite seviyesini sağlama durumuna bağlı olarak yirmi farklı ve eşit seviyede sonuç oluşacak yapıda tasarlanmıştır. Karar vericilerin proje başarısı için belirlemiş oldukları minimum düzeyler oluşturulan modellere uygulanarak her bir proje tipi için başarı eşik değerleri hesaplanmıştır.

Önerilen modeller çerçevesinde, bir Endüstriyel Elektronik firmasının İnovasyon ve Ar-Ge projeleri, proje tiplerine ve bu tiplere özgü veri kalitesi kriterlerinin düzeylerine dayanarak Bulanık Mantık yöntemi ile değerlendirilmiştir. Toplamda dört farklı kategoride yer alan üçer proje olmak üzere, oniki proje incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, her bir kategori içinde minimum kabul edilebilir puanı geçen üç proje, Ar-Ge planına dahil edilmek üzere seçilmiştir.

Tez çalışması kapsamında kullandığımız yaklaşım, projelerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini ve kalitenin sürekli olarak takip edilmesini sağlamıştır. Bu sayede, kurumda İnovasyon Ar-Ge proje veri kalitesi ölçülebilir hale getirilmiştir.

Gelecek çalışmalar, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) proje seçim sürecini daha da iyileştirmek için geniş kapsamlı veri türleri ve daha detaylı veri kalitesi seviyeleri üzerine odaklanabilir. Mevcut çalışmada, beş farklı veri kalitesi kriteri üzerinden beş uzmanın değerlendirmeleri alınarak bir model oluşturulmuş ve bu, pratik uygulamalılığı sayesinde kurum içerisinde kolayca benimsenmiştir. Ancak, ileri düzey bulanık mantık sistemlerinin entegrasyonu, uzman yorumlarının daha detaylı bir şekilde işlenmesini ve projelerin çok daha karmaşık ve kompleks veri setleri üzerinden değerlendirilmesini sağlayabilir. Bu, özellikle çeşitli veri türlerinin ve kalite seviyelerinin daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini gerektiren durumlar için önemlidir. Böylece, Ar-Ge proje seçim süreci, daha geniş bir perspektiften ve daha yüksek bir hassasiyetle gerçekleştirilebilir, bu da kurumun inovasyon ve gelişim kapasitesini önemli ölçüde artırabilir.

KAYNAKLAR

- Akçay, F. T.** (2021). *Tip-2 Bulanık Mantık Kullanarak Faz Dizili Radarların Ayarlanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Altun, K.** (2024). Development of an innovation excellence model for effective corporate innovation system design. *Submitted to an international journal*.
- Arasteh, A., Aliahmadi, A. & Omran, M.M.** (2014). Application of gray systems and fuzzy sets in combination with real options theory in project portfolio management, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2014(39):6489–6506.
- Arratia, M., López, I., Schaeffer, S. & Cruz-Reyes, L.** (2016). Static R&D project portfolio selection in public organizations, *Journal of Decision Support System*, 2016(84):53–63.
- Ayan, T. Y., & Perçin, S.** (2012). Ar-Ge Projelerinin Seçiminde Grup Kararına Dayalı Bulanık Karar Verme Yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(2):237-255.
- Barucke Marcondes, G.A., Leme, R.C., Leme, M.d.S. & Sanches da Silva, C.E.** (2017). Using mean-Gini and stochastic dominance to choose project portfolios with parameter uncertainty, *Journal of Engineering Economist*, 2017(62):33–53.
- Batini C., Cappiello C., Francalanci C. & Maurino A.** (2009). Methodologies for Data Quality Assessment and Improvement, *ACM Computing Surveys*, 2009(41):16:1-16:52.
- Bhattacharyya, R., Kumar, P., & Kar, S.** (2011). Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects, *Journal of Computers and Mathematics with Applications*, 2011(62):3857-3870.
- Bigwood, M.P.** (2004). Managing the new technology exploitation process, *Journal of Research-Technology Management*, 2004(47):38-42.
- Bolat, B., Çebi, F., Tekin Temur, G. & Otay, I.** (2014). A fuzzy integrated approach for project selection, *Journal of Enterprise Information Management*, 2014(27):247–260.
- Carlsson, C., Fullér, R., Heikkilä, M., & Majlender, P.** (2007). A fuzzy approach to R&D project portfolio selection, *International Journal of Approximate Reasoning*, 2007(44):93–105.
- Carvalho, M. M., Patah, L. A., & de Souza Bido, D.** (2015). Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry

- comparisons, *International Journal of Project Management*, 33(7): 1509-1522.
- Cheng C., Liou J. & Chui C.** (2017). Consistent Fuzzy Preference Relations Based ANP Model for R&D Project Selection, *Journal of Sustainability*, 2017(9):1-17.
- Chiu, C.Y. & Park, C.S.** (1994). Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion, *Journal of Engineering Economics*, 1994(39):113–138.
- Chizaramekpere, C.** (2021). *Evaluation Of Data Quality Tools*. (Yüksek Lisans tezi). Politecnico Di Torino, Fen Bilimleri Enstitüsü, Torino.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J. & Kleinschmidt, E.J.** (2000). New problems, new solutions: Making portfolio management more effective, *Journal of Research Technology Management*, 2000(43):18–33.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J. & Kleinschmidt, E.J.** (2001). Portfolio management for new product development: Results of an industry practices study, *Journal of R&D Management*, 2001(31):361–380.
- Costantino, F., Di Gravio, G. & Nonino, F.** (2015). Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors, *International Journal of Project Management*, 2015(33):1744–1754.
- Dadios, E.** (2023). Advances in Fuzzy Logic Systems. IntechOpen. Retrieved from <https://doi.org/10.5772/intechopen.103986>.
- Dodangeh, J. & Mojahed, M.** (2009). Best project selection by using of Group TOPSIS method, *In Proceedings of the International Association of IEEE Computer Science and Information Technology-Spring Conference (IACSITSC'09)*, Singapore, 17–20 April 2009.
- Ehrlinger L. & Wöß W.** (2022). A Survey of Data Quality Measurement and Monitoring Tools, *Journal of Frontiers in Big Data*, 2022(5):1-30
- Fadlallah H., KilanyR., DhayneH., & HaddadR. E.** (2023). Context-aware Big Data Quality Assessment: A Scoping Review, *Journal of Data and Information Quality*, 15(3):1-33.
- Güler, E.** (2019). *Kalıp imalatı yapan bir işletmede Ar-Ge projelerinin seçim süreci için bulanık karar modeli*. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Henriksen, A. D. & Traynor, A. J.** (1999). A practical r&d project-selection scoring tool. *Journal of IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(2):158–170
- Heydari, T., Seyed Hosseini, S.M. & Makui, A.** (2016). Developing and solving an one-zero non-linear goal programming model to R and D portfolio project selection with interactions between projects, *International Journal of Business Management*, 2016(10):4516–4521.

- Hoeck, M.** (2008). Decision rules for the project selection and scheduling problem of professional service firms, *International Journal of Services and Operations Management*, 2008(4):427–440.
- Huang, C. C., Chu, P. Y. & Chiang, Y. H.** (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection, *Journal of Omega*, 36(6):1038–1052.
- Huang, X. & Zhao, T.** (2014). Project selection and scheduling with uncertain net income and investment cost, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2014(247):61–71.
- Hwang, H.-S. & Yu, J.-C.** (1998). R&D Project Evaluation Model Based on Fuzzy Set Priority. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, 35(3–4):567–570.
- Ikbal T., Rachida D. & Mohamed A. S.** (2015). Big data pre-processing: A quality framework, *2015 IEEE International Congress on Big Data*, DOI 10.1109/BigDataCongress.2015.35.
- Jung, U. & Seo, D.** (2010). An ANP approach for R&D project evaluation based on interdependencies between research objectives and evaluation criteria, *Journal of Decision Support Systems*, 2010(49):335–342.
- Karaveg, C., Thawesaengskulthai, N. & Chandrachai, A.** (2015). A combined technique using SEM and TOPSIS for the commercialization capability of R&D project evaluation, *Journal of Decision Science Letters*, 2015(4):379–396.
- Karsak, E.** (2006). A generalized fuzzy optimization framework for R&D project selection using real options valuation, *Computer Science and Applications*, 2006(3982):918–927.
- Khalili-Damghania, K., & Sadi-Nezhad, S.** (2013). A decision support system for fuzzy multi-objective multi-period sustainable project selection, *Journal of Computers & Industrial Engineering*, 2013(64):1045–1060.
- Khalilli, K.** (2018). *Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Proje Seçimi Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Liberatore, M.J.** (1987). Extension of the Analytic Hierarchy Process for Industrial R&D Project Selection and Resource Allocation, *Journal of IEEE Transactions on Engineering Management*, 1987(34):12–18.
- Mader, D.P.** (2004). Selecting design for six sigma projects, *Journal of Quality Progress*, 2004(37):65–69.
- Medaglia, A.L., Graves, S.B. & Ringuest, J.L.** (2007). A multi objective evolutionary approach for linearly constrained project selection under uncertainty, *Journal of European Operational Research*, 2007(179):869–894.

- Mohaghar, A., Fathi, M., Faghil, A. & Turkayesh, M.** (2012). An integrated approach of Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS for R&D Project selection: A case study, *Journal of Basic Applied Scientific Reseach*, 2012(6):66–75.
- Mohagheghi, V., Mousavi, S. M., Vahdani B., & Shahriari M.H.** (2020). R&D project evaluation and project portfolio selection by a new interval type-2 fuzzy optimization approach, *Journal of Neural Computing & Applications*, 2020(29):3869–3888.
- Mousavi, S.M., Vahdani, B., Hashemi, H. & Ebrahimnejad, S.** (2015). An artificial intelligence model-based locally linear neuro-fuzzy for construction project selection, *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 2015(25):589–604.
- Müller, R., Geraldi, J., & Turner, R.** (2018). The impact of projectmanagement (PM) and benefits management (BM) practices on projectsuccess: Towards developing a project benefits governance framework, *International Journal of Project Management*, 36(1): 4-27.
- Obaid T. & Abu-Naser S. S.** (2023). Big Data Analytics in Project Management: A Key to Success, *International Journal of Academic Engineering Research*, 7(7): 1-8.
- OECD Klavuzu Frascati** (2002). *Frascati Klavuzu. TÜBİTAK, Bilim, Teknoloji ve Yenilikçilik Politikaları Daire Başkanlığı.* doi:10.1093/gao/9781884446054.article.t029750
- Oral, M.** (2012). Action research contextualizes DEA in a multi-organizational decision-making process, *Journal of Expert Systems with Applications*, 2012(39): 6503–6513.
- Otto H & Österle, H.** (2015). Corporate Data Quality: Retrieved from <http://books.google.com/books> (Original work published 2015).
- Özcan, G.** (2010). *Gelir Ve Kurumlar Vergisi Mukelleflerine Ar-Ge Faaliyetleri Kapsamında Tanınan Teşvikler. ???* adresinden erişildi.
- Öztaysi, B.** (2015). A group decision making approach using interval type-2 fuzzy AHP for enterprise information systems project selection, *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 2015(24):475–500.
- Peker, D.** (2014). *Ar-Ge Projelerinin Önceliklendirilmesi Ve Seçimi İçin Çok Kriterli Bir Model Önerisi.* (Yüksek Lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pendharkar, P.C.** (2014). A decision-making framework for justifying a portfolio of IT projects, *International Journal of Project Management*, 2014(32):625–639.
- Picciotto, R.** (2020). Towards a ‘New Project Management’ movement? An international development perspective, *International Journal of Project Management*, 38(8): 474-485.
- Pipino L. L., Lee Y. W., & Wang R. Y.** (2002). Data quality assessment, *Communucations of the ACM*, 45(4):211-218.

- Rafiei, H. & Rabbani, M.** (2009). Project selection using fuzzy group analytic network process, *Journal of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2009(58):446–457.
- Richard Y. W.** (1998). A product perspective on total data quality management, *Communications of the ACM*, 41(2):58-65.
- Rodler, S.** (2020). *Data Quality Management in Corporate Practice*. (Yüksek Lisans tezi). University of Passau, Fen Bilimleri Enstitüsü, Münih.
- Rzasa, P.V., Faulkner, T.W. & Sousa, N.L.** (1990). Analyzing R&D portfolios at Eastman Kodak, *Journal of Research-Technology Management*, 1990(33):27–32.
- Salehi, K.** (2015). A hybrid fuzzy MCDM approach for project selection problem. *Journal of Decision Science Letters*, 2015(4):109–116.
- Sebastian-Coleman L.** (2013). Measuring data quality for ongoing improvement: a data quality assessment framework. Amsterdam: Elsevier/MK, Morgan Kaufmann.
- Souza D., Santos E., Soma N. & Silva C.** (2021). MCDM-Based R&D Project Selection: A Systematic Literature Review, *Journal of Sustainability*, 2021(13):1-34.
- Stummer, C. & Heidenberger, K.** (2003). Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives, *Journal of IEEE Transactions on Engineering Management*, 2003(50):175–183.
- Sungjoo L., Chanwoo C., Jaehong C. & Byungun Y.** (2017). R&D Project Selection Incorporating Customer-Perceived Value and Technology Potential: The Case of the Automobile Industry, *Journal of Sustainability*, 9(1918):1-18.
- Tavana, M., Keramatpour, M., Santos-Arteaga, F.J. & Ghorbaniane, E.** (2015). A fuzzy hybrid project portfolio selection method using data envelopment analysis, TOPSIS and integer programming, *Journal of Expert Systems with Applications*, 2015(42):8432–8444.
- Taylor, B., Moore, L. & Clayton, E.** (1982). R and D Project Selection and Manpower Allocation with Integer Non-Linear Goal Programming, *Journal of Management Science*, 1982(28):1149–1158.
- Thieme, R.J., Song, M. & Calantone, R.J.** (2000). Artificial neural network decision support systems for new product development project selection, *Journal of Marketing Research*, 2000(37):499–507.
- Tian, Q., Ma, J., Liang, J., Kwok, R. & Liu, O.** (2005). An organizational decision support system for effective R&D project selection, *Journal of Decision Support Systems*, 2005(39):403–413.
- Topçu, B.** (2021). *Teknoparklarda Ar-Ge Projesi Değerlendirme Süreci: Model Önerisi*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- Topkarcı, Y.** (2013). *Alternatif Pazarlama Stratejilerinin Değerlendirilmesinde Bulanık Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım*. (Yüksek Lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turkmen, G. F. & Topcu, Y. I.** (2021). Research and development project selection: a comprehensive analysis of the trends and methods, *South African Journal of Industrial Engineering*, 2021(32):28-43.
- Vahdani, B., Mousavi, S.M., Hashemi, H., Mousakhani, M. & Ebrahimnejad, S.** (2014). A new hybrid model based on least squares support vector machine for project selection problem in construction industry, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2014(39):4301–4314.
- Wang, Z., Zhang, S. & Kuang, J.** (2010). A dynamic MAUT decision model for R&D project selection, *In Proceedings of the 2010 International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE)*, Wuhan, China, 5–6 June 2010.
- Yıldırım, B. F., & Yıldırım, S. K.** (2022). Ar-Ge Proje Seçim Süreci için Yeni Bir Entegre Sezgisel Bulanık Grup Karar Verme Yaklaşımı, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(2):643-653.
- Yousefi, A. & Hadi-Vencheh, A.** (2016). Selecting six sigma projects: MCDM or DEA?, *Journal of Modelling in Management*, 2016(11):309–325.

EKLER

EK A: Ar-Ge İnovasyon Projesi Veri Kalitesi Değerlendirme Formu



EK A

AR-GE PROJESİ VERİ KALİTESİ DEĞERLENDİRME FORMU

PROJE TİPİ: P0 P1 P2 P3

Proje Adı: _____

1. Veri Doğruluk:

- Yüksek
 Orta-Yüksek
 Orta
 Düşük-Orta
 Düşük

Ağırlık: (0,5 – 2,0 aralığında olmalıdır)

2. Veri Tamlık:

- Yüksek
 Orta-Yüksek
 Orta
 Düşük-Orta
 Düşük

Ağırlık: (0,5 – 2,0 aralığında olmalıdır)

3. Veri Tutarlılık:

- Yüksek
 Orta-Yüksek
 Orta
 Düşük-Orta
 Düşük

Ağırlık: (0,5 – 2,0 aralığında olmalıdır)

4. Veri Güncellik:

- Yüksek
 Orta-Yüksek
 Orta
 Düşük-Orta
 Düşük

Ağırlık: (0,5 – 2,0 aralığında olmalıdır)

5. Veri Kesinlik:

- Yüksek
 Orta-Yüksek
 Orta
 Düşük-Orta
 Düşük

Ağırlık: (0,5 – 2,0 aralığında olmalıdır)

Not: Lütfen her ölçüm için uygun kutucuğu işaretleyin.

Şekil A.1 : Ar-Ge İnovasyon Projesi Veri Kalitesi Değerlendirme Formu

ÖZGEÇMİŞ

1. TARANMIŞ
VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyad :

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1993, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2024, Bursa Teknik Üniversitesi, Akıllı Sistemler Ana Bilim Dalı, Akıllı Sistemler Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Özel sektör kuruluşunda T. C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı onaylı Ar-Ge Merkezi Yöneticiliği ve Teknik Genel Müdür Yardımcılığı görevlerini yürütmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Egeli, E., & Altun, K.** (2024). Prioritizing Data Quality: Fuzzy Logic in Corporate R&D Project Assessment. *International Congress on Information Technologies in Medicine, Pharmacy, Agriculture, Food, Forestry, Environment, and Engineering 2024*. Tokat, Turkey: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Coşkun, O., Egeli, E., Tarcan, E., Kurtuluş, İ., & Yılmaz, G.** (2023). Analysis and Implementation of a Daisy-Chain Serial Peripheral Interface Bus for a Communication Network with Multiple PLC Modules. *14th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*. Bursa, Turkey: Bursa Uludağ Üniversitesi.